

621.6
И-20

192

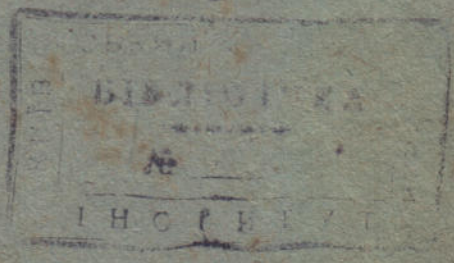
Проф. В. Ф. ИВАНОВ

ПОЧЕТНЫЙ ЧЛЕН ВСЕСОЮЗНЫХ ВОДОПРОВОДНЫХ И САНИТАРНО-ТЕХНИЧЕСКИХ СЪЕЗДОВ

САНИТАРНАЯ ТЕХНИКА

ВОДОСНАБЖЕНИЕ НАСЕЛЕННЫХ МЕСТ

ВОДОПОДЪЕМНЫЕ ПРИБОРЫ И НАСОСНЫЕ СТАНЦИИ



Издание Научно-Исследовательского Института Укрводоохрانا

ОДЕССА — 1931

Проверено
1888 г.

82882

Проф. В. Ф. ИВАНОВ

ПОЧЕТНЫЙ ЧЛЕН ВСЕСОЮЗНЫХ ВОДОПРОВОДНЫХ И САНИТАРНО-ТЕХНИЧЕСКИХ СЪЕЗДОВ

САНИТАРНАЯ ТЕХНИКА

ВОДОСНАБЖЕНИЕ НАСЕЛЕННЫХ МЕСТ

ВОДОПОДЪЕМНЫЕ ПРИБОРЫ И НАСОСНЫЕ СТАНЦИИ

167 ЧЕРТЕЖЕЙ В ТЕКСТЕ

ПЕРЕУЧЕТ
1940 г.

БІБЛІОТЕКА
1143
ІНСТИТУТ

Київський Гідромеліораційно-Гідралічний Лабораторій
РАТІВНИЙ ІНСТИТУТ

ста

СЬКИЙ МЯТОРА
БІБЛІОТЕКА
ІНСТИТУТ

БІБЛІОТЕКА
86885
ІНСТИТУТ

проверено
1938 г.

Издание Научно-Исследовательского Института Укрводоохрана

ОДЕССА — 1931

19
628
И
(62

БИБЛИОГРАФИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ ЭТОГО ИЗДАНИЯ
ПОМЕЩЕНО В „ЛИТОПИСУ УКРАЇНСЬКОГО ДРУКУ“,
„КАРТОЧНОМ РЕПЕРТУАРІ“ І ДР. УКАЗАТЕЛЯХ
УКРАЇНСЬКОЇ КНИЖНОЇ ПАЛАТИ.

ПРЕДИСЛОВИЕ.

Отсутствие на книжном рынке кратких руководств, посвященных описанию *водоподъемных приборов и насосных станций* и пригодных для пользования инженеров-строителей, гражданских инженеров, инженеров путей сообщения и архитекторов, вызвало у меня желание выпустить небольшое сочинение по этим вопросам.

Это сочинение представляет собой изложение лекций, читавшихся в течение многих лет в Киевском и Одесском Политехнических Институтах. Малый объем этого труда (12¹/₂ печ. листов) сам по себе предопределяет характер изложения, вследствие чего многие вопросы конструктивного и теоретического характера, составляющие специальность инженеров-технологов (конструкторов), мною умышленно исключены (например, детальные расчёты клапанов, расчет лопаток центробежных насосов). Тем не менее, в сжатом виде все теоретические подсчеты (определение основных размеров насосов, мощность, диаметры всасывающих и напорных труб и пр.), необходимые для заказа машиностроительным заводам, приведены в настоящем сочинении и иллюстрированы численными примерами. Помимо поршневых и центробежных насосов, сообщены и некоторые данные о различных подъемниках (гидравлических таранах, подъемниках М а м у т, пульсометрах, газовых насосах Г э м ф р и и проч.). Здесь попутно дан и краткий обзор двигателей с целью осветить вопрос об их применении для насосов, но без приведения их конструкции.

Отсутствие же в курсах по „Водоснабжению“, или, вернее, краткое изложение вопросов, посвященных устройству насосных станций, заставило меня дать общие указания и по этому вопросу, как со строительной, так и энергетической точек зрения, и внести в этот отдел водосна-

бжения некоторую систематизацию, облегчающую для строителя выбор наиболее выгодного для данного случая решения. Но здесь мы умышленно опускаем изложение вопроса о выборе рода энергии для двигателей, так как это широко раздвинуло бы рамки нашего сочинения. В конце книги мы даем краткое описание ряда насосных станций, как в СССР, так и за-границей, с целью дать нашим читателям конкретные примеры установок, облегчающие проектирование.

Не нам судить о достоинствах или недостатках нашего произведения, и мы это предоставляем сделать нашим читателям, которых просим посылать нам свои замечания с целью внести их в возможные будущие издания.

В заключение считаю нужным выразить свою глубокую благодарность Управляющему водопроводно-канализационным комбинатом г. Одессы А. А. Чеховичу и Главному инженеру водопроводно-канализационного комбината А. И. Верника за денежную поддержку, необходимую для осуществления издания.

Проф. В. Ф. Иванов

ОГЛАВЛЕНИЕ.

Предисловие V—VI

ГЛАВА ПЕРВАЯ

- § 1. Значение насосов для водоснабжения населенных мест—1;
- § 2. Краткий исторический очерк развития насосостроения—1-3;
- § 3. Классификация приборов для подъема воды—4-14.

ГЛАВА ВТОРАЯ

Определение основных размеров поршневых насосов 15— 30

- § 1. Общие соображения—15-16; § 2. Всасывающие трубы—16—21; § 3. Нагнетательные трубы—21-22; § 4. Клапаны насосов—22-24; § 5. Цилиндры поршневых насосов—24-26; § 6. Мощность насосов—26-29; § 7. Определение основных размеров поршневых насосов—29-30.

ГЛАВА ТРЕТЬЯ

Конструктивные детали поршневых насосов 30— 41

- § 1. Поршни насосов—31-33; § 2. Насосные цилиндры—33;
- § 3. Штоки поршней—33; § 4. Клапаны—34-37; § 5. Забирные сетки и клапаны на всасывающих трубах—37-38; § 6. Воздушные котлы—38-40; § 7. Арматура насосов—40-41.

ГЛАВА ЧЕТВЕРТАЯ

Общие понятия о двигательной силе для насосов 42— 63

- § 1. Использование силы людей и животных—42-44; § 2. Использование силы ветра—45-48; § 4. Использование водяной энергии—48-51; § 4. Использование силы пара—51-58; § 5. Использование силы газа—58-60; § 6. Использование силы керосина и бензина—60-61; § 7. Использование силы нефти—61-62; § 8. Использование электрической энергии—62-63.

ГЛАВА ПЯТАЯ

Описание конструкций общеупотребительных типов поршневых насосов	64—72
--	-------

ГЛАВА ШЕСТАЯ

Центробежные насосы	73—92
§ 1. Основные понятия о работе центробежных насосов—73-75;	
§ 2. Сравнение центробежных насосов с поршневыми—75-76;	
§ 3. Теория центробежных насосов—76-83; § 4. Характеристика работы центробежных насосов—83-92; Регулирование работы насосов—92.	

ГЛАВА СЕДЬМАЯ

Типы центробежных насосов	93—100
-------------------------------------	--------

ГЛАВА ВОСЬМАЯ

Насосы для подъема воды из скважин	101—105
--	---------

ГЛАВА ДЕВЯТАЯ

Особые конструкции приборов для подъема воды	106—118
§ 1. Гидравлический таран—106-111; § 2. Пульсометры—112-113; § 3. Водоподъемники Мамут (Эрлифты)—113-116; § 4. Газовый насос Гэмфри (Numphrey—117-118).	

ГЛАВА ДЕСЯТАЯ

Насосные станции	119—146
§ 1 Классификация насосных станций—119-130; § 2. Определение числа насосов на насосных станциях—130-133; § 3. Общие основания для постройки насосных станций—133-146.	

ГЛАВА ОДИНАДЦАТАЯ

Насосные станции с механическими двигателями	147—186
§ 1. Насосные станции с паровыми машинами—147-150;	
§ 2. Насосные станции с паровыми турбинами—150-154;	
§ 3. Насосные станции с газогенераторами и газовыми двигателями—155-159; § 4. Насосные станции с водяными турбинами—160-163; § 5. Насосные станции с ветряными двигателями—163-165; § 6. Насосные станции с нефтяными двигателями—165-168; § 7. Электрические насосные станции—168-182; § 8. Насосные станции со смешанным оборудованием—182-186.	

Список главнейших источников, послуживших для настоящего сочинения	187
--	-----

ГЛАВА ПЕРВАЯ.

§ 1. Значение насосов для водоснабжения населенных мест.

При сооружении городских водопроводов представлялось бы желательным избегать постройки насосных станций, так как их эксплуатация требует значительных расходов.

Если мы имеем населенный пункт, лежащий ниже источника водоснабжения на высоте, достаточной для получения необходимого для него напора, и если вода этого источника безупречна с гигиенической точки зрения, то в этом случае нет никакой надобности в устройстве насосных станций. Такие случаи встречаются на практике очень редко, лишь при устройстве водоснабжения в горных областях (Кавказ, Крым), где в качестве источников водоснабжения используют или высоко лежащие ключи (Ялта, Феодосия), или же искусственные водохранилища (Гагры), эксплуатация которых может быть произведена параллельно и для добытия электроэнергии, и для мелиоративных целей. Во всех же остальных случаях приходится поднимать воду сначала из источника водоснабжения для передачи на очистные сооружения и затем передавать очищенную воду для водоснабжения населенного пункта. В городах же с пересеченным рельефом (Киев, Днепропетровск), приходится еще поднимать воду из нижних районов в верхние.

На основании вышеприведенных соображений легко можно заключить, что насосные станции являются неотъемлемой частью городского водопровода.

§ 2. Краткий исторический очерк развития насосостроения.

С развитием водоснабжения, ставшего неотъемлемым устройством для любого населенного пункта, тесно связано и развитие *насосостроения*.

Первые шаги человечества в этом направлении мы можем найти в сочинениях древних авторов: так, описание *всасывающего* насоса приводится в сочинениях греческого историка Геродота (Herodotes), а *нагнетательного* в сочинении римского писателя Марка Витрувия Полло (Marcus Vitruvius Pollo) „De architectura“. Также имеются некоторые указания, что изобретение *поршневого* насоса принадлежит греку Ктезибиусу, ученику знаменитого Герона¹ Александрийского (150 л. до Р. Х.). Но более серьезными изобретениями в области насосостроения богат XVIII век: *вертикальный поршневой* насос двойного действия изобретен французом Де-ля-Хир (de la Hire) в 1716 г., *центробежный* насос—французом Демур (Demour) в 1732 г., *паровой поршневой* насос — англичанами Уатт и Болтон (Watt and Bolton) в 1761 г., *гидравлический таран* — братьями Монгольфье (Mongolfier), изобретателями первого аэростата, в 1797 г.; к этому же времени относится и изобретение *водостолбовых насосов*. Но, разумеется, XIX век, ознаменовавшийся изобретением разнообразных типов двигателей, постепенно создавал и всевозможные типы насосов и подъемников, улучшение которых не останавливается и в настоящее время.

Первые *паровые поршневые* насосы, отличавшиеся малым количеством оборотов поршня (3—5 /мин.) получили очень большие размеры, требовавшие громадной площади насосных станций. Прогресс же в построении поршневых насосов осуществлялся за счет увеличения средней скорости движения поршня и привел в конце прошлого столетия к типу *экспресс-насосов* (Express-pump), разработанному германским профессором Ридлер (Riedler). Параллельно с развитием типов поршневых насосов шло конструирование и *центробежных* насосов. Первый многокамерный центробежный насос был изобретен американцем Джонстон (Johnston) в 1846 г. и изготовлен английским заводом Гуиннес (Gwinnes). Усовершенствования в тип Джонстона внес английский профессор Рейнольдс (Reynolds) в 1875 г.; тип Рейнольдса был сконструирован только в 1887 г. на английском заводе Масзер и Плят (Mather and Platt). Много внесли в начале XX в. в конструкции насосов: швейцарский завод Зульцер (Sulzer), французский профессор Рато (Rateau) и французский завод Фарко (Farcot), немецкие

¹ E w b a n k, Hydraulics and Mechanics, 1876.

заводы Борзиг (Borsig) и Егер (Jäger) и др. У нас пионером в области насосостроения явился завод „Борец“ (б. Густав Лист) в Москве (1880 г.), который сначала занялся конструированием поршневых насосов и в особенности паровых насосов системы Вортингтон для ж.-д. станций, а затем перешел и на изготовление центробежных насосов. Насосостроением в СССР в настоящее время занимаются, кроме завода „Борец“, ленинградский металлический, харьковский паровозостроительный, сумской машиностроительный завод и другие небольшие заводы.

Из других изобретений подъемников для воды нужно еще отметить *пульсометр* (Savery, 1698), немецкие *аэролифты* Мамут (Löschner, 1797), английские *газовые насосы* Гэмфри (Humphrey, 1912) и проч.

Параллельно с развитием насосостроения менялись и *конструкции насосных станций*. Постепенно уменьшалась их площадь сообразно роду применяемых на них двигателей и насосов; с другой стороны увеличивалась нередко их высота из-за установки вертикальных двигателей различного типа, частью же из-за установки передвижных кранов для перемещения двигателей и насосов. Передача топлива на котлы на новых станциях стала механизироваться; то же осуществлялось и при применении *газогенераторных и нефтяных двигателей*. Еще выгоднее было положение насосных станций при получении электрической энергии с *центральных электрических станций*, где их оборудование сводилось только к установке электронасосов и передвижных кранов для обслуживания насосов и двигателей. В саму конструкцию станций были постепенно введены значительные улучшения их освещения (введение световых фонарей), отопления и вентиляции, что обеспечивало гигиенические условия работы обслуживающего их персонала. Наконец, начали принимать специальные меры для защиты станций от подъема высоких вод в реках и от проникающих в них грунтовых вод, что в результате защищало станцию от затопления. Непрерывность работы насосных станций вызвала устройство около них специальных складов топлива (с 3—6 месячн. запасом) и жилых домов для служебного персонала и рабочих. Независимо от вышеизложенного получил общее признание принцип такого расположения насосных станций, которое позволяло бы в случае надобности производить их расширение без какой либо коренной перестройки, что, разумеется, должно было осуществляться не позднее, чем за 3—4 года до наступления предельной работы станции.

§ 3. Классификация приборов для подъема воды.

Приборы для подъема воды можно подразделить на следующие группы:

1) приборы, в которых вода *поднимается*, как *тяжелое тело*, обладающее подвижностью частиц;

2) приборы, в которых вода вследствие производимого в них различными способами *разрежения воздуха* сначала *всасывается* под действием атмосферного давления в цилиндры насоса, а затем из него *нагнетается* на заданную высоту;

3) приборы, в которых подъем воды осуществляется за счет *живой силы падающей воды*;

4) приборы, в которых для подъема воды используют непосредственное на нее *давление пара, сжатого воздуха, газа* и т. под.

Первую категорию составляют *обыкновенные водоподъемные снаряды*, известные человечеству с самых незапамятных времен. К ним относятся: ворота с ведрами, нории, водяные колеса, архимедовы винты, цепные насосы, водоподъемники Шен-Эллис¹ и пр. Эти простейшие приборы для подъема воды могут находить себе применение для водоснабжения селений и отдельных зданий (хуторов, линейных казарм на ж. д.), для водоотлива при строительных работах, для мелиорации земель или, наконец, для временного водоснабжения (в рабочих бараках, в окопах, при постройке мостов). Главная их отличительная особенность — невысокий коэффициент полезного действия — исключает подобные конструкции из области применения для водоснабжения городов.

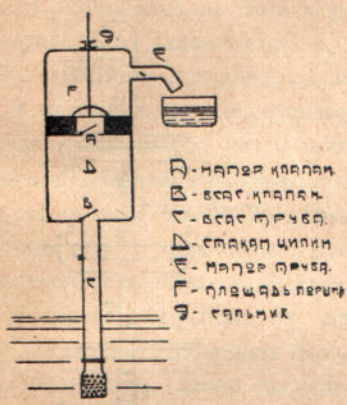
Ко *второй категории* принадлежат многочисленные конструкции насосов. В целях более систематического рассмотрения различных конструкций насосов их можно классифицировать по следующим признакам:

а) *по способу поднятия воды (всасывающие, нагнетательные, всасывающе-нагнетательные)*.

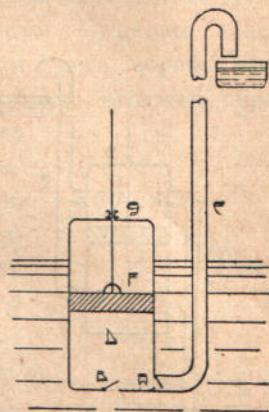
При пользовании насосами всасывающими (ч. 1), нагнетательными (ч. 2), всасывающе-нагнетательными (ч. 3) вода поднимается лишь при одном ходе поршня. Если обозначить через F площадь поршня, а через S его ход, то теоретически количество поднимаемой воды $Q = FS$. Такой спо-

¹ Трёмбовельский Д. И., Водоподъемники Шен-Эллис, „Отчет XII Вод. Съезда“, Ленинград, 1925.

соб поднятия воды не дает непрерывного тока воды, что обуславливает толчки при работе насоса и тем самым суживает сферу их применения.



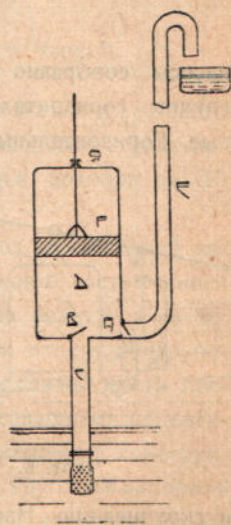
Черт. 1.



Черт. 2.

Постоянные толчки влекут за собой непродолжительность службы насосов подобных конструкций и необходимость их частого ремонта. Тем не менее, при сравнительно редком разборе воды насосы типов 1—3 находят себе постоянное применение.

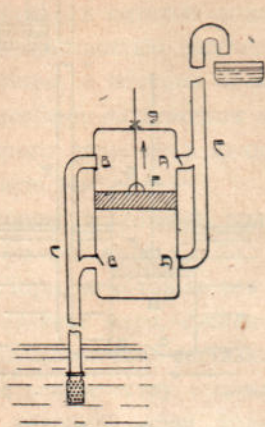
б) по производительности (насосы одиночного, двойного, тройного и многократного действия). Типы насосов одиночного действия показаны на черт. 1—3. Чтобы получить равномерный ток воды при ее подъеме, применяют насосы двойного действия или сдваивают насосы простого действия. Еще лучше равномерность подачи достигается при применении насосов тройного и многократного действия. При насосах двойного действия или сдвоенных насосах простого действия теоретически количество подаваемой воды будет $Q=2FS$, при насосах тройного действия $Q=3FS$, при насосах многократного действия $Q=nFS$. Типы насосов двойного действия и сдвоенных показаны на черт. 4—6.



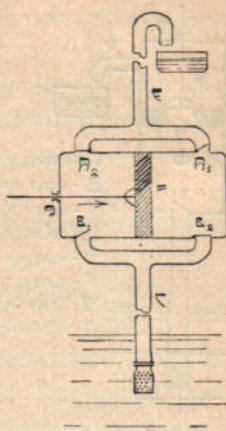
Черт. 3.

с) по способу производства разрежения в теле насоса.

аа) поршневые (черт. 1—6); разрежение в теле насоса этого класса производится благодаря поступательному движению поршня. Поршневые

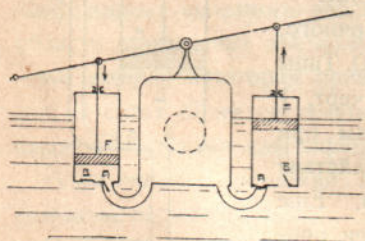


Черт. 4.



Черт. 5.

насосы сообразно помещению оси водяного цилиндра делятся на три группы: горизонтальные (черт. 5), вертикальные (черт. 1—4) и наклонные. Горизонтальные поршневые насосы требуют большой площади для своего размещения; нижняя часть их цилиндров подвергается большему изнашиванию, вследствие чего требует более частого осмотра и ремонта. Необходимость помещения насосов в колодцах и скважинах требует обязательного применения вертикальных насосов. При большой глубине колодцев и особенно скважин тяжи, служащие для приведения поршня в движение, подвержены изгибу и скручиванию. Наоборот, при устройстве неглубоких колодцев (6—8 м) применение вертикальных типов насосов (черт. 1—4) не вызывает больших затруднений. Также представляется весьма удобным применение их и для пожарных насосов.



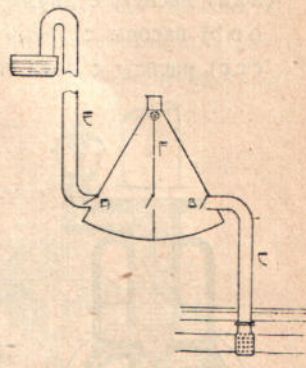
Черт. 6.

и скручиванию. Наоборот, при устройстве неглубоких колодцев (6—8 м) применение вертикальных типов насосов (черт. 1—4) не вызывает больших затруднений. Также представляется весьма удобным применение их и для пожарных насосов.

Наклонные насосы находят себе применение в горных шахтах, где ограниченность в размерах последних обуславливает их установку.

bb) *Насосы с качающимися поршнями*, представляющие собой переходной тип от поршневых насосов к ротационным. Сущность конструкции насосов этого типа заключается в том, что здесь поршни качаются в пределах насосного стакана; качание поршней вызывает образование вакуума в насосном стакане, вследствие чего

вода сначала всасывается, затем проходит через напорные клапаны насосного цилиндра и, наконец, нагнетается в напорную трубу. Вследствие применения к этим насосам ручной силы (что, в свою очередь, обуславливает небольшую высоту поднятия), сферой их применения является установка в колодцах больших диаметров. Простейшей схемой насосов с качающимися поршнями является показанная на черт. 7. Вода всасывается по трубе С и, пройдя через напорный клапан, выжимается через напорный клапан А в трубу Е. К этому классу принадлежат так называемые крыльчатые насосы Альвейлера, Абрагамсона, Энгельмана и пр., часто находящие себе применение для водоотлива при производстве строительных работ. Производительность насосов Альвейлера доходит от 20 до 300 л в минуту.



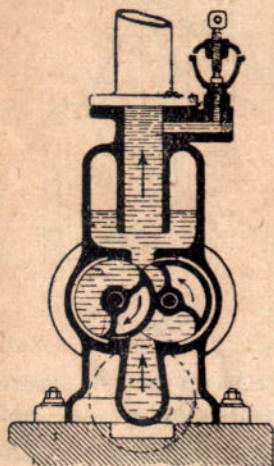
Черт. 7.

сс) *Насосы ротационные*, представляя собой переход к последней категории насосов — насосам центробежным, имеют основной частью своей конструкции вращающийся поршень, который, разрезая воздух в насосном цилиндре, всасывает воду, а затем нагнетает ее в напорную трубу.

Теоретически насосы с вращающимися поршнями должны иметь преимущество перед насосами поршневыми, где поршень совершает переменное прямолинейное нагнетательное движение. Но невозможность конструировать в этих насосах полное отделение всасывающей трубы от напорной составляет основной недостаток насосов этого типа. Все конструкции для достижения возможно полного отделения всасывающей трубы от напорной имеют своим последствием большое сопротивление в насосе и быстрое его разрушение, благодаря получению скорости движения поршня значитель-

ной величины и далеко не одинаковой во всех точках насосного стакана. Вследствие этого ротационные насосы могут работать удовлетворительно при небольших высотах поднятия, от 5 до 15 м, и дают в этом случае достаточно большой коэффициент полезного действия; впрочем, в новейших конструкциях достигается высота поднятия в 60 м. Ротационные насосы по роду их конструкции можно разбить на три группы:

- а а) насосы с двумя рабочими вращательными валами,
- б б) насосы с тремя рабочими вращательными валами,
- с с) насосы с вращательным и поступательным движением поршня.



Черт. 8.

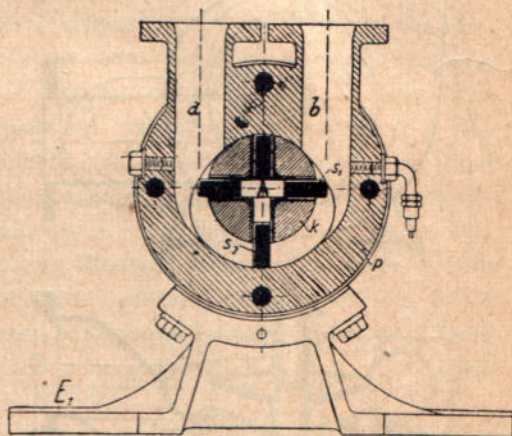
Представителем первой группы ротационных насосов можно считать насосы немец. зав. Klein, Schanzler und Becker (Клейн, Шанцлер и Беккер), называемые кулачными насосами. Кулачный насос (черт. 8) этого типа производит свою работу посредством двух крыльев в виде полумесяцев, вращающихся во взаимно противоположных направлениях. Каждое из крыльев ограничено одной большой и одной малой цилиндрической поверхностями. Большая поверхность одного крыла катится по малой поверхности другого, вследствие чего при вращении оба крыла постоянно соприкасаются между собой, удаляясь друг от друга. Торцовая поверхность крыльев пригнана к стенкам камеры настолько плотно,

насколько это возможно при кулачных ротационных насосах. Вращение крыльев в насосном пространстве производится посредством зубчатой или ременной передачи.

В среднем насосы этого типа подают от 50 до 5000 л в минуту при числе оборотов от 350 до 90, если имеем дело с водопроводной водой. Не смотря на свои достоинства (равномерность подъема воды, незначительное место для насоса, доступность для осмотра и пр.) насосы этого типа редко употребляются в водопроводном деле.

На насосах второй группы не будем останавливаться за их малым применением в водопроводной практике. Из насосов третьей группы некоторый интерес представляют ротационные насосы системы Сименс-Шук-

керт (Siemens-Schuckert), находящие себе применение в отдельных зданиях (линейных жел.-дор. и рабочих казармах). Как видно из черт. 9, вода притекает по всасывающей трубе *в* и нагнетается по трубе *д*. Роль вращающегося поршня играет четырехлопастный поршень *А*, состоящий из лопастей S_1, S_2, S_3, S_4 . Насосный стакан в верхней своей половине в целях достижения наилучшего замыкания всасывающего и напорного пространства очерчен по кругу, в то время как нижняя его половина имеет несколько больший диаметр. Вращение четырехлопастного поршня создает последовательно разрежение во всасывающем пространстве и затем нагнетает воду по напорной трубе. Подача воды производится здесь непрерывная. Форма насоса указывает, что наилучшим двигателем для них является электромотор. Количество подаваемой воды насосами этого типа колеблется от 22 до 650 л в минуту; предельная высота поднятия 60 м.



Черт. 9.

dd) *Насосы центробежные.*

Центробежные насосы основаны на использовании центробежной силы, являясь, по существу своему, обратными водяными турбинами. Вследствие вращения колеса *А*, снабженного изогнутыми криволинейными лопастями (черт. 10) производится в центре насоса разрежение, вследствие чего вода притекает в насос по всасывающей трубе. Одновременно с этим образующаяся на концах лопастей центробежная сила выжимает воду в напорную трубу. Вход воды в насосный стакан центробежных насосов происходит с одной стороны или с двух сторон, вследствие чего и различают центробежные насосы с односторонним и двусторонним поступлением. Затем центробежные насосы различают еще по расположению вала (горизонтальные и вертикальные) и по давлению (низкого, среднего и высокого давления).

Высота подъема центробежных насосов низкого давления доходит до 15 м и среднего давления до 40 м, тогда как насосы высокого давле-

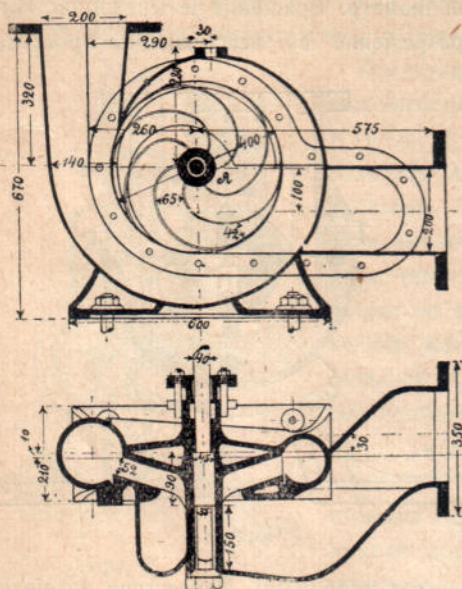
ния могут работать, по данным проф. И. Г. Есьмана¹, и при высоте подъема до 2000 м. Высокий подъем воды центробежными насосами получается путем последовательного помещения в общем кожухе насоса ряда центробежных колес, благодаря чему с лопастей одного колеса вода, уже обладающая известной скоростью, поступает на лопасти соседнего колеса; в результате такой конструкции, из коих первая устроена Richards, получается теоретический подъем воды, в n раз больший, чем

при насосе обыкновенного типа. Но, благодаря систематическим работам известного швейцарского завода бр. Зульцер появились в начале XX столетия простые центробежные насосы с высокой подачей до 100 м и с значительным коэффициентом полезного действия. Насосы системы Зульцер впервые были установлены в СССР на главной насосной станции г. Киева еще в 1905/6 г. и работали до последнего времени с большим успехом. При оценке полезной работы центробежных насосов необходимо иметь в виду, что для каждого типа существуют наиболее благоприятные соотношения, обуславливающие

наибольший коэффициент полезного действия при известной высоте поднятия.

д) По роду двигателя различают насосы:

аа) приводимые силой людей и животных; эта группа приборов имеет значение для снабжения отдельных зданий, для водоснабжения во время производства строительных работ, для небольших поселков, для мелиорации и вообще для единиц, потребляющих малое количество воды.



Черт. 10.

¹ Есьман, И. Г., проф. Центробежные насосы, 1927 г.

bb) приводимые *силой ветра* (ветряные двигатели). Утилизация силы ветра, к сожалению, не может быть произведена повсюду, так как для ее использования необходимы постоянные ветры в местности. Кроме того, применение силы ветра вызывает устройство сборных (уровнительных) резервуаров, обеспечивающих потребителей воды во время безветрия. Ветряные двигатели сильно распространены в Голландии и Сев. Франции. В СССР они применяются на юге (Одесский, Херсонский, Подольский районы), на юго-востоке (Ставропольский район) и Белоруссии; их применение является особенно выгодным в приморской полосе около Черного моря.

cc) приводимые *силой воды* (водяные двигатели). Утилизация естественного (водопады, пороги) или искусственного (плотина) падения воды зависит, разумеется, от местных условий и в некоторых случаях является весьма выгодной, устраняя всякие заботы о снабжении водоподъемной станции топливом. Старинным примером таких установок служит г. Женева, где устройство двух станций с установкой турбин на реке Роне обеспечило работу насосных водопроводных станций и дало электрическую энергию для трамваев, освещения и многочисленных фабрик города.

Благодаря такой установке, воздух Женевы защищен от дыма фабрик и заводов, что имеет важное санитарное значение. Из установок в СССР можно упомянуть про устройство в курорте Гагры — Кавказский берег Черного моря (утилизация падения горной речки Жуэ-квары); Загэс (Зем-Авчальская Гидростанция) и пр.

dd) приводимые *силой пара* (паровые двигатели). Удобное добывание пара повсюду, куда доставляется топливо, создало многочисленные конструкции паровых двигателей, машин и турбин, которые и нашли себе повсеместное применение. Поэтому насосные станции с паровыми установками можно найти во всех государствах мира.

ee) приводимые *силой газа, нефти, керосина* (газовые, нефтяные, керосиновые). Газовые двигатели за последние 25 лет борются энергично со своими конкурентами — электрическими двигателями. Наличие в городе современного газового завода может сделать весьма выгодным их применение, так как в этом случае станция не будет иметь сама приборов для добывания газа. Малое потребление нефти и керосина на лошадиную силу в час способствовало сильному распространению многочисленных конструкций нефтяных и керосиновых двигателей, из коих получили особенно частое применение в городах нефтяные двигатели Дизеля.

ff) приводимые *силой электричества* (электрические двигатели). Электрические двигатели находят себе применение при существовании отдельных малых и средних станций в одном городе, что часто встречается при использовании для водоснабжения *артезианской воды*. Кроме того, при одновременной постройке в городе водоснабжения и электрического освещения является весьма выгодным устройство *общей станции*, где днем (период наибольшего потребления воды) будет использована энергия для водоснабжения, вечером для освещения (период наибольшего освещения). Постройка же за последние годы в СССР мощных районных электрических станций предопределяет использование электрической энергии для водопроводных насосных станций. Независимо от вышесказанного, электрическая энергия и по гигиеническим соображениям заслуживает большого внимания в области применения ее для перекачки воды.



Черт. 11.

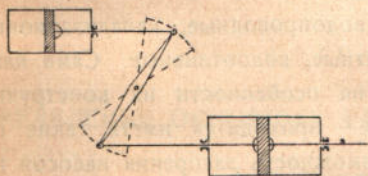


Черт. 12.

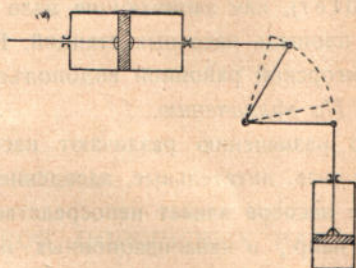
е) По способу *передачи силы двигателя*.

Сила двигателя может быть передана насосу или непосредственно или посредством какой-нибудь передачи. Непосредственная передача заключается или в том, что штоки поршней двигателя и насоса являются общими (поршневые насосы, черт. 11) или насос и двигатель насажены на один общий рабочий вал (ротационные и центробежные насосы, черт. 12). При устройстве передачи силы двигателя к насосу следует принимать в соображение помещение насоса на известном уровне в зависимости от уровня всасываемой воды. Особенное значение приобретает передача, когда при добывании речной воды при низком уровне приходится помещать насос ниже пола машинного здания; также приходится устраивать передачу, когда мы применяем горизонтальный двигатель для вертикального насоса, помещаемого в колодце. Простейшие типы передачи изображены на черт. 13—16. Передача энергии двигателя к насосу, если последний для успеха всасывания должен быть расположен ниже двигателя, может быть совершена посредством качающегося балансира (черт. 13). При этом поршень водяного цилиндра испытывает движение параллельное

движению парового цилиндра. При передаче движения от горизонтального двигателя к вертикальному насосу возможно применение кривого рычага (черт. 14); при этом происходит перемена направления и амплитуды. Наиболее частое применение находит себе передача посредством шатунного механизма, легко осуществ-

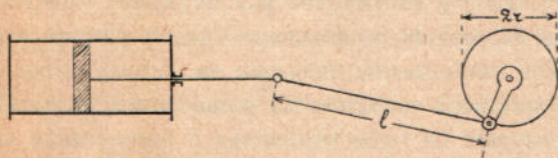


Черт. 13.



Черт. 14.

ляемая при применении двигателей самых разнообразных конструкций (черт. 15), в особенности для паровых, газовых и керосиновых двигателей. Более редкой является передача энергии двигателя насосу посредством зубчатого зацепления (черт. 16). Еще реже встречается применение



Черт. 15.



Черт. 16.

канатной передачи для целей водоснабжения. Сфера ее применения — горные шахты и штольни, где стеснение в месте для установки может создать необходимость в таковых конструкциях.

г) По главным элементам для подъема воды.

При классификации насосов является важным знать, какое количество воды — Q могут поднимать насосы, на какую высоту — H они поднимают, сколько оборотов — n совершает поршень или лопасти центробежного насоса и какая вообще индикаторная мощность насосов N_i . В зависимости от этих признаков различают насосы: низкого, среднего и высокого

давления; по числу же оборотов в минуту n — различают насосы тихоходные и быстроходные. В конце XIX столетия практика насосостроения выдвинула все более и более быстроходные типы (Express-Pumpen проф. Riedler), как занимающие мало места и потому сокращающие потребную площадь насосных станций. Быстроходные насосы были применены на Межигорской районной водоподъемной станции киевского водоснабжения.

г) *По назначению.*

По назначению различают насосы: водопроводные, канализационные, пожарные, питательные, заводские, шахтные, водоотливные. Само назначение насосов влияет непосредственно на особенности их конструкции. Так, напр., в канализационных насосах¹ приходится иметь такие приспособления, которые бы устраняли возможность засорения насосов примесями, содержащимися в сточных водах, пожарные насосы должны быстро подавать большие количества воды, шахтные типы должны иметь небольшие размеры для их помещения в шахтах и штольнях и т. д.

¹ Подробнее см. проф. Иванов В. Ф., Канализация населенных мест, 2 изд., 1926.

ГЛАВА ВТОРАЯ.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ РАЗМЕРОВ ПОРШНЕВЫХ НАСОСОВ.

§ 1. Общие соображения.

Для того, чтобы представить себе законы, по которым совершается движение воды в поршневых насосах, и определить в результате изучения их основные размеры, необходимо сначала ознакомиться с общим характером этого движения в поршневых насосах. Как известно из предыдущего, каждый насос должен иметь всасывающую трубу для получения воды из колодца и нагнетательную трубу для перемещения ее в водосборный резервуар или сооружения для очистки воды; исключения из этого правила редки — колодезные насосы, не имеющие напорной трубы, пожарные насосы, не имеющие всасывающей трубы и т. п.

Поэтому для лучшего рассмотрения трактуемого нами вопроса мы сначала ознакомимся с движением воды во всасывающих и напорных трубах. Всасывание воды в насосное пространство всегда происходит под действием атмосферного давления вследствие разрежения, производимого движением поршня в теле насоса. Как известно, атмосферное давление, соответствующее давлению ртутного столба, равняется 760 мм, что эквивалентно столбу воды в

$$a = 0,760 \times 13,6 \text{ (уд. вес ртути)} = 10,333 \text{ м.}$$

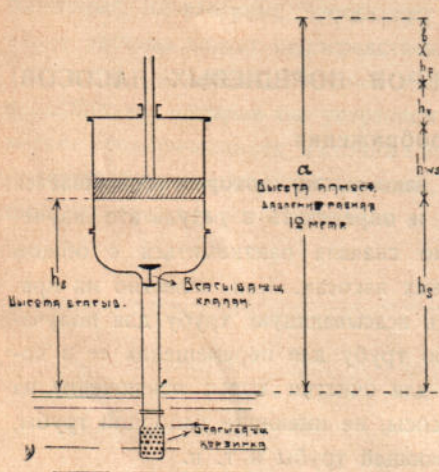
При более высоком положении местности a естественно уменьшается.

Так, при высоте местности над уровнем моря = 0; 100; 200; 400 и 1000 м

$$a = 10,23; 10,2; 10,07; 9,81 \text{ и } 9,0 \text{ м}$$

При всасывании горячей воды a уменьшается за счет содержащихся в ней паров и при температуре кипения 100°C всасывание становится невозможным, что необходимо учесть при установке питательных насосов для котлов. В настоящее время в целях удобства вычислений высота атмосферного давления принимается равной 10 м (техническая атмосфера).

§ 2. Всасывающие трубы.



Черт. 17.

Перейдем теперь к расчету всасывающих труб. Обозначим через h_s высоту всасывания (черт. 17), через h_{ws} высоту, затрачиваемую на трение во всасывающей трубе, на потери при входе воды во всасывающую корзинку, при проходе через всасывающий клапан и на потери при проходе воды через повороты, h_p — высоту, затрачиваемую на приобретение ускорения движущейся воды, каковое при каждом подъеме поршня падает до нуля, и h_v — высоту, затрачиваемую на приобретение скорости во всасывающей трубе.

Тогда на основании вышеизложенного (черт. 17) имеем для атмосферного давления a неравенства

$$a > h_s + h_{ws} + h_p + h_v \quad (1)$$

Наибольшая скорость во всасывающей трубе v_m будет

$$v_m = \sqrt{2g(a - h_s - h_{ws} - h_p - h_v)} \quad (2)$$

Делая предположение, что при незначительной длине всасывающей трубы $h_{ws} + h_p + h_v = 0$, получаем, что приближенно

$$v_m \sim \sqrt{2g(a - h_s)} \quad (2')$$

Сопrotивление при вступлении воды во всасывающую корзинку и через

всасывающие вентили могут быть определены теоретическим путем через соответственные формулы, зависящие, главным образом, от рода конструкции корзинки и клапанов, но они также установлены путем опытов. Вообще же эти сопротивления растут приблизительно пропорционально квадрату скорости в трубах.

Так, потеря при входе воды во всасывающую корзинку определяется по формуле $\xi \frac{v^2}{2g}$; при скорости v в 1 м ξ колеблется между 0,05 и 0,10 м.

Потеря при проходе через всасывающий клапан при v в 1 м колеблется в зависимости от величины угла его открытия $\alpha = 30^\circ - 60^\circ$ в пределах от 1,5 м до 0,15 м.

Потери при проходе через отводы зависят от угла их наклона, обусловливаемого конструкцией насоса, определяются по формуле:

$$\xi \left(\frac{\beta}{90^\circ} \right) \frac{v^2}{2g}$$

при скорости в 1 м при $\beta = 30^\circ, 60^\circ$ и 90° эта потеря равна 0,003, 0,007 и 0,010.

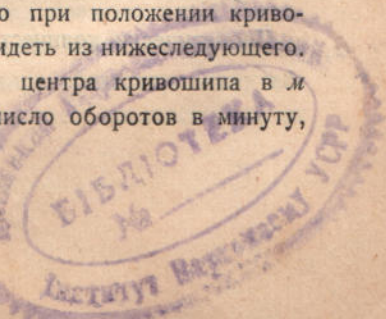
Из этого можно легко прийти к заключению, что нужно выбирать такие типы всасывающих клапанов, которые позволяют его наибольшее открытие, т. е. 60° . В этом случае потери при входе в трубу и через всасывающий клапан поглощаются тем запасом в 0,33 м, который у нас получается при замене натуральной атмосферы технической.

Поэтому мы имеем право не заниматься детально этими вычислениями, а оценивать их в случае надобности при длинных водопроводных линиях в 10—15% от общей потери на трение.

При движении поршня насоса вверх, т. е. во время всасывания, вода должна следовать за поршнем, чтобы не было разрыва подъемного столба, так как в этом случае получается гидравлический удар в теле насоса с возможностью разрыва насосного цилиндра при известной величине удара при обратном движении поршня, вследствие встречи его с отделившейся водой.

Наибольшее ускорение поршня p имеет место при положении кривошипа в мертвой точке (черт. 18), как можно видеть из нижеследующего.

Обозначим через u скорость на окружности центра кривошипа в м в секунду, а r — ход поршня в минуту в м, n число оборотов в минуту,



тогда

$$u = \frac{2\pi r n}{60} \quad (3)$$

При произвольном угле поворота кривошипа ω , ускорение поршня выразится через $\frac{u^2}{r} \cos \omega$; наибольшее значение для ускорения будет, когда кривошип будет находиться в мертвой точке, при $\omega = 0$, $\cos \omega = 1$. Принимая отношение радиуса кривошипа r к длине шатуна $\lambda = \frac{r}{l} = \frac{1}{5}$, получим, что наибольшее ускорение поршня в мертвых точках

$$p_k = \frac{6}{5} \frac{u^2}{r} = 1,2 \frac{u^2}{r} \quad (4)$$



Черт. 18.

(черт. 18). Если обозначим через G — вес подлежащей ускорению массы m , то величина ускорения в мертвой точке p_0

$$p_0 = mp_k = \frac{G}{g} \cdot 1,2 \frac{u^2}{r}; \quad (5)$$

для получения равномерного движения ускорения воды во всасывающей трубе и насосном цилиндре должны быть обратно-пропорциональны соответственным площадям F_s и F .

Поэтому

$$h_p = 1,2 \frac{u^2}{r} \cdot \frac{l_s}{9,81} \cdot \frac{F_s}{F} \quad (6)$$

где l_s длина всасывающей трубы.

Теоретически количество воды, подаваемое насосом, — Q .

$$Q = \varphi \cdot \frac{n}{60} \cdot i \cdot \frac{\pi D^2}{4} \cdot S, \quad (7)$$

где φ коэф. полезного действия, n — число оборотов, i — число, показывающее, какого действия насос, D и S диаметр и ход поршня насосного цилиндра. Так как $S = 2r$ и $\frac{\pi D^2}{4} = F$, то формула (7) превращается в (7')

$$Q = \varphi \cdot \frac{n}{60} \cdot i \cdot F \cdot 2r \quad (7')$$

Отсюда, подставляя в выражение (6) формулу (7') и делая все необходимые вычисления, получаем в результате

$$h_p = 0,04 \frac{Qn}{i\varphi} \cdot \frac{l_s}{F_s} \quad (8),$$

т. е. высота, затрачиваемая на ускорение всасываемой воды, возрастает с числом оборотов поршня и длиной всасывающей трубы. Отсюда вытекает, что при увеличении числа оборотов должна быть уменьшена соответственно высота всасывания.

Возвращаясь к неравенству (1), мы имеем

$$\alpha > h_s + h_{ws} + h_p + h_v.$$

Для мертвого положения h_{ws} и h_v равны 0, т. е.

$$\alpha > h_s + h_p = h_s + 1, 2 \frac{u^2}{r} \cdot \frac{l_s}{9,81} \cdot \frac{F}{F_s} \quad (9),$$

подставляя вместо u его выражение $u = \frac{2\pi rn}{60} = \frac{\pi ns}{30}$, получаем вместо неравенства (9) неравенство (9')

$$\alpha > h_s + \frac{1}{1500} S n^2 l_s \cdot \frac{F}{F_s} \quad (9')$$

или

$$n < 39 \sqrt{\frac{(\alpha - h_s) F_s}{S l_s F}} \quad (10)$$

Из формулы (10) вытекает, что с возрастанием длины всасывающей трубы l число оборотов n уменьшается. Поэтому представляется выгодным с точки зрения прочности при большой длине всасывающей трубы поставить воздушный колпак у насосного цилиндра, благодаря чему все изменения скорости во всасывающей трубе делаются независимыми от

скорости движения поршня насосного цилиндра. Уравнение (10) является пригодным и в случае установки воздушного колпака (котла) на самой всасывающей трубе, но при условии: под l_s — разуметь длину всасывающей трубы от воздушного котла до насоса, под h_s — разницу между наименьшим уровнем и уровнем воды в воздушном котле и F_s — сечение трубы между воздушным котлом и насосом. Как уже мы упоминали выше, высота всасывания для поршневых насосов уменьшается с увеличением числа оборотов. По данным немецкого завода Эрхардт и Шмерр (Erhardt und Schmerl) при числе оборотов в минуту — 60; 90; 120; 150; 180 наибольшая высота всасывания в метрах — 6; 5; 4; 3; 2.

Диаметр всасывающей трубы легко определяется из уравнения

$$Q = \frac{\pi d_s^2}{4} \cdot v_s \quad (11)$$

при чем v_s берется равной 1 м при трубах длиной не свыше 50 м; вообще же является практичным для v_s — принимать значение 0,75 м — 0,8 м; v_s же определяется из уравнения

$$v_s = \frac{4Q}{\pi d_s^2} \quad (11')$$

Численный пример 1. — Даны: количество воды, всасываемой насосом, q_i — 12 л./сек, l_s — длина всасывающей трубы — 200 м, h_s — гидростатическая высота всасывания — 6 м. Требуется определить диаметр всасывающей трубы d_s и потерю напора в ней h_{ws} ?

Задача решается путем пробных попыток. Берем для скорости во всасывающей трубе v_s значение в 0,75 м, тогда:

$$d_s = \sqrt{\frac{4Q}{\pi v_s}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,012}{3,14 \cdot 0,75}} = 0,143 \text{ или } \sim 0,150;$$

при $d_s = 0,150$ м или 150 мм фактическая v_s будет

$$v_s = \frac{4Q}{\pi d_s^2} = 0,68 \text{ м.}$$

При переменах v_s и сохранении прежних значений для Q между d_s и v_s должно $v_s d_s^2 = v_s' d_s'^2$ или $\frac{d_s'^2}{d_s^2} = \frac{v_s}{v_s'}$. Выбираем для v_s значение в 1 м, получаем

$$\frac{d_s}{0,150^2} = \frac{0,63}{1}; \text{ отсюда } d_s \sim 0,12.$$

Принимаем $d_s = 0,125$ м, тогда $v_s = 0,98$ м. Остановившаяся на этом диаметре, определяем потерю напора на трение во всасывающей трубе, пользуясь таблицами Гангиллье-Куттера¹ для коэффициента шероховатости 0,3 (подъем воды из источника водоснабжения). По таблице (стр. 14) потеря напора на единицу длины $i = 1:45$.

При $l_s = 200$ м

$$h_{ws} = \frac{1,15 \cdot 200}{45} = 5,11 \text{ м.}$$

Отсюда $h_s + h_{ws} = 6 + 5,11 = 11,11$ м, что недопустимо, так как превышает значение технической атмосферы. Следовательно, нужно остановиться на $d_s = 0,150$ м. Тогда на стр. 15 таблиц $i = 1:125$

$$h_{ws} = \frac{1,15 \cdot 200}{125} = 1,92$$

и $h_s + h_{ws} = 6 + 1,92 = 7,92$ м < 10 м, что вполне приемлемо; для дальнейшего уменьшения h_{ws} нужно поставить воздушный колпак на всасывающей трубе.

§ 3. Нагнетательные трубы.

После всасывания вода нагнетается поршнем в напорную трубу. В этом случае мы не ограничены атмосферным давлением и можем при современных успехах насосостроения нагнетать на сравнительно значительные величины. Но при очень больших высотах подъема приходится делать стенки насосных цилиндров и напорных труб более толстыми и принимать меры для уплотнения фланцев и муфт. Поэтому для поршневых насосов редко берут статическую высоту подъема выше 80—120 м. Если же приходится поднимать на большие высоты, то разделяют подъем на ступени, тогда можно поднимать воду поршневыми насосами и на более значительную высоту.

Скорость движения в напорной трубе принимают обыкновенно между 0,6 м—1,2 м, при чем может быть установлена и наивыгоднейшая скорость для перекачки воды при известном роде топлива, выбранном на основании сравнения стоимости цен на различные сорта его².

Для определения диаметра напорной трубы можно пользоваться также выражением $Q = \frac{\pi d_f^2}{4} v_f (11^1)$, где d_f и v_f — диаметр и скорость напорной

¹ Иванов, В. Ф., проф. Таблицы для подбора диаметров водопроводных труб при определении потери напора по формуле Гангиллье-Куттера, 1913 г.

² Иванов, В. Ф., проф., Исследование влияния экономических условий на начертание водопроводной и оросительной сети, „Изв. Киев. Пол. Ин-та“, 1908 г.

трубы. Сопротивление движению мы рекомендуем сообразно европейской практике определять по формуле Гангиллье-Куттера, при $a=0,30$ (трубы, подающие неочищенную воду) и $a=0,25$ (трубы, подающие очищенную или естественно чистую воду)¹.

Чтобы получить равномерное движение в напорных трубах, также полезно поставить вблизи поршневого насоса воздушный котел, который при известных размерах и большом потреблении воды в городе, допускает устройство водопроводной разводящей сети в городе без уравнительных резервуаров и водонапорных башен (Ленинград, Киев).

Численный пример 2. Даны: количество воды, поднимаемой насосом $q=12$ л/сек, l_d —длина напорной трубы 1000 м, h_d —гидростатическая высота нагнетания—100 м. Требуется определить диаметр напорной линии d_d и потерю напора в ней h_{wd} ?

Берем v_d равным 1 м. Тогда $d_f = \sqrt{\frac{4Q}{\pi v_d}} \sim 0,12$ м; принимаем для d_f —0,125 м; тогда $v_d = 0,98$ м. Отсюда по таблицам Гангиллье-Куттера

$$h_{wd} = \frac{1,15 \times 1000}{45} = 25,5 \text{ м.}$$

Таким образом, $h_d + h_{wd} = 100 + 25,5 \text{ м} = 125,5 \text{ м}$ или 12,55 атм.

§ 4. Клапаны насосов.

При поступлении воды в насос из всасывающей трубы и при нагнетании ее по напорной трубе из насоса, играют важную роль *всасывающие* и *напорные клапаны*. Если их размеры сделаны без всякого соотношения с характером их работы, то такие клапаны в насосах стучат, пропускают воду, и, нарушая полезную работу насоса, скоро приходят в негодность. Чтобы избежать этих явлений, полезно рассмотреть те условия, при которых представляется целесообразной работа этих клапанов (черт. 19). Сопротивление, испытываемое при движении воды через клапаны и вызываемое изменением в направлении движения воды, изменением скоростей движения, трением воды о седло клапана и его обделку, может быть выражено формулой

$$\zeta \frac{c^2}{2g} \quad (12)$$

где c скорость, с которой вода проходит через клапаны.

¹ Иванов, В. Ф., проф., Таблицы для подбора диаметров водопроводных труб по формуле Гангиллье-Куттера, 1914 г.

Площадь для прохода воды через клапан F_u определится в силу условия неразрывности движущихся водяных масс воды в насосе из уравнения

$$\alpha F_u c_u = F_m c_m = Q, \quad (13)$$

где α — численный коэффициент, вызывающий уменьшение скорости, c_u — скорость движения воды при проходе через отверстие, образуемое клапаном = 1 — 1,8 м. F — площадь сечения поршня и c_m — средняя скорость движения поршня. Отсюда

$$F_u = \frac{F_m c_m}{\alpha c_u}. \quad (14)$$

Ширина проходного отверстия клапана определится из тех соображений, что скорость протекания воды через него не должна быть больше скорости притекающей воды. Отсюда:

$$\alpha_1 \left(\frac{\pi d_1^2}{4} - \frac{\pi d_0^2}{4} \right) = \frac{\pi d_0^2}{4}, \quad (15)$$

при чем d_0 — диаметр всасывающей трубы, d_1 — диаметр отверстия клапана, $\alpha_1 = 0,4$ для небольших клапанов и $\alpha_1 = 0,6$ для больших; последняя величина берется по тем соображениям, чтобы обеспечить спокойный ход клапана. При большом числе оборотов и при широком проходном отверстии появляется удар в клапане скорее, чем при более тесном проходном отверстии.

Высота подъема клапана h при числе направляющих ребер i , ширине ребер s_r и скорости прохода через направляющую поверхность c_1 определится из уравнения

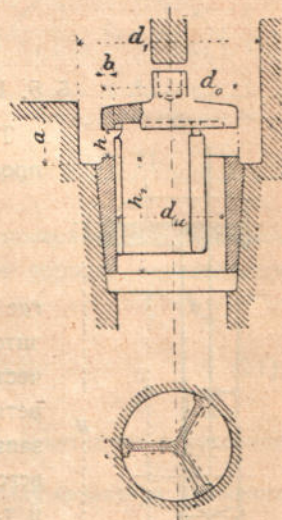
$$\alpha (\pi d_u h - i s_r h) c_1 = Q \quad (16);$$

отсюда

$$h = \frac{Q}{\alpha (\pi d_u - i s_r) c_1} \quad (16');$$

при $\alpha = 0,8$ и c_1 равно c_u и пренебрегая выражением $i s_r$ вследствие его малого значения, получаем

$$h = \frac{d_u}{4} \quad (16''),$$



Черт. 19.

что при $d_u = 120$ мм дает $h = 30$ мм. При быстроходных насосах, в целях своевременного закрытия клапана придают малое значение для $h = 5$ мм и определяют d_u из выражения (16):

$$d_u = \frac{1}{\pi} \left(\frac{Q}{\alpha h c_1} + i s_r \right). \quad (17)$$

§ 5. Цилиндры поршневых насосов.

Теоретическое количество воды, подаваемое насосом простого действия, определится из выражения (черт. 20)

$$\left(\frac{\pi D^2}{4} - \frac{\pi \delta^2}{4} \right) S + \frac{\pi \delta^2}{4} S = \frac{\pi D^2}{4} S \quad (18),$$

где D — диаметр поршня, δ — диаметр поршневого штока и S — ход поршня. В действительности количество воды, захваченное поршнем, будет меньше теоретического вследствие неплотности набивок поршня, запаздывания в запирании клапана, негерметичности всасывающей трубы, вызывающей попадание воздуха, и т. п. Поэтому количество воды, в действительности захваченное поршнем насоса простого действия, Q при числе оборотов n в минуту

$$Q = \varphi \frac{n}{60} \cdot \frac{\pi D^2}{4} \cdot S \quad (19)$$

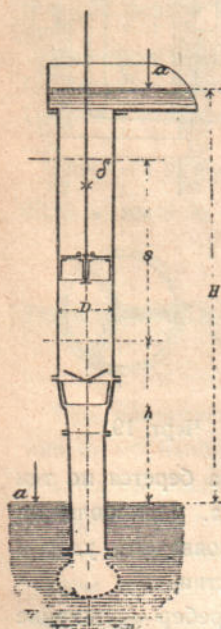
а для насоса двойного действия

$$Q = \varphi \frac{n}{60} \left(\frac{\pi D^2}{4} + \frac{\pi D^2}{4} - \frac{\pi \delta^2}{4} \right) S$$

или, пренебрегая сечением штока поршня,

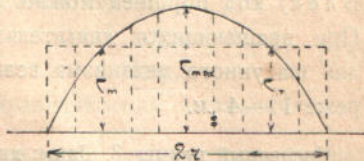
$$Q = \frac{\varphi n}{60} \cdot \frac{2\pi D^2}{4} = \frac{\varphi n}{60} \cdot i \cdot \frac{\pi D^2}{4} S \quad (20),$$

где $i = 1$ для насосов простого действия и $i = 2$ для насосов двойного действия, φ — объемный коэффициент — выражает собой отношение количества воды, поданного поршнем при одном его размахе, к количеству



Черт. 20.

воды, захваченному поршнем за то же время. Конечно, φ всегда меньше 1. В новых поршневых насосах достигли очень больших значений для φ , которые по мере службы насосов уменьшаются. Так, считают, что при превосходном изготовлении насосов (Москва, Детское Село) φ колеблется между 0,95 и 0,99; при хорошем изготовлении $\varphi = 0,9 - 0,95$, для обыкновенных насосов $\varphi = 0,8 - 0,85$ и, наконец, для грубо обработанных насосов $\varphi = 0,75$. Во всяком случае необходимо иметь в виду, что по мере службы насосов величина φ уменьшается вследствие постепенного изнашивания трущихся поверхностей, спускаясь до величины в 0,70. Средняя скорость движения поршня определяется из уравнения



Черт. 21.

$$C_m = \frac{2Sn}{60} = \frac{Sn}{30} \quad (21).$$

На самом же деле скорость движения поршня изменяется во синусоиде от 0 до $\frac{\pi}{2}$, т. е. $C_{max} = 1,57 C_m$ (черт. 21) в силу характера движения поршня. В прекурантах заводов дается обыкновенно величина C_m , но нужно для проверки конструктивных размеров насосов иметь в виду C_{max} . Среднюю скорость движения поршня C_m берут:

для малых	насосов	0,3 — 0,65	м/сек
„ средних	„	0,6 — 1,2	„
„ больших	„	1,6 — 2,0	„
„ быстроходных	„	до 3	„

Отсюда определяется по выражению $C_m = \frac{Sn}{30}$ и число оборотов n в зависимости от C_m :

для малых	насосов	$n = 30 - 60$
„ средних	„	$n = 50 - 100$
„ больших	„	$n = 80 - 150$
„ быстроходных	„	$n = 150 - 250$.

Ход поршня выбирается обыкновенно в зависимости от рода двигателей, обслуживающих насосы. Для работы насоса представляется выгодным

большой ход, но вследствие этого приходится уменьшать число ходов в единицу времени, число подъемов клапанов и пр. При непосредственном соединении паровых цилиндров с водяными (насосы сист. Вортингтон, Блек) ход поршней можно для больших насосов принимать в 4—4,5 м. При вращающихся двигателях величину хода принимают в 1—1,7 м, для шатунного механизма величина хода берется между пределами 1—3 м, реже 1—4 м.

Численный пример 3. Даны: диаметр поршня $D = 0,2$ м, ход поршня $S = 1$ м, коэффициент насосного наполнения $\varphi = 0,9$, число оборотов $n = 60$; требуется определить количество воды, нагнетаемое поршнем насоса простого и двойного действия Q ?

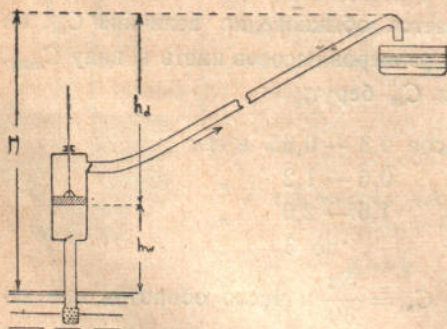
Для насоса простого действия:

$$Q = \varphi \frac{n}{60} \cdot \frac{\pi D^2}{4} S = 0,9 \cdot \frac{60}{60} \cdot 3,14 \cdot \frac{0,04}{4} \cdot 1 = 0,028 \text{ м}^3/\text{сек или } 1,68 \text{ м}^3/\text{мин.}$$

Для насоса двойного действия:

$$Q = \varphi \frac{n}{60} \cdot \frac{2\pi D^2}{4} \cdot S = 0,9 \cdot \frac{60}{60} \cdot 2 \cdot 3,14 \cdot \frac{0,04}{4} \cdot 1 = 0,056 \text{ м}^3/\text{сек или } 3,36 \text{ м}^3/\text{мин.}$$

Численный пример 4. Те же условия, определить среднюю C_m и максимальную C_{max} скорость движения поршня.



Черт. 22.

$$C_m = \frac{Sn}{30} = \frac{0,6 \cdot 60}{30} = 1,2 \text{ м/сек};$$

$$C_{max} = 1,57 \cdot C_m = 1,57 \cdot 1,2 = 1,88 \text{ м/сек}$$

§ 6. Мощность насосов.

Эффективная мощность насосов N_{ef} легко определяется из уравнения работы (черт. 22) $N_{ef} = \Delta Q \cdot (h_s + h_a + h_{ws} + h_{wd})$ кг (22),

где h_s — высота всасывания, h_d — высота нагнетания, h_{ws} — потери во всасывающей трубе, h_{wd} — потери в нагнетательной трубе и Δ вес 1 м³ воды. N_{ef} в лошадиных силах $\frac{\Delta Q (h_s + h_d + h_{ws} + h_{wd})}{75}$.

Если принять во внимание, что при работе насосов часть ее затрачи-

вается на преодоление вредных сопротивлений в самом теле насоса (трение поршней, сальников, набивок и пр.), то на самом деле необходимо ввести в *эффективную* работу насоса коэффициент полезного механического действия η_m ; тогда индикаторная работа N_i —

$$N_i = \frac{N_{ef}}{\eta_m} = \frac{\Delta Q (h_s + h_d + h_{ws} + h_{wd})}{75\eta_m} = \frac{\Delta Q (H + h_{ws} + h_{wd})}{75\eta_m}; \quad (23)$$

h_{ws} и h_{wd} определяем пока по общему гидравлическому выражению

$h_{ws} = \frac{\Delta Q^2}{d_s^5} \cdot l_s$ и $h_{wd} = \frac{\Delta Q^2}{d_d^5} \cdot l_d$. Принимая во внимание, что кроме сопротивлений движению воды в трубах имеются сопротивления во входе в заборный колпак всасывающей трубы, сопротивления при поворотах всасывающей и напорной трубы и пр., мы оцениваем их в общем виде в 10—15%, выбирая большие значения для более длинных проводов. Отсюда

$$h_{ws} = \frac{(1,1 - 1,15) \lambda Q^2}{d_s^5} l_s \text{ и } h_{wd} = \frac{(1,1 - 1,15) \lambda Q^2 l_d}{d_d^5}$$

Для коэффициента шероховатости мы будем пользоваться формулой Kutter'a (12), где λ^1 может быть принят равным $\lambda = \frac{100 \sqrt{R}}{\alpha + \sqrt{R}}$;

$\alpha = 0,25 - 0,3$ и $R = \frac{d}{4}$. Таким образом, выражение (23) превратится после подстановок

$$\begin{aligned} N_i &= \frac{\Delta Q (H + h_{ws} + h_{wd})}{75\eta} = \\ &= \frac{\Delta Q \left\{ H + (1,1 - 1,15) \lambda Q^2 \left[\frac{l_s}{d_s^5} + \frac{l_d}{d_d^5} \right] \right\}}{75\eta} \end{aligned} \quad (24)$$

Для η принимают значение в зависимости от конструкции насоса от 0,5 до 0,85, при чем более высокие значения получаются в насосах новейших конструкций. Что же касается величины φ — объемного коэффициента, то в виду того, что его значение в насосах может быть при

¹ Иванов В. Ф., проф. Таблицы для подбора диаметров труб по формуле Гангиллье-Куттера, 1913.

тщательной работе доведено до величины близкой к единице, то будем считать в целях упрощения, что величина φ входит в η .

Численный пример 5. Даны: наибольшая гидростатическая высота всасывания $h_s = 5$ м, гидростатическая высота нагнетания $h_d = 40$ м, длина всасывающей линии $l_s = 20$ м, длина напорной линии $l_d = 2000$ м, количество воды, подаваемое насосом после очистки в сек. $Q = 51$ л. Требуется определить эффективную N_{ef} и индикаторную N_i мощность насосов?

Для решения этой задачи мы сначала определяем диаметры всасывающей d_s и нагнетательной линии d_d . По 1 таблице для формулы Гангиллье и Куттера¹ с коэфф. 0,25 для расхода в 5 л имеется подходящий $d_s = 300$ мм, скорость во всасывающей трубе $v_s = 0,72$ м, потеря напора на ед. длины $i_s = 1:400$; на всю $l_s = 40$ м потеря равняется 0,1 м. По тем же таблицам для напорной трубы d_d берем в 250 мм; тогда заданный расход в 51 л нужно брать интерполяцией, так как он находится между двумя табличными числами: 50,1 и 46,4 л, которым соответствуют i'_d и $i''_d = 0,00667$ и 0,00571. Разность между i'_d и $i''_d = \Delta i = 0,00096$ при разности в расходах $\Delta Q = 3,7$ л; разность между ближайшим большим и заданным расходом 0,1 л. Тогда искомое

$$i_d = i'_d - \frac{\Delta i \cdot 0,1}{\Delta Q} = 0,00667 - \frac{0,00096 \cdot 0,1}{3,7} = 0,00664.$$

Зная $i_d = 0,00664$ и $l_d = 2000$ м, получим, что общая потеря на трение равна 13,28 м. Имея эти данные, определяем эффективную мощность насосов

$$N_i = \frac{\Delta Q (h_s + h_d + h_{ws} + h_{wd})}{75 \eta}$$

Определенные нами величины h_{ws} и h_{wd} увеличиваем, оценивая местные условия на 10%, тогда

$h_{ws} = 1,1 \times 0,1 = 0,11$ м и $h_{wd} = 1,1 \times 13,28 = 14,61$ м и Δ вес 1 м³ воды = 1000 кг коэфф. полезного действия η (со включением в его величину и объемного коэфф. фициента) берем 0,8. Подставляем наши численные значения и вышеприведенную формулу и получаем

$$N_i = \frac{1000 \cdot 0,051 (5 + 40 + 0,11 + 14,61)}{75 \cdot 0,8} = \frac{51 \cdot 59,72}{60} = 50,76 \text{ HP};$$

$$N_{ef} = \eta N_i = 0,8 \cdot 50,76 \text{ HP} = 40,61.$$

Вследствие несколько свободного выбора в коэффициенте η принимаем окончательно $N_i = 50$ HP и $N_{ef} = 40$ HP.

Мы можем при решении этой задачи или установить два насоса в 50 HP, из коих один будет запасным, или же взять три насоса по 25 HP, из коих два будут

¹ Иванов В. Ф., проф. Таблицы для подбора диаметров труб по формуле Гангиллье-Куттера, 1913 г.

работающие, а один запасной. По практическим соображениям второе решение представляется более выгодным с эксплуатационной точки зрения, так как при таком решении один насос работает во время малого разбора воды, а другой присоединяется к нему в часы наибольшего потребления воды в населенных пунктах.

§ 7. Определение основных размеров поршневых насосов.

Для гидравлических расчетов, связанных с определением основных размеров поршневых насосов, будем пользоваться следующими выражениями.

Обозначим через Q расход воды, подаваемой насосом в $\text{м}^3/\text{сек}$, i степень его действия (одиночный, двойной). Тогда будем иметь при F (площадь поршня насоса)

$$Q = iq \quad (25)$$

$$q = \frac{Q}{i} \quad (25')$$

$$C_m = \frac{Sn}{30} \quad (21)$$

$$q = Fsn\varphi \quad (21')$$

$$q = 30 F\varphi C_m \quad (26);$$

$$F = \frac{\pi D^2}{4} \quad (27).$$

Пользуясь этими простыми выражениями, мы можем определить основные размеры насоса известного типа. Q известно; зная тип насоса, имеем значение i для i и для s . Отсюда легко определяем C_m , задаваясь n ; задаваясь φ , получаем F , а следовательно и D — диаметр поршня. Для упрощения всех этих несложных подсчетов, в специальных сочинениях приводятся численные таблицы.¹

Численный пример 6. Даны: для насоса простого действия D (диаметр поршня) = 0,2 м, S — (ход поршня) = 0,6 м, n (число оборотов) = 60 м и φ (коэффициент объемного заполнения цилиндра) = 0,9. Определить производительность насоса простого действия в минуту?

$$Q = Fsn\varphi = \frac{\pi \cdot 0,2^2}{4} \cdot 0,6 \cdot 60 \cdot 0,9 = 1,02 \text{ м}^3/\text{мин}.$$

¹ Худеков, проф. Построение насосов, 1905, Хедер, Насосы и компрессоры, 1903.

Численный пример 7. Даны: для насоса простого действия производительность Q в $\text{м}^3/\text{мин} = 1,02$, $n = 60$, $s = 0,6$ и $\varphi = 0,9$. Определить D , C_m (среднюю скорость поршня) и C_{max} (максимальную скорость поршня)?

$$F = \frac{Q}{S n \varphi} = \frac{1,02}{0,6 \cdot 60 \cdot 0,9} = \frac{1,02}{32,4} = 0,03 \text{ м}^2.$$

Отсюда

$$D = 0,2 \text{ м}; C_m = \frac{S n}{30} = \frac{0,6 \cdot 60}{30} = 1,2 \text{ м/мин.}$$

$$C_{\text{max}} = 1,57 C_m = 1,57 \cdot 1,2 = 1,88 \text{ м/мин.}$$

Численный пример 8. Для насоса двойного действия даны $D = 0,4$, $S = 1 \text{ м}$, $Q = 5,8 \text{ м}^3/\text{мин}$, $\varphi = 0,9$. Определить число оборотов в минуту n ?

Сначала определим

$$F = \frac{\pi D^2}{4} = 0,12 \text{ м}^2.$$

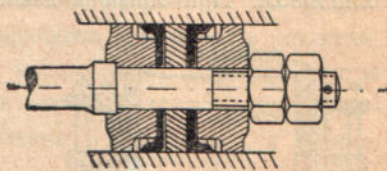
$$n = \frac{Q}{2 S F \varphi} = \frac{5,8}{2 \cdot 1 \cdot 0,12 \cdot 0,9} = 26 \text{ обор/мин.}$$

ГЛАВА ТРЕТЬЯ.

КОНСТРУКТИВНЫЕ ДЕТАЛИ ПОРШНЕВЫХ НАСОСОВ.

§ 1. Поршни насосов.

Не вызывает никаких сомнений, что для правильной работы насосов является чрезвычайно важным целесообразное устройство поршней. Поршни бывают двух родов: *дисковые* и *ныральные* (нырала, плунжеры). Дисковые поршни применяются, главным образом, для небольших давлений (1—2 атм) при насосах двойного действия и требуют расточки насосных цилиндров, к стенкам которых они должны прилегать плотно посредством уплотняющих колец. Уплотняющие кольца дисковых поршней делаются из металла (меди, фосфористой бронзы, баббита) каучука, кожи и пеньки. Тело поршней изготовляется обыкновенно из чугуна, за исключением случаев, обусловливаемых химическим составом перекачиваемой жидкости (бронза).

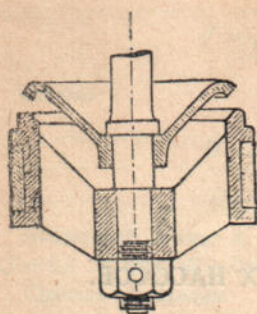


Черт. 23.

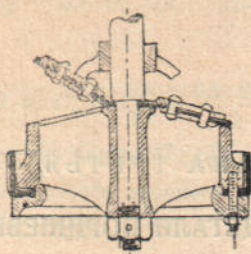
Простейший тип дискового поршня показан на черт. 23; здесь манжеты поршня сделаны кожаными, а уплотняющий материал прикреплен к дисковому поршню, что препятствует надзору за состоянием уплотнения, каковое подвергается быстрому изнашиванию, при нечистых жидкостях и высоких давлениях; поэтому пределом применения по указаниям Матиссена (Mathiessen)¹ дисковых поршней считается 20 м (2 атм.). К достоинствам поршней следует отнести возмож-

¹ Проф. Матиссен и Фукслохер, Насосы, 1927.

ность применения насосного цилиндра небольшой длины, что при небольших давлениях дает возможность сокращать общие размеры насосов.

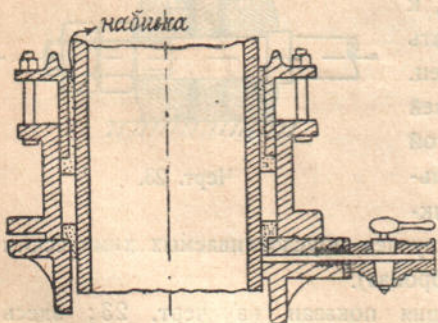


Черт. 24.

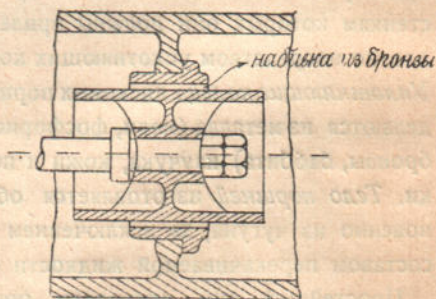


Черт. 25.

Лучшей набивкой для дисковых поршней считается *каучук*, так как он обладает упругостью и водонепроницаемостью. При смене набивок в дисковых поршнях приходится вынимать последние из насосов, что составляет их слабую сторону. В вертикальных насосах простого действия поршни часто снабжаются створными или подъемными клапанами. Черт. 24 изображает собой тип поршня со створным клапаном. Черт. 25 изображает тип поршня с подъемным клапаном. При больших давлениях и в особенности при нечистых жид-



Черт. 26.



Черт. 27.

костях (напр., при непосредственном перекачивании речной воды на очистные сооружения) находят себе применение *нырляные поршни*. Они не требуют расточки поршневого цилиндра, мало изнашиваются и могут быть легко уплотнены при помощи особого сальника, болты которого можно подтягивать по мере надобности. При малых диаметрах нырля делают из стали, бронзы или чугуна, а при больших полыми чугунными.

Простейшая конструкция ныряла показана на черт. 26. Здесь имеется кран для выпуска скопляющегося в цилиндре воздуха, а для уплотнения плунжера применена центральная наружная набивка. На черт. 27 показан тип ныряла, точеного, цилиндрического с гладкими насосными кольцами, изготавливаемыми из бронзы. Вообще нужно заметить, что для достижения большей плавности при высоких напорах устраивают плунжеры с внутренним объемным набивным кольцом, как это и показано на черт. 27.

§ 2. Насосные цилиндры.

Насосные цилиндры делаются из литого железа, реже из бронзы и чугуна. Толщина их стенок может быть определена по формуле Баха

$$r_a = r_i \sqrt{\frac{K_z + 0,4P_i}{K_z - 1,3P}} + C \quad (28)$$

где r_a — наружный радиус в см, r_i — внутренний радиус в см, P_i — внутреннее давление в $\text{кг}/\text{см}^2$ и K — допускаемое напряжение на разрыв в $150 - 250 \text{ кг}/\text{см}^2$, C — произвольная прибавка (неточность отливки, транспорт и пр.), равная 3—6 мм. Но вместо этой формулы иногда пользуются эмпирическими формулами, в которых также введены прибавка на точность отливки, сборки, ржавления и транспорта, а именно:

$$\begin{aligned} \delta &= 0,02 D + 1 \text{ см} \dots \dots \dots \text{ для вертикальной отливки} \\ \delta &= 0,025 D + 1,2 \text{ см} \dots \dots \dots \text{ „ горизонтальной „} \end{aligned}$$

где δ — толщина стенок и D — внутренний диаметр насосного цилиндра. При проектировании насосных цилиндров следует избегать острых углов, вследствие чего всякие изменения поперечных сечений должны быть произведены помощью плавных, закругленных переходов.

§ 3. Штоки поршней.

Поршневые штоки насосных цилиндров делаются обыкновенно из стали, как такие части насоса, которые постоянно перемещаются во время его работы. Присоединение их к поршню обыкновенно делается посредством закрепления болтов гайками.

§ 4. Клапаны.

Клапаны в насосах играют весьма важную роль, так как от их своевременного открытия зависит полезная работа насоса; от правильности их работы, разумеется, зависит коэффициент насосного наполнения φ . Клапаны должны удовлетворять следующим основным условиям:

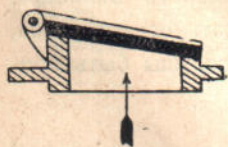
- 1) быть непроницаемы (уменьшение коэффициента насосного наполнения),
- 2) быстро открываться, не требуя для этого больших усилий (уменьшение мертвого веса),
- 3) давать быстро широкие проходы для воды;
- 4) легко и своевременно закрываться, при чем это закрытие должно быть обеспечено весом пружины.

Все эти условия одновременно трудно исполнимы при конструировании клапанов, так как они между собою находятся в некотором противоречии.

Для того, чтобы легче разбираться в разнообразных конструкциях клапанов, мы позволим себе их классифицировать. Клапаны могут быть устроены:

- а) шарнирными (откидными),
- б) дисковыми (тарельчатыми),
- в) шаровыми,
- г) коническими,
- е) кольцевыми.

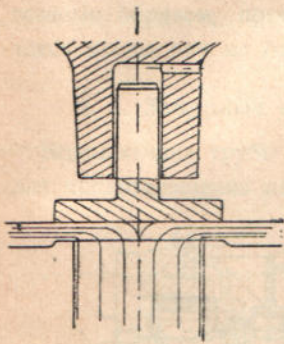
Под шарнирными клапанами подразумеваются такие запорные приспособления, при которых отверстие для протекания открывается при вращении около оси, параллельной поверхности седла клапана и находящейся в стороне от последней (черт. 28). Шарнирные клапаны ставятся, как мы увидим дальше, на всасывающих корзинках всасывающих труб для канализационных насосов, для насосов типа „Калифорния“ и пр.; для водопроводных же насосов они в настоящее время не употребляются.



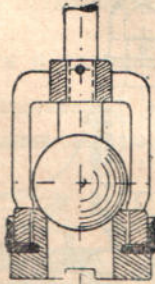
Черт. 28.

Самой простой формой насосного клапана является тарельчатый клапан, представляющий собой круглую плоскую плиту, прилегающую к седлу узким кольцом с притертой поверхностью и направляемую в своем движении сверху или снизу центральным штифтом или

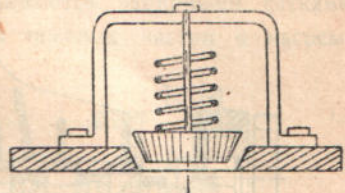
3 — 4-мя отлитыми заодно направляющими ребрами (черт. 29). Если поверхность соприкосновения клапана с седлом образуется частью шара, то такой клапан называется шаровым (черт. 30). Если поверхность соприкоснове-



Черт. 29.



Черт. 30.



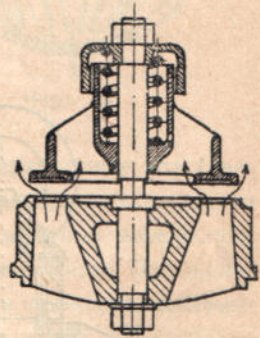
Черт. 31.

ния клапана с седлом не плоская, а конусообразная, то подобный клапан называется коническим (черт. 31). Конические клапаны обыкновенно нагружаются еще пружинами. Помимо вышеприведенной классификации, клапаны могут быть разбиты на следующие группы:

- 1) одноступенчатые (черт. 28 — 31);
- 2) двухступенчатые или кольцевые;
- 3) многоступенчатые;
- 4) этажные.

Тип двухступенчатого кольцевого клапана показан на черт. 32.

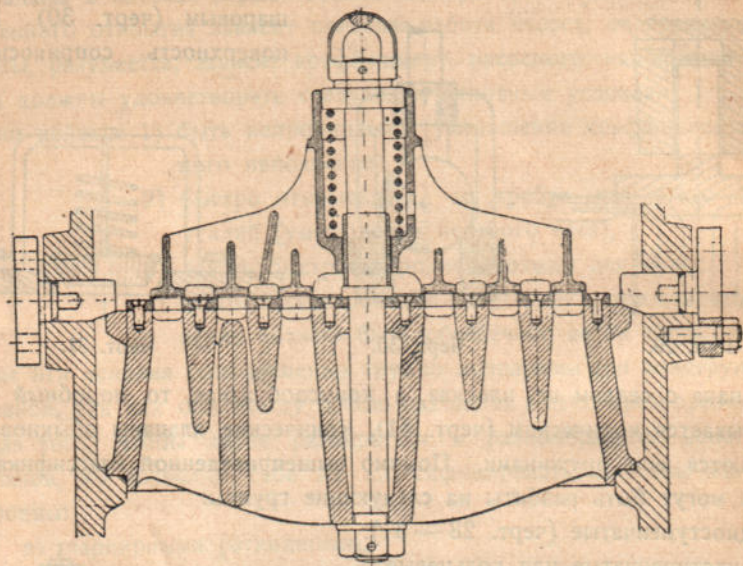
Для больших насосов находят себе применение многоступенчатые кольцевые клапаны, тип которых показан на черт. 33; в этом типе применена металлическая набивка. На черт. 34 показана верхняя часть многоступенчатого кольцевого клапана с кожаной набивкой. Этот тип является пригодным для перекачки жидкостей, содержащих песок.



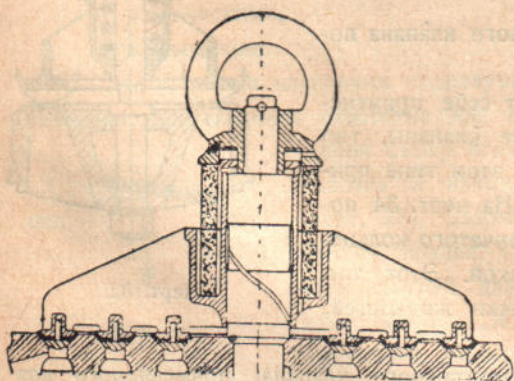
Черт. 32.

На черт. 35 показан тип многоступенчатого клапана, применяемого для больших насосов; здесь разделением общей высоты подъема на этажи достигается уменьшение подъема каждого клапана в отдельности, что имеет важное значение для хода насоса и чем предотвращаются удары клапанов

о свои седла. В настоящее же время наиболее употребительными являются одноступенчатые или двухступенчатые клапаны с диам. 75—125 мм



Черт. 33.



Черт. 34.

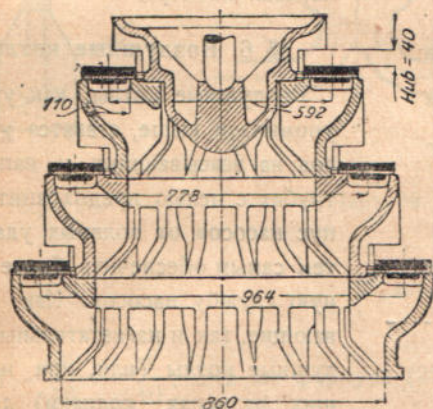
(черт. 31—32), нагруженные цилиндрическими бронзовыми пружинами и изготовляемые в больших количествах специальными заводами.

В большинстве случаев корпус насоса делается из чугуна — материала, не особенно пригодного для седла клапана с металлической поверхностью соприкосновения. Поэтому клапаны и их седла делают из красной бронзы, а при больших давлениях из фосфористой бронзы. При умеренных давлениях пользуются также для уплотнения поверхностей соприкосновения кожей,

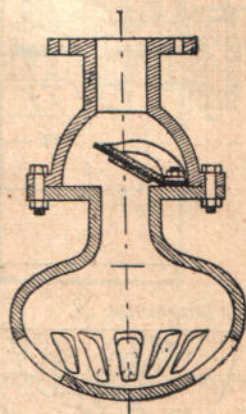
резиной или каучуком. Помимо вышеописанных клапанов имеются еще и клапаны с принужденной посадкой сист. проф. Ридлера, но они имеют, главным образом, применение для канализационных насосов¹; поэтому здесь мы на них не будем останавливаться.

§ 5. Забирные сетки и клапаны на всасывающих трубах.

Всасывающие трубы обыкновенно заканчиваются заборными сетками для предотвращения попадания плавающих и тяжелых частиц в насосы;



Черт. 35.



Черт. 36.

это является особенно важным для всасывания поверхностных вод (речных, озерных, атмосферных), когда на станцию, поднимающую воду из источников водоснабжения, легко могут попасть плавающие взвешенные примеси, содержащиеся в этих водах. Чугунные заборные сетки (корзинки) дают сравнительно мало защиты противу протекания примесей, содержащихся в поднимаемой воде, вследствие устройства в них сравнительно крупных щелей. Более удобными являются корзинки из оцинкованного железа с отверстиями 6—12 мм в диаметре, общая площадь которых в целях уменьшения скорости поступления воды должна быть в 3—4 раза больше площади всасывающей трубы. Кроме железа, всасывающие корзинки можно устраивать и из меди и латуни. При больших высотах вса-

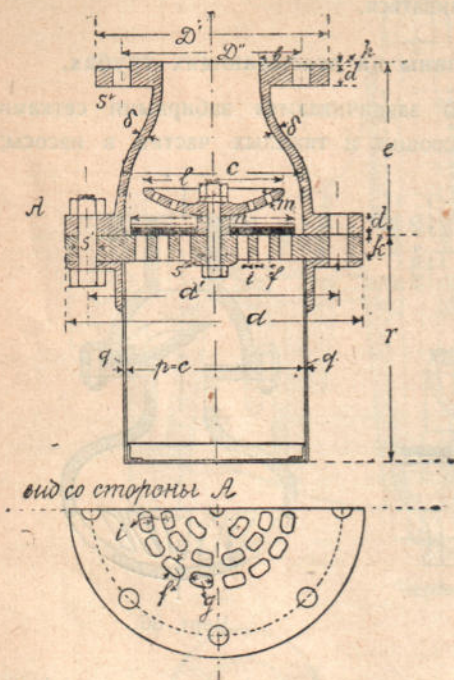
¹ Иванов, В. Ф., проф., Канализация населенных мест, 1926.

сывания и при больших длинах всасывающих труб всасывающая труба в целях более легкого пуска насосов в ход перед корзинкой снабжается особыми клапанами. Простейший тип всасывающей чугунной корзинки,

снабженный шарнирными клапанами, показан на черт. 36. Лучший тип заборной сетки из трубы рифленого железа с тарельчатым кожаным или резиновым клапаном показан на черт. 37.

§ 6. Воздушные котлы.

Воздушные котлы, как уже мы упоминали выше, ставятся у насосов на всасывающих и напорных трубах с целью предохранить корпус насосов от водяных ударов и тем самым обеспечить более длинную службу насосов. Как всасывающие, так и нагнетательные воздушные котлы (или, при небольших размерах, колпаки) должны быть поставлены по возможности ближе к насосу, так как в противном случае они будут плохо исполнять свое назначение. Сущность

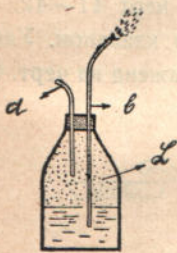


Черт. 37.

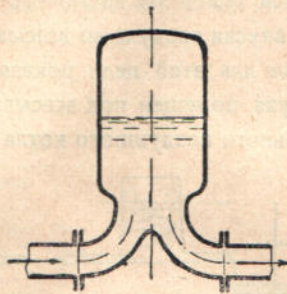
их действия покоятся на известном в физике приборе, известном под именем Геронова фонтана (черт. 38). Если в трубку a вдуть воздух и закрыть трубку b , то давление воздуха в части сосуда L увеличится. Если же сделать наоборот, закрыть трубку a и открыть b , то вода начнет вытекать из сосуда до тех пор, пока давление не сделается равным атмосфере. Воздушные колпаки делаются из чугуна, стали и железа; при небольших насосах колпаки могут быть сделаны и из меди. Наибольшие типы всасывающих воздушных котлов изображены на черт. 39 и 40.

Емкость всасывающих воздушных котлов равняется приблизительно 5—10 объемам, описываемых поршнем, т. е. 5—10 FS (F площадь и S ход поршня), чтобы обеспечить спокойную работу поршневого насоса.

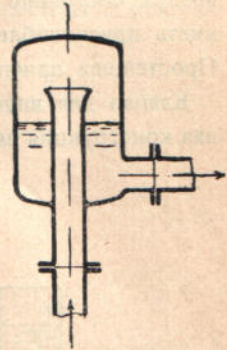
Если мы обозначим через I разницу между наибольшим и наименьшим объемом воздушного пространства и через W_s среднее содержание воздуха во всасывающем котле (колпаке); то по формуле Баха (Bach)¹



Черт. 38.



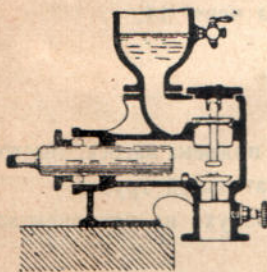
Черт. 39.



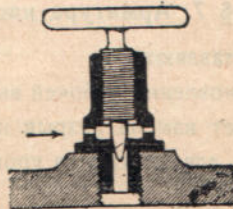
Черт. 40.

$$W_s = \frac{I}{\delta} \quad (29),$$

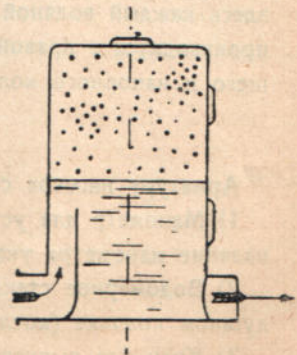
где $\delta = \frac{1}{10} - \frac{1}{40}$. Эта же формула (29) годится и для напорного воз-



Черт. 41.



Черт. 42.

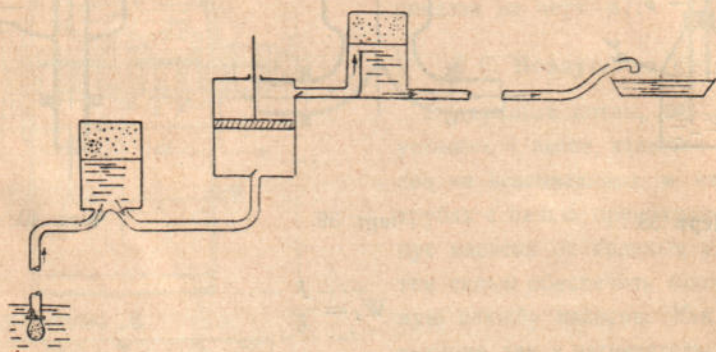


Черт. 43.

¹ Bach, C., Die Konstruktion der Feuerspritzen, 1883.

душного котла, но здесь δ берется до $\frac{1}{100}$. В общем же часто принимают, что W_f для напорного котла также равна 5—10 FS. Так как воздух постоянно увлекается водой из напорного котла, то необходимо иметь приспособления для впуска воздуха во всасывающий напорный котел. Простейшее приспособление для этой цели показано на черт 41—42.

Клапан для впуска воздуха помещен под всасывающим клапаном. Удачная конструкция нагнетательного воздушного котла изображена на черт. 43,



Черт. 44.

здесь каждый водяной удар поглощается воздушным котлом. Выпуск воды производится с правой стороны снизу. Общая схема установки всасывающего и напорного колпаков (котлов) показана на черт. 44.

§ 7. Арматура насосов.

Арматуру насосов составляют:

- 1) Манометр для установления рабочей высоты подъема насоса; быстрое падение манометра укажет нам на разрыв нагнетательной трубы.
 - 2) Водомерное стекло для измерения уровня воздуха на напорном воздушном колпаке (котле).
 - 3) Кран для выпуска воздуха из котла (черт. 41—44).
- Все эти приборы устанавливаются на напорном колпаке насоса.
- 4) Вакууметр — для измерения давления во всасывающей трубе.
 - 5) Водомерное стекло для измерения уровня воздуха во всасывающем колпаке насоса.

б) Краны (клапаны) для впуска и выпуска воздуха.

Вакууметр и водомерное стекло ставятся на всасывающем колпаке насоса; краны же ставятся по роду конструкции насоса (обыкновенно ниже всасывающего клапана, см. черт. 41) и могут быть соединены с воздушным насосом.

ГЛАВА ЧЕТВЕРТАЯ.

ОБЩИЕ ПОНЯТИЯ О ДВИГАТЕЛЬНОЙ СИЛЕ ДЛЯ НАСОСОВ.

§ 1. Использование силы людей и животных.

Сила людей и животных применяется очень часто для целей водоснабжения, но, разумеется, при заборе воды из колодцев, обслуживающих отдельные здания, линейные ж.-д. казармы, небольшие селения и т. п. Само собой разумеется, что использование этих сил не имеет почти никакого значения для водоснабжения населенных мест, так как они обходятся дорого и могут быть применены для подачи только небольших количеств воды. Но при малом протяжении уличной водопроводной сети в городах СССР часто встречаются и отдельные колодцы в дворовых усадьбах.

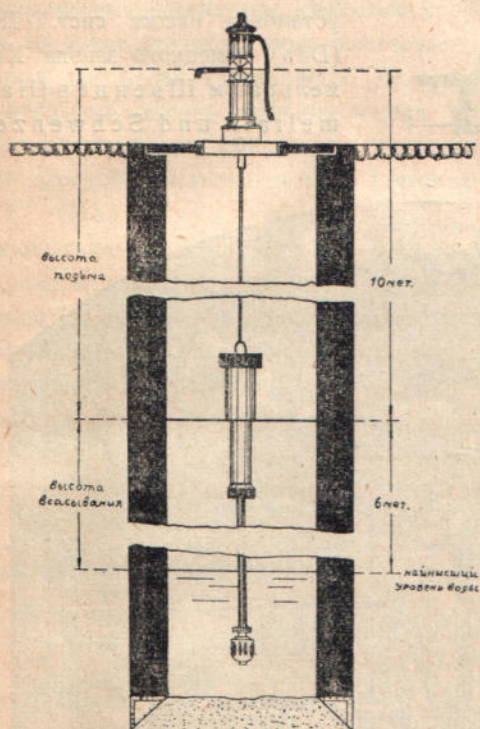
Простейшей формой подъема воды из колодца следует считать подвешенное на канате или на цепи к блоку или вороту железное ведро (емкостью около 10 л).

Но при настоящем состоянии техники подобные конструкции следует считать устарелыми.

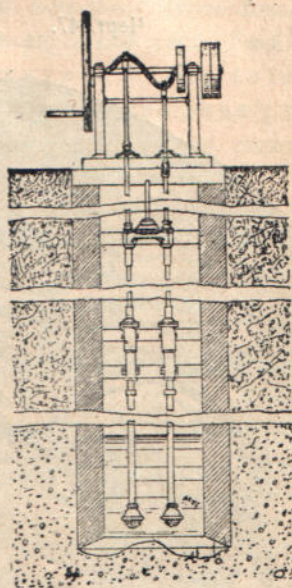
Поэтому при добывании небольших количеств воды из колодца при использовании силы человека более целесообразным является использование всасывающих колонок (простой всасывающий и всасывающе-нагнетательный насос), позволяющих защищать колодезь от поверхностных загрязнений. Тип подобного устройства показан на черт. 45. Над колодцем стоит колонка с рукояткой, поднимая и опуская которую мы выкачиваем воду через носик. Самый насос установлен в колодце с таким расчетом, чтобы высота всасывания не была бы больше 6—7 м. Для более значительных потребностей служат в настоящее время сдвоенные

насосы простого действия, приводимые в движение силой людей или ремнем от привода. Простейший тип подобной установки показан на черт. 46. При глубине колодца, не превышающей 18 м, производительность подобной установки составляет в круглых числах 60 л в минуту при скорости около 45 оборотов в минуту, каковая скорость достигается посредством ременной передачи. По данным Рица (Rhiza)¹ средняя производитель-

ность одного работника при 8 часовом рабочем дне при использовании от 50 до 80%



Черт. 45.

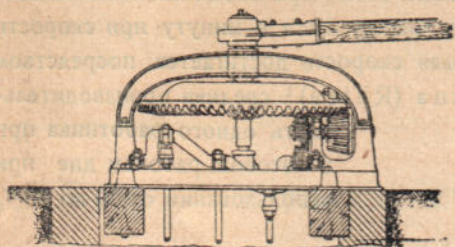


Черт. 46.

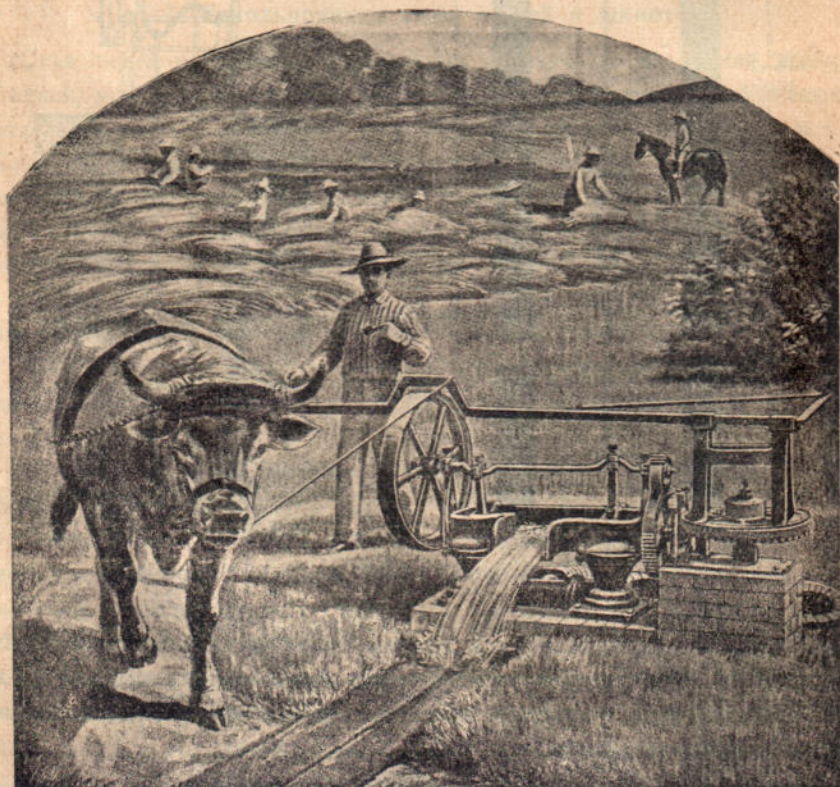
(продолжительность непрерывной работы может быть принята в 5—10 минут, после чего следует отдых) может быть принята 127415 кг/м. Использование силы животных (лошадей) может быть осуществлено на установках, показанных на черт. 47.

¹ „Zeit. d. Ver. d. deutsch. Ing.“, 1894.

Только в этом случае передача производится посредством зубчатки, как это показано на черт. 47. Производительность лошади принимается по данным проф. Люгера в 1 160 000, вола в 1 000 000, мула—800 000 и осли в 300 000 кг/м. На черт. 48 показана установка насоса сист. Диа (Dia), немецкого завода Хаммельрат и Швенцер (Hammeleath und Schwenger).



Черт. 47.



Черт. 48.

§ 2. Использование силы ветра.

Использование силы ветра для подъема питьевой воды встречается очень редко при устройстве водоснабжения в городах вследствие постоянных изменений величины двигательной силы, вследствие чего в целях обеспечения постоянной работы водопровода приходится устраивать запасные уравнительные резервуары, емкостью на 3—6 суточный расход, из которых во время безветрия вода выкачивается посредством особо установленных двигателей (бензиновых, керосиновых, электромоторов). Только на открытых, высоко лежащих местах или приморских местностях, где дуют ветры почти ежедневно, представляется выгодным использование этой даровой двигательной силы [американские двигатели сист. Голлидэй¹ (Halladay), немецкие — сист. „Геркулес“² (Hercules), французские — сист. Эклипс и Боллэ, Союзные — Давыдова³] при устройстве водоснабжения для небольших селений или отдельно стоящих зданий (напр., селение Гогенберг при Эльванген в Германии).

Величина энергии, получаемая от ветра для одного двигателя, колеблется между 0,2—15 НР. Хотя в некоторые дни, во время ураганов, может быть использована и энергия до 30 НР. Для суждения о силе ветров приводим в нижеследующей таблице I данные за 1906—1910 гг., опубликованные Берлинским Метеорологическим Институтом.

ТАБЛИЦА I.

Скорости движения ветра в м/сек	Нумерация месяцев и количество часов, в которые дует ветер в течение месяца											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1,5 и более	726	649	736	711	736	707	734	725	673	719	710	702
2 „ „	727	633	716	708	720	690	708	704	637	706	696	717
3 „ „	675	567	621	608	639	612	594	610	540	654	660	630
4 „ „	589	456	476	459	494	466	380	459	394	530	557	491
5 „ „	508	331	374	289	308	323	231	314	248	362	437	389
Общее количество часов, в которые дует ветер в течение месяца	744	672	744	720	744	720	744	744	720	744	720	744

¹ Strenz Otto, Windkraft oder Kleinmotoren, 1908.² Darriès, La distribution d'eau, 1909.³ L ueger-Weyrauch, Die Wasserversorgung der Städte, Zw. Band, 1916.

Но, если приходится использовать энергию ветра в приморских местностях, где постоянно дуют ветры с моря и с континента, то там можно принять, что в среднем в сутки дует ветер со скоростью 2—5 м/сек (в среднем 3 м) в течение 6—8 часов.

Ветряные двигатели для лучшего воздействия силы ветра должны быть помещены на 2—4 м выше самых высоких домов для того, чтобы использовать наилучшим образом энергию ветра. Величина диаметра колес ветряного двигателя колеблется между 2 и 12 м. В целях освещения вопроса о выборе ветряных двигателей приводим ниже данные об американских двигателях сист. Голлидэй (Halladay) и о немецких двигателях „Геркулес“ завода ветряных двигателей в Дрездене (Deutsche Windturbine-Werke).

ТАБЛИЦА II.

Американские ветряные двигатели сист. Голлидэй

№ № двигателя	Ряды крыльев	Диаметры крыльев в м		Площадь подверженная действию ветра в м ²	Мощность в лош. силах (при ветре 10 м/сек)	Число оборотов колеса в минуту
		внутр.	внешн.			
0	1	2,10	0,55	3	0,3	70
1	1	2,44	0,75	4,22	0,5	60
2	1	3,65	0,35	6,75	0,7	48
3	1	3,66	1,63	8,37	1	44
4	2	3,90	1,80	9,65	1,5	40
5	2	4,40	1,15	14,15	2	38
6	2	4,87	1,24	17,33	2,5	36
7	2	5,50	1,75	21,30	3,7	33
8	2	6,10	1,75	28	4	31
9	2	7,60	4,40	30	6	25
10	2	9,15	4,40	50	8	21

ТАБЛИЦА III.

Немецкие ветряные двигатели сист. „Геркулес“

Диаметр колеса двигателя в м	Мощность в лош. сил. при скоростях в м/сек		
	4—5	6—7	8
2,5	$\frac{1}{6}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{3}{4}$
3	$\frac{1}{4}$	$\frac{3}{4}$	1
3,5	$\frac{1}{3}$	1	$1\frac{1}{4}$
4	$\frac{1}{2}$	$1\frac{1}{2}$	2
4,5	$\frac{3}{4}$	2	3
5	1	$2\frac{1}{2}$	4
5,5	$1\frac{1}{4}$	3	5
6	$1\frac{1}{2}$	4	6
6,5	$1\frac{3}{4}$	$4\frac{1}{2}$	7
7	2	5	8
7,5	$2\frac{1}{4}$	$5\frac{1}{2}$	9
8	$2\frac{1}{2}$	6	10
8,5	$2\frac{3}{4}$	$6\frac{1}{2}$	11
9	3	7	12
10	4	8	14
11	5	10	15
12	6	14	20

Энергия N^1 , которую можно получить от ветряного двигателя, определяется по эмпирической формуле:

$$N \text{ (лош. сил.)} = \alpha s v^2 \quad (30),$$

где $\alpha = \frac{1}{1200} = \frac{1}{2500}$, s — поверхность колеса в m^2 , v — скорость дви-

¹ Esselborn, Lehrbuch des Maschinenbaus, I Bd.

жения в *м/сек.* Обыкновенно принимают, что для воздействия ветра можно использовать только 80% поверхности колеса ветряного двигателя, т. е.:

$$S = 0,8 \cdot \frac{\pi D^2}{4} \quad (31).$$

где D — диаметр колеса.

$$\text{Отсюда} \quad D = K \sqrt{\frac{N}{v^3}} \quad (32).$$

где $K = 44 - 66$.

$$\text{Тогда} \quad N = 0,00051 D^2 v^3 - 0,00025 D^2 v^3 \quad (33).$$

Выбор численного коэффициента основывается на величине и роде конструкции ветряного двигателя: некоторое преувеличение в выборе численного коэффициента является выгодным, так как ветряной двигатель начнет работать при меньшей силе ветра. Ветряные двигатели в СССР были установлены для групп зданий в Севастополе, Днепропетровске, Одессе, Судаче, Тифлисе, Херсоне и др. В Германии уже помимо многочисленных установок для отдельных групп зданий ветряные двигатели были установлены для водоснабжения селений: Гаррислее у Патбург (Harrislee bei Pattburg), Гаммельгаб у Вестер-Сатруп (Gammelgab bei Wester-Satrup), Остерроде у Гарц (Osterode am Harz), Зелинген (Söllingen), Петерсберг у Герсфельд (Petersberg bei Hersfeld) и др.

§ 3. Использование водяной энергии.

Встречающаяся в природе водяная энергия (реки, водопады, горные озера) может быть в подходящих случаях использована для целей водоснабжения. Но на практике такие случаи встречаются сравнительно редко, хотя сама утилизация водяной энергии с целью трансформации ее в электрическую достигла за последние годы большого развития. Параллельно с развитием эксплуатации водяной энергии шло изобретение и новых типов водяных турбин пропеллерного типа (Каплана, Банки). При решении вопроса об использовании водяной энергии для водоснабжения необходимо заранее учесть, что в большинстве случаев с малым количеством воды связаны большие падения и наоборот, с большим количеством воды связаны сравнительно малые падения. Изредка встречаются и исключения из этого правила, когда большие количества воды низвергаются с значительной высоты и тем самым образуют водопады (напр., Ниа-

гара в С. Америке, Иматра в Финляндии, Кивач в РСФСР, реки в горных областях). Поэтому использование водяной энергии представляется возможным для целей водоснабжения только тогда, когда ее наименьшее значение превышает расчетный максимальный расход; но, если по климатическим условиям возможно замерзание используемого источника водяной энергии, или представляется необходимым выпуск воды из водохранилища во время прохода весенних вод или паводков, то целесообразно для насосной станции иметь и запасные (тепловые) двигатели.

Странами, где применяется добывание электрической энергии путем использования энергии падающей воды, по данным инж. Веденеева¹ являются США (— 25 мил. *HP*), Италия (— 2 мил. *HP*), Франция (— 2 мил. *HP*), Швейцария (— 1 мил. *HP*), Норвегия (— 1,5 мил. *HP*), Швеция (— 1,2 мил. *HP*) Япония (— 1,2 мил. *HP*) и т. д. СССР за последние годы построил также несколько гидроэлектрических станций (Волховстрой, Зем-Авчалы, Первомайск, Вознесенск и пр.) и строит ряд крупных станций (Днепрострой, Сясьстрой и пр.). Выбор гидравлических двигателей для насосных станций диктуется местными условиями, величиной падения воды и величиной необходимой энергии. Для небольших поселений и при наличии незначительных напоров (менее 10 м) употребляют водяные колеса, а в противном случае — водяные турбины. Само собой разумеется, что при выборе типов водяных колес следует придерживаться тех, которые обладают наибольшим коэффициентом полезного действия η_{max} . К ним относятся: верхненалвные колеса ($\eta_{max}=0,7-0,8$), колеса Цуппингера ($\eta_{max}=0,6-0,7$), Понселе ($\eta_{max}=0,6-0,7$) и Сажебьена ($\eta_{max}=0,75$), из коих два первые колеса работают при напоре $H=0,5-4$ м, третье колесо — при $H=0,3-2,5$ м; количество поднимаемой ими воды колеблется от 0,5 до 4 м³/сек.

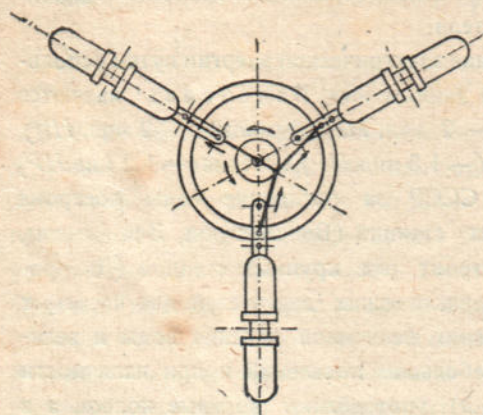
Примеры использования водяных колес для водоснабжения встречаются в различных государствах: во Франции около Парижа² в Марли (Marly), на насосной станции Сен-Мор (St-Maur) и Иль-де-Мельдэз (Ile des Meldeuses), где каждое колесо приводит в движение четыре плунжерных насоса, в Германии³ — большая установка в Штутгарте (Stuttgart)

¹ Веденеев В., инж., Гидроэлектрические силовые установки, 1924.

² Beschmann, La distribution d'eau; Belgrand, Les travaux souterraines de Paris, 1882.

³ Lueger-Weyrauch, Die Wasserversorgung der Städte, 1916.

с четырьмя средне-наливными колесами Цуппингера, диам. 5 м., получающих 8,5 м³ рабочей воды в сек. через водосливы в 4 м и передающих свою энергию плунжерным насосам через зубчатую передачу; маленькие одноколесные установки в Нусдорф (Nusdorf) с 1100 жит. с ежедневным водопотреблением в 110 м³, Герtringен (Gärtringen) с потреблением 143 м³ в сутки и пр. Из современных типов водяных турбин



Черт. 49.

чаще применяются американские турбины со свободной струей (активные) Пельтона и турбины с подпором воды (реактивные) Фрэнсиса, при чем первые из них применяются для больших напоров при малых количествах воды, а вторые для разнообразных напоров (от 0,6 до 260 м) и количеств воды (от нескольких литров до 100 м³/сек.). Примеры установок водяных турбин исключительно для целей водоснабжения немногочисленны: Марли близ Парижа, Женева¹, где каждая из вертикальных турбин приводит в движение 3 насоса, связанные с ними шатунным механизмом (черт. 49), гор. Бохум и пр. Для условия возможности работы водяного двигателя необходимо, чтобы существовало неравенство:

$$\eta_1 WH_0 > QH \quad (34),$$

где η — коэффициент полезного действия насоса; η_1 — коэффициент передачи энергии двигателя насосу, W — наименьшее количество падающей воды, находящейся в нашем распоряжении, H_0 — рабочая высота падения (т. е. разность между верхним уровнем воды в сборном резервуаре и уровнем воды у водяного колеса), Q — количество поднимаемой воды, H — манометрическая высота подъема.

Величина коэффициента η для водяных колес колеблется между 0,3

¹ Tarretini, Les forces motrices du Rhône.

(подливные колеса с приемными руслами) до 0,75 — 0,85 (верхнебойные колеса, колеса Понселе, Сажебьена).

Коэффициент полезного действия η для водяных турбин колеблется: для турбин с подпором от 0,82 до 0,85,

„ „ с свобод. струей от 0,81 до 0,82.

Но, при применении водяных турбин не вся их мощность может быть использована, а только около 70 — 75%, вследствие чего практические коэффициенты полезного действия могут быть приняты в 0,56—0,6. Если рабочая вода по своим свойствам не является пригодной для питья, что встречается часто на практике, то можно для определения мощности пользоваться тем же уравнением (34). Если же мы имеем дело с высоко лежащим ключом, обладающим безупречной водой, то представляется целесообразным использовать эту воду для снабжения насосного пункта. Тогда уравнение (34) превращается в:

$$\eta \eta_1 (W - Q) = (H - H_0) Q \quad (35)$$

§ 4. Использование силы пара.

Использование *силы пара* для подъема воды является весьма распространенным вследствие возможности при наличии известного рода топлива получать паровую энергию повсюду. При постепенном развитии построения паровых двигателей от простейших типов машин без расширения до новейших типов машин с расширением, конденсацией и экономайзерами и применения паровых турбин заставляют в настоящее время производить целесообразный выбор двигателя для требуемых условий его работы. Тут следует оговориться, что, к сожалению, подобные расчеты на практике, в особенности у нас в СССР, производятся очень редко¹. На конструкцию паровой машины, выбираемой для работы насосов, главное влияние оказывают: род топлива, которое можно применять с выгодой при данных условиях местности, величина мощности насосов (в лошадиных силах), тип насоса, помещение его относительно парового двигателя и пр. Оценить надлежащим образом все эти факторы — это означало бы выйти далеко из рамок нашего изложения. В дальнейшем при более детальном

¹ Детальное исследование вопроса оборудования строящейся насосной станции в Одессе (Чумка) было произведено инженером Д. Г. Полизо в 1928 г.; также см. Н о р р е, *Wie stellt man Projekte, Kostenanschläge und Betriebskostenberechnungen für elektrische Licht und Kräfteanlagen auf*, 1910.

описании типов насосов мы еще вернемся к этому вопросу. На целесообразный выбор парового двигателя оказывает сильное влияние, как мы только что заметили выше, стоимость топлива и его теплотворная способность. Для оценки последнего можно руководствоваться до известной степени следующей таблицей.¹

ТАБЛИЦА IV.

№№ пп	Род топлива	Вес 1 м ³ в кг	Теплотворная способность 1 кг топлива в калор.	Примечания
1	Сухие (высушенные на воздухе) дрова	450	2 900	
2	Торф	250—400 *	3 600—5 000	* В зависимости от степени его подсушки.
3	Бурый уголь	800—850 **	3 600	** Переменность состава.
4	Бурый уголь в бри- кетах	—	5 000	
5	Кокс	400—450 **	7 000—7 100	** Тоже.
6	Каменный уголь . .	750	7 000	
7	Антрацит	900	8 000	
8	Светильный газ . .	0,696	10 600	
9	Нефть	700—750 **	—	** Тоже.

Пользуясь таблицей IV и зная, сколько расходуется топлива данным двигателем на 1 *HP* в час, мы можем произвести при известных условиях целесообразный выбор парового двигателя для проектируемой насосной установки. Разумеется, что подобное сравнение должно быть проведено и для других типов двигателей (Дизеля, газогенераторы), обладающих более высоким термическим коэффициентом, которым устанавливается процент действительного использования в данном двигателе теплотворной способности топлива. Так, напр., паровые машины, работающие перегретым паром без конденсации, расходуют от 0,93 до 1,33 кг каменного угля на 1 *HP* в час, а паровые машины, работающие перегретым паром

¹ Фармаковский В. В., проф., Машиноведение, 1913.

и с конденсацией и паровые турбины расходуют от 0,47 до 0,93 кг каменного угля на 1 *HP* в час. Таким образом, *термический коэффициент для паровых двигателей* первой группы определяется в 0,063—0,09, а для двигателей второй группы в 0,09—0,181, т. е. почти в два раза больше, чем у двигателей первой группы. Средняя работа, получаемая от 1 кг хорошего каменного угля, может быть принята в 170 000 до 250 000 *кг/м*.

Простейшие паровые машины состоят из:

- а) парового цилиндра, в котором движется поршень со штоком,
- б) парораспределительного механизма (золотника).

Пар из котлов по паропроводной трубе поступает в золотниковую коробку, где производится парораспределение. Пар поступает из коробки в паровой цилиндр, где, благодаря имеющемуся у него давлению, перемещает поршень то в одну сторону, то в другую; отработавший (мятый) пар также поступает в золотниковую коробку, а из нее уже в пароводную трубу. Движение поршня парового цилиндра, как это показано в гл. 1-ой, или передается главному валу посредством шатунного механизма, при чем от первого получает свое движение и шток водяного цилиндра, или же передача производится непосредственно через общий шток для парового водяного цилиндра; при шатунной передаче для получения равномерного хода машины ставят маховое колесо.

Паровые машины по характеру своей работы могут быть разбиты на две группы: с одиночным расширением и с двойным или тройным расширением.¹

Если при двойном расширении пара паровые цилиндры расположены параллельно и при помощи шатунного механизма работают на общий вал, то такие паровые машины называются *компаунд*. При расположении паровых цилиндров последовательно — машины называются *тендем-компаунд*. Машины с расширением применяются только при давлениях пара выше 6 *атм.*, так как только в таких случаях применение их является экономически выгодным. Машины без расширения расходуют на 1 индикаторную силу от 30 до 20 кг пара, с двойным расширением от 20 до 9 и тройным от 10 до 8 кг пара; более низкие нормы относятся к машинам

¹ Barth, Die Zweckmässigste Betriebskraft, 1908;

Idem, Wahl, Projektierung und Betrieb von Kraftanlagen, 1915.

с конденсацией. *Конденсация* имеет своей целью охладить отработавший пар спущением его в воду, благодаря чему получается разрежение и уменьшение давления отработавшего пара. Конденсация может быть *внутренняя*, когда охлаждение происходит от непосредственного соприкосновения пара с охлаждающей (впрыскиваемой) водой и *наружная*, когда сгущение мягого пара происходит от соприкосновения с охлажденными водою поверхностями. В обоих случаях необходима установка воздушно-водяных насосов, удаляющих продукты охлаждения и заключающийся в них воздух.

Паровые машины с конденсацией требуют для себя большие количества воды, так как для сгущения 1 кг пара нужно 25 кг воды.

Все паровые машины можно сдвигать, доставляя к ним пар по самостоятельным паровым трубам; таким образом, мы имеем *сдвоенные паровые машины простого действия и сдвоенные машины с расширением*.

Пар, которым мы пользуемся для паровых машин, может быть:

- а) *сухим насыщенным паром*, имеющим наибольшую плотность при данной температуре;
- б) *перегретым паром*, имеющим при одинаковом давлении с насыщенным паром более высокую температуру. Этот пар получается от нагревания насыщенного пара в перегревателях, в которых пар соприкасается с сильно нагретыми стенками;
- в) *влажным паром*, представляющим собой смесь сухого насыщенного пара с водой той же температуры.

Паровые котлы, употребляющиеся в водопроводной практике, делятся на основные группы: вертикальные и горизонтальные. Вертикальные котлы (сист. Лешапелля, Шухова и пр.) применяются чаще всего для небольших водоснабжений (железнодорожных станций, заводов и т. п.) и требуют для своей эксплуатации больше топлива, так как здесь сильнее проявляется теплоотдача. Главное их достоинство составляет свободный доступ со всех сторон к котлам, что облегчает возможность надзора за их состоянием и своевременность необходимого ремонта. Тем не менее, горизонтальные паровые котлы, замурованные в кладку, встречаются сравнительно чаще, в особенности при больших городских водоснабжениях (Москва, Ленинград, Одесса, Киев и пр.). Горизонтальные котлы, применяемые на насосных станциях, обыкновенно обделываются кирпичной кладкой, благодаря чему меньше теряется теплоты на лучеиспускание; вследствие этого эти котлы и находят себе более частое применение на

насосных станциях, чем вертикальные, где обделка делается из вертикальных досок. По давлению в котлах различают котлы низкого давления ($1\frac{1}{4}$ — $1\frac{1}{2}$ атм.), среднего ($1\frac{1}{2}$ —3 атм.) и высокого (6—10 атм.); на насосных водопроводных станциях преимущественно употребляются котлы высокого давления. Из систем котлов на насосных станциях отдают преимущество *водотрубным котлам* (сист. Бабкок и Вилькокс, Фицнер и Гампера, Шухова и т. п.), так как в них быстрее происходит парообразование (от $\frac{1}{2}$ до 2 часов). За последние годы к котлам этих систем присоединяют *пароперегреватели*, имеющие своим назначением использовать лучше паровую энергию и препятствовать конденсации пара. По данным проф. В. В. Фармаковского¹ падение температуры в паропроводе с перегретым паром на 10° влечет за собой потерю тепла в $10 \times 0,5 = 5$ ед. тепла, тогда как без пароперегревателей падение температуры вызвало бы потерю в $666 \times \frac{1}{5} = 133$ ед. тепла на 1 кг пара. Обычно пар перегревают при постоянном давлении (12—13 атм.) до температуры 300 — 350° С. *Поверхность нагрева пароперегревателя* составляет от 25 до 30% поверхности нагрева котла. Для использования теплоты отходящих в дымовую трубу газов устраивают на пути их выхода батарею трубок с питательной водой и достигают их обогреть этими газами. Благодаря этому питательная вода поступает подогретой на 70° — 100° , а газы охлаждаются до температуры 200° — 250° .

Такие приборы, состоящие из батарей чугунных трубок, называются в паровой технике *экономайзерами*; благодаря применению экономайзеров экономия в расходе топлива достигает 10—15%. Для правильности и безопасной работы котлов их необходимо снабдить специальной арматурой:

- 1) *водопроводными кранами и водомерным стеклом для указания уровня воды в котлах;*
- 2) *манометром* для установления рабочего давления в котлах;
- 3) *2-мя предохранительными клапанами* для выпуска избытка пара в случае повышения давления;
- 4) *запорным вентиляем* на паропроводной трубе;
- 5) *2-мя питательными клапанами* на трубе, подающей воду в котел, посредством насоса или инжектора;
- 6) *спускным краном* для опорожнения котла на случай его очистки;

¹ Фармаковский В. В., проф., Машиноведение, 1913.

7) *воздушным краном*, употребляемым для впуска воздуха во время опорожнения котла;

8) *контрольными пробками*, завинчиваемыми в потолок топки и залитыми внутри оловом или легкоплавким металлом; появление пара через пробки указывает на опасное понижение уровня воды в котле;

9) *лазами и люками* для проникания внутрь котла для осмотра его и ремонта.

Размеры котлов определяются *поверхностью нагрева*, т. е. той площадью, которая соприкасается с одной стороны с пламенем и горячим воздухом, с другой стороны, с водой, наполняющей котел.

Поверхность нагрева для котлов, употребляющихся на водопроводных насосных станциях, указана в следующей таблице V.

ТАБЛИЦА V.

Название котла	Поверхность нагрева в м ²
Ланкаширский	120
Тоже с волнистой трубой	130
Водотрубные с гориз. трубками	300 — 500
Водотрубные с вертик. трубками	300 — 500

Поверхность нагрева для экономайзера берется до 30 — 50% от поверхности нагрева котла.

Несмотря на различные усовершенствования в области паровых двигателей и котлов в начале нынешнего века выступили их серьезными конкурентами на технический рынок *паровые турбины*, которые в соединении с центробежными насосами, описание коих будет дано далее, создали особый класс турбо-насосов, завоевавших себе применение на больших установках.

Изобретение паровых турбин относится к отдаленному времени; так, реактивные турбины описаны Героном Александрийским за 120 л. до Р. X. под названием „Эопипил“, а активные турбины построены впервые в 1629 г. итальянским архитектором Джованни Брокка. Несмотря на столь давние изобретения практическое применение паровых

турбин начало появляться в конце прошлого столетия, после того, как шведский инженер де-Лаваль¹ в 1883 г. изобрел конически расширяющееся сопло; почти на 19 лет ранее, в 1864 г. английский инженер Парсонс изобрел реактивные турбины. Первые турбины вследствие своего значительного числа оборотов (20 000 — 30 000 в минуту) соединяются с центробежными насосами, имеющими значительно меньшее количество оборотов (1 000 — 3 000), путем сложной передачи (зубчатая передача, второй вал) или же путем введения в конструкцию особых редукторов скорости. К достоинствам паровых турбин следует отнести: небольшую занимаемую ими площадь сравнительно с эквивалентными им по мощности паровыми машинами, что обуславливает само собой сокращение общей площади здания и объема фундаментов под машины; большая легкость в их эксплуатации вследствие меньшего количества сальников более простой конструкции и почти полного отсутствия трущихся частей; более простой надзор за их работой. Кроме того, вследствие отсутствия толчков, столь свойственных паровым поршневым насосам, устраняется необходимость в установке воздушных колпаков или котлов.

По своему конструктивному устройству турбины могут быть различны.

В одних типах выпуск пара производится только через 3—4 сопла, т. е. пар действует лишь на несколько лопаток турбинного диска; такие паровые турбины называются *парциальными*. В других же типах подведение пара совершается через ряд сопел по всей окружности турбины, что дает право их называть *полными*. Кроме того, паровые турбины можно различать:

- а) по способу направления пара (осевые и радиальные);
- б) по расположению вала (горизонтальные и вертикальные);
- с) по роду конструкции (активные, активно-реактивные и реактивные);
- д) по роду ступеней (со ступенями давления, со ступенями скорости, с теми и другими ступенями).

К числу употребительных типов паровых турбин относятся:

- а) активные турбины Лавалья без ступеней скорости и давления (Швеция);
- б) активная турбина Раго со ступенями давления (Франция);

¹ Sosnowsky, Pompe centrifuge à haute pression — Système Laval, „Mem. de la Soc. des Ing. civ. de France“, 1904.

с) активно-реактивная турбина Парсонса (Англия);

д) активно-реактивная турбина бр. Зульцер (Швейцария).

Для характеристики действия паровых турбин приводим таблицу VI, указывающую действие турбин де-Лавала небольшой мощности.

ТАБЛИЦА VI.

Паровые турбины де-Лавала	Число действительных <i>HP</i>						
	5	10	15	20	30	50	100
Размеры турбин в саж							
а) длина	0,42	0,48	0,50	0,63	0,69	1,07	1,50
б) ширина	0,20	0,25	0,25	0,30	0,31	0,46	0,62
с) высота	0,38	0,47	0,47	0,52	0,52	0,60	0,75
Число оборотов турбинного колеса в минуту	30 000	24 000	24 000	24 000	20 000	15 000	15 000
Число оборотов передаточн. шкива	3 000	2 400	2 400	2 400	2 000	1 500	1 500
Расход пара в час на 1 <i>HP</i> без холодильника в кг							
а) при давлении 4—6 атм.	23	23	23	21	21	17	17
б) при давлении 10—12 атм.	21	21	21	19	19	16	16

Примечание: При мощности до 100 *HP* паровые турбины расходуют столько же пара, сколько и паровые машины; при большей же мощности расход топлива понижается до 2 раз сравнительно с паровыми машинами.

§ 5. Использование силы газа.

Смесь светильного газа с 6—7 частями воздуха при воспламенении дает взрыв, силой которого пользуются для приведения в движение поршней газовых двигателей. Наибольшей распространенностью пользуются немецкие газовые двигатели сист. Отто Дейтц, которые находят себе легко применение при существовании газоснабжения в городах. Газовые двигатели нашли себе очень большое распространение в Зап. Европе (в особенности в Германии), где до введения в городах электрического

освещения существовали городские газовые заводы. В этом случае газ, вырабатываемый на центральном газовом заводе, утилизируется в установленных в мастерских газовых двигателях. Здесь нужно отметить, что использование газа днем во время работы в промышленных заведениях создает весьма выгодные условия для наилучшей утилизации энергии газа. В случае же отсутствия газовых заводов газовые двигатели снабжаются особыми генераторами и превращаются таким образом в газогенераторные двигатели. Из газовых двигателей наибольшей распространенностью пользуются четырехтактные газовые двигатели сист. Отто Дейтц. Для них в качестве топлива применяется светильный газ, представляющий собой продукт сухой перегонки каменного угля (при накаливании угля в реторте); из угля выходит светильный газ, а в реторте остается кокс. Главными составными частями светильного газа является метан CH_4 (болотный газ) и свободный водород H . Газо-генераторные двигатели используют для своей работы также и силовой газ (газ *Dowson*), который получается при сжигании твердого топлива при недостаточном притоке воздуха и при подводе в поле горения некоторого количества водяных паров. Процесс добывания силового газа производится в генераторах. Силовой газ состоит в среднем из CO ($23\frac{3}{4}\%$), H_2 ($17\frac{0}{10}\%$), CH ($3\frac{1}{10}\%$), CO_2 ($5\frac{0}{10}\%$) и N_2 ($52\frac{0}{10}\%$). Для сжигания силового газа образуют смесь из 1 объема газа и 2 частей воздуха.

При вспышке газа в газовых и газогенераторных двигателях происходит сильное нагревание цилиндра машины, который поэтому приходится охлаждать водой, для чего в час потребно от 35 до 40 л воды на 1 *HP* с температурой воды в $10-12^{\circ}\text{C}$; t отработавшей воды повышается до 60°C . Газовые двигатели, работающие на светильном газе, при теплотворной способности в 5000 ед. теп. при расходе топлива в 1 *HP час* в $0,44-0,7 \text{ м}^3$ имеют термический коэффициент в $0,181-0,287$; газогенераторные двигатели, работающие на антраците при его высокой теплотворной способности в 8000 ед. тепла, имеют термический коэффициент много ниже, $0,176-0,226$.

По данным Кенига (*Köpig*) газовые двигатели расходуют на 1 *HP* в час полезной мощности двигателя:

- а) для малых $1,2 \text{ м}^3$
- б) для средних $1,0 \text{ „}$
- с) для больших $0,8 \text{ „}$

Если принять коэффициент полезного действия насосов в 0,9 полезного коэффициента газовых двигателей, то на 1 *HP*, затрачиваемую на поднятие воды, потребуются последовательно расходы газа в 1,338, 1,111, и 0,90 m^3 . Число оборотов газовых двигателей 130—200 в минуту, что, разумеется, вызывает введение передачи при соединении с большинством конструкций поршневых насосов.

§ 6. Использование силы керосина и бензина.

По существу керосиновые и бензиновые двигатели тождественны с газовыми двигателями и изготовляются тем же заводом Отто Дейтц. Расход топлива в этом случае выражается для малых керосиновых двигателей на 1 полезную *HP* в час от 0,8 до 1 m^3 (для двигателей до 5 *HP*) для больших двигателей — от 0,5 до 0,75 m^3 . Практическим пределом для установок керосиновых двигателей служит мощность в 10—20 *HP*; для бензиновых — 25 *HP*; для бензиновых двигателей расход бензина в час

ТАБЛИ

Двигатели Дизеля	О д н о ц и л и н д р о											
	4	6	8	10	12	15	20	25	30	35	40	50
Число действительных <i>HP</i>	4	6	8	10	12	15	20	25	30	35	40	50
Число оборотов в минуту	290	280	270	255	250	235	215	205	195	190	180	170
Наружные размеры в м												
а) поперек коренного вала	1,3	1,5	1,6	1,8	2,0	2,2	2,3	2,5	2,7	2,7	2,9	3,0
б) по направлению вала	1,0	1,2	1,2	1,4	1,4	2,0	2,15	2,25	2,4	2,6	2,8	3,0
с) высота над уровнем вала	1,4	1,7	1,7	2,0	2,2	2,3	2,4	2,6	2,7	2,9	3,1	3,3
Необходимая высота помещения в м	2,6	2,8	2,8	3,0	3,0	3,8	4,0	4,2	4,3	4,4	4,8	4,9
Расход топлива (нефти) в кг при наибольшей нагрузке	—	—	0,235	0,23	0,22	0,215	0,21	0,205	0,2	0,195	0,195	0,195

на HP 0,4—05 кг. Термический коэффициент бензиновых двигателей 0,158—0,226 при теплотворной способности бензина в 10 300 ед. теплоты.

§ 7. Использование силы нефти.

Целесообразное использование жидкого топлива — нефти — для нужд двигателей внутреннего сгорания принадлежит немецкому инженеру Дизелю (1893—1897), создавшему особый тип нефтяных двигателей, получивших всемирное распространение под названием „дизель-моторов“ еще в начале нынешнего столетия. Основное их достоинство — *высокий термический коэффициент* 0,316—0,351 при теплопроизводительности нефти в 10 000 ед. теплоты — по справедливости ставят его на первое место среди двигателей. Такие выгодные с точки зрения утилизации топлива качества двигателей Дизеля вызвали его применение на всевозможных силовых станциях, работающих на нефтяном топливе, которым богат у нас Кавказ (Баку, Грозный, Майкоп). Понятно, что двигатели Дизеля,

ЦА VII.

в ы е				д в у х ц и л и н д р о в ы е											
60	70	80	100	30	40	50	60	70	80	100	120	140	160	210	
165	160	160	160	235	215	205	195	190	180	170	165	160	160	160	
3,1	3,2	3,4	3,5	2,2	2,3	2,5	2,6	2,7	2,9	3,0	3,1	3,2	3,4	3,5	
3,2	3,4	3,6	3,8	2,8	3,0	3,3	3,4	3,6	3,8	4,0	4,3	4,6	4,8	5,0	
3,5	3,8	4,1	4,4	2,2	2,4	2,6	2,7	2,9	3,1	3,3	3,5	3,8	4,1	4,4	
5,2	5,5	6,0	6,5	3,8	4,0	4,2	4,3	4,4	4,6	5	5,2	5,5	6,0	6,5	
0,19	0,185	0,185	0,185	0,215	0,21	0,205	0,2	0,195	0,195	0,195	0,19	0,185	0,185	0,185	

проникнув сравнительно быстро на различные фабрики и заводы, начали появляться и на водопроводных станциях, как городских, так и на больших железнодорожных. В СССР двигатели Дизеля на водоподъемных станциях появились в Ленинграде, Москве, Николаеве и других городах. Наибольшее распространение получили 4-х тактные двигатели: первый такт—поступление воздуха; второй—сжатие его в цилиндре до 30—35 атм., благодаря чему повышается его температура до 600—700° С. При третьем такте через игольчатый клапан происходит взбрызгивание нефти в цилиндр двигателя, которая, будучи в распыленном состоянии и соединяясь с сильно сдавленным воздухом, начинает гореть, при чем процесс горения будет продолжаться, пока совершается впрыскивание топлива. С момента прекращения выпуска нефти начинается расширение продуктов горения, продолжающееся до хода поршня, чем заканчивается третий (рабочий) такт двигателя. Четвертый такт происходит опять при движении поршня снизу вверх и при открытии выпускных клапанов, через которые отработанные продукты горения удаляются через захлопную трубу в атмосферу. Важной особенностью двигателей Дизеля является отсутствие приспособлений для зажигания топлива, которое в нем происходит автоматически при соприкосновении топлива с горячим воздухом.

Для характеристики работы Дизель-моторов приводим таблицу VII, составленную по данным известных Аугсбургского и Нюрнбергского машиностроительных заводов (Германия).

В СССР двигатели Дизеля изготовляются на заводах: б. Людвига Нобеля в Ленинграде, Коломенском, Николаевском и др., хотя первые установки были у нас произведены Аугсбургским заводом в Германии (Киев).

§ 8. Использование электрической энергии.

Электрическая энергия, подобно газовой, может быть с выгодой использована для целей водоснабжения при совмещении станций для освещения со станциями для подъема воды, так как в этом случае получается использование электрической энергии днем, когда динамомшины были бы вынуждены быть в бездействии. Также является выгодным применение электрической энергии при устройстве групп мелких водоподъемных станций, как это имеет место при подъеме воды насосами из артезианских скважин (Киев). При постройке же районных электрических станций в СССР применение электродвигателей становится почти обязательным для город-

ских насосных станций (напр., новая станция „Чумка“ в Одессе). Также нужно иметь в виду, что в ближайшем будущем, при дешевизне электрической энергии, получающейся с Днепростроя, будет возможно ее использовать для насосных станций Донбаса. С развитием же техники построения центробежных насосов применение электрической энергии для подъема воды в связи с возможностью устройства насосных станций, безупречных с *гигиенической* точки зрения, стало еще более целесообразным и весьма выгодным с *эксплуатационной* точки зрения.

Кроме того, к достоинствам применения электромоторов следует отнести возможность устранения передачи при насаживании их на одном валу с центробежными насосами, что, разумеется, ведет к повышению коэффициента полезного действия, общего для всей установки; соединение же электромоторов с поршневыми насосами повело бы к уменьшению числа оборотов двигателей, что, разумеется, было бы невыгодным с экономической точки зрения.

Для того, чтобы охарактеризовать более детально электродвигатели, приводим в таблице VIII данные немецкого завода „Всеобщей Кампании Электричества“ (Allgemeine Electricitätsgesellschaft).

ТАБЛИЦА VIII.

Тип двигат.	Полезн. мощность двигат.		Коэффициент полезного действия в % (отдача)	Число оборотов
	В HP	В уаттах		
Ng 15	2	1 800	82	1 400
Ng 25	3,5	3 150	82	1 120
Ng 30	7	6 090	85	1 060
Ng 75	9,5	8 030	86	880
Ng100	12	10 290	86	770
g170	22	18 600	87	790
g200	32	27 000	87	760
g340	45	37 200	89	630
g450	66	54 000	90	550
g600	88	72 000	90	480

ГЛАВА ПЯТАЯ.

ОПИСАНИЕ КОНСТРУКЦИЙ ОБЩЕПОТРЕБИТЕЛЬНЫХ ТИПОВ ПОРШНЕВЫХ НАСОСОВ.

Как видно из предыдущего, конструкции поршневых насосов могут быть разбиты на следующие группы:

- а) по роду помещения вала (горизонтальные и вертикальные).
- б) по способу передачи (с передачей, без передачи).

В настоящей главе мы будем давать описания наиболее употребительных типов насосов, опуская устарелые конструкции.

Вертикальные насосы простого действия служат для подъема воды из шахтных и трубчатых неглубоких колодцев, при чем здесь пользуются в большинстве случаев силой человека. Простейшая конструкция подобных насосов показана на черт. 50. Здесь насос применен для подъема воды из зубчатого колодца; поршень *A* опущен на некоторую глубину в самый колодезь с целью понижения высоты всасывания воды, которая всасывается по трубе *D* через клапан *C*. Поршень *A*, помещенный в насосном стакане *B*, имеет в своем теле нагнетательный клапан, через который вода нагнетается в напорную трубу *E*, откуда поступает в носик *F*.

Движение поршня передается вручную посредством рычага *G*. Закрепление насосного стакана производится посредством слегка конической надвигной муфты *H* и реборд *J*; клапаны *B* и *C* имеют кожаные прокладки; штанга *K* проходит через сальник.

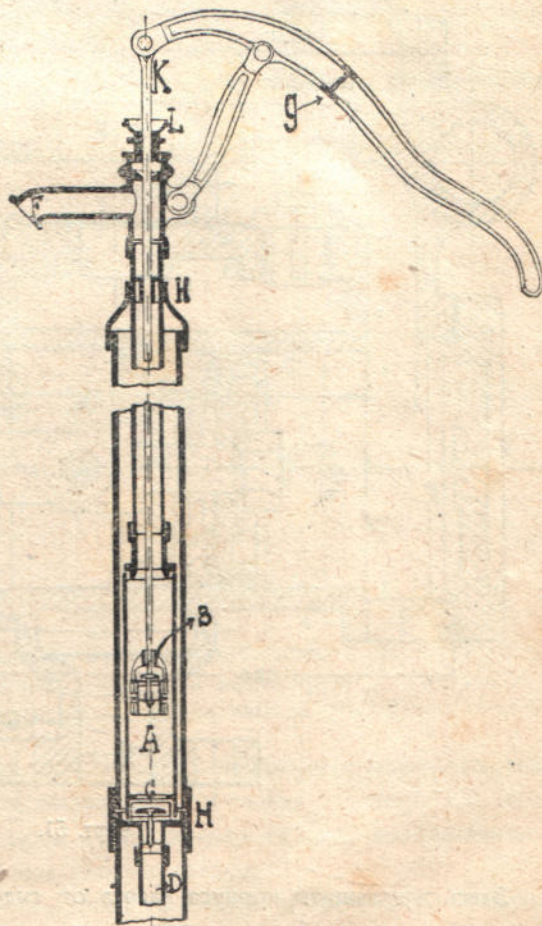
Для вертикальных насосов подобного типа можно сконструировать и насосы с нырялом (плунжером). Ходовые размеры диаметров насосных цилиндров простого действия — 62,5 мм — 75 мм — 87,5 мм — 100 мм; наибольшая производительность — 21, 35, 60 и 80 л/мин. Схема вертикальных насосов двойного действия показана выше

на черт. 4, стр. 6. Насосы подобной конструкции, получающие энергию обыкновенно от паровых двигателей, находят себе применение при подъеме больших количеств воды на небольшие высоты. Простейший тип ручного горизонтального насоса двойного действия типа московского завода „Борец“ (б. Густав Лист) показан на черт. 51. Поршень насоса перемещается посредством рукоятки, соединенной с ним кривошипом и сережкой. Ходовые размеры диаметров насосного цилиндра: 12,5; 19,75; 87,5 и 100 мм, наибольшая производительность 30, 49, 67, 98 и 130 л/мин.

Тип немецкого насоса двойного действия с ременной передачей для средних давлений показан на черт. 52. Насос горизонтально-плунжерный, получает энергию для своего движения от паровой машины через вал, снабженный маховым колесом, и шатун.

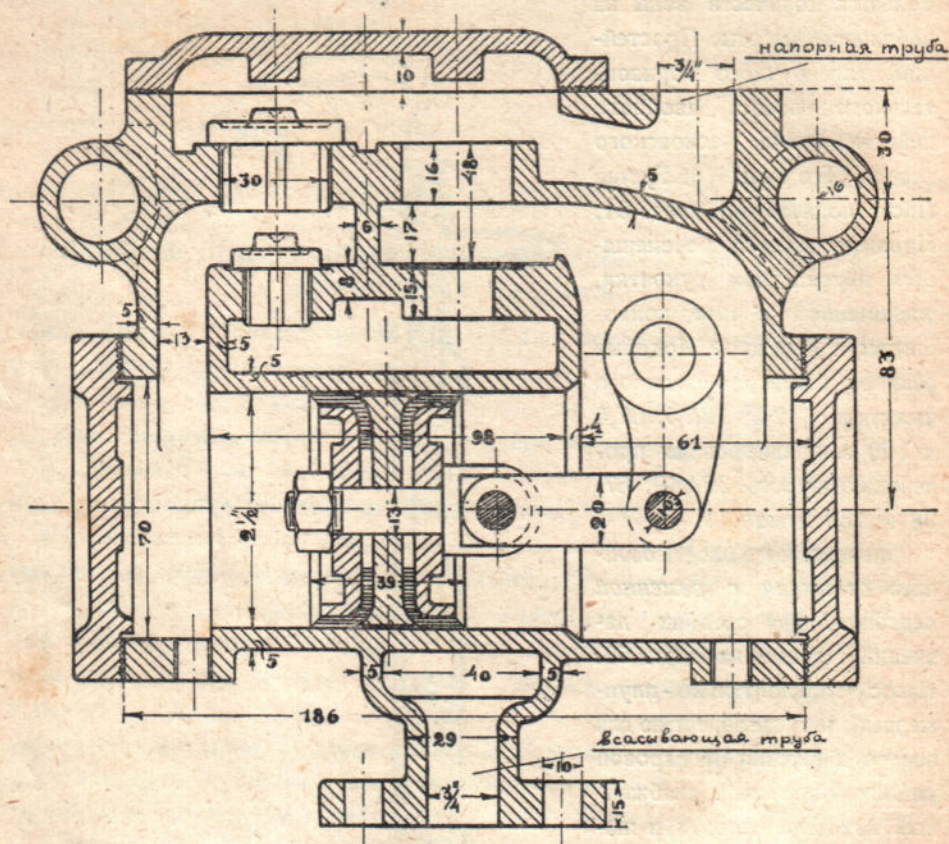
В этом типе всасывающий и нагнетательный клапаны лежат на одной прямой, что естественно ведет к сокращению гидравлических потерь в теле насоса. Кроме того, корпус насоса защищен от гидравлических ударов воздушными колпаками.

Для средних давлений (7—10 атм.) и для привода ремнем от двига-



Черт. 50.

теля или от трансмиссии московским заводом „Борец“ выработан свой тип насоса двойного действия (черт. 53).



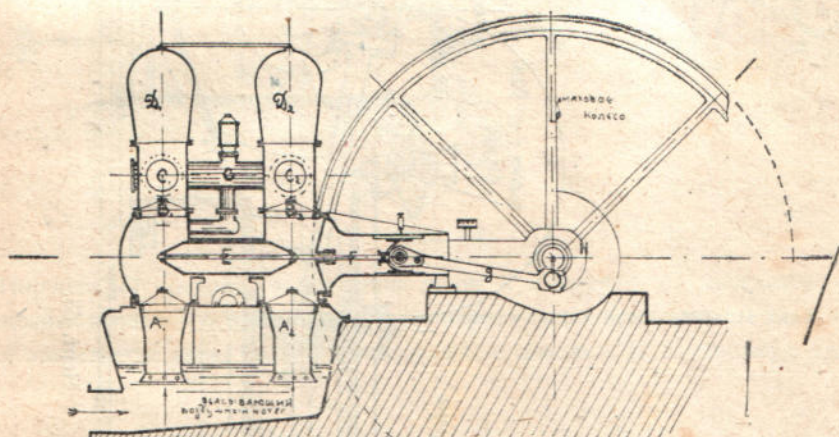
Черт. 51.

Здесь для защиты корпуса насоса от гидравлических ударов нагнетательная камера снабжена одиночным воздушным колпаком, что ставит его несколько ниже предыдущего типа. Основные размеры этих насосов: диаметры цилиндра—100, 125, 150, 175 и 200 мм, ход—250 мм, число оборотов насосного вала в минуту: 60, 60, 58, 58, 58; наибольший напор—10, 10, 8, 8, 7 атм.; производительность: 220, 340, 470, 640, 840 л/мин.

Тип парового насоса с шатунной передачей изображен на черт. 54 (а и б).

Этот тип насоса принадлежит к простейшим и самым употребительным типам насосов с рычажной передачей. Всасывающие и нагнетательные клапаны расположены в верхней части водяной коробки, что дает возможность при снятии верхней крышки *A* легкого осмотра клапанов.

Такое расположение клапанов имеется во всех новейших конструкциях паровых насосов.



Черт. 52.

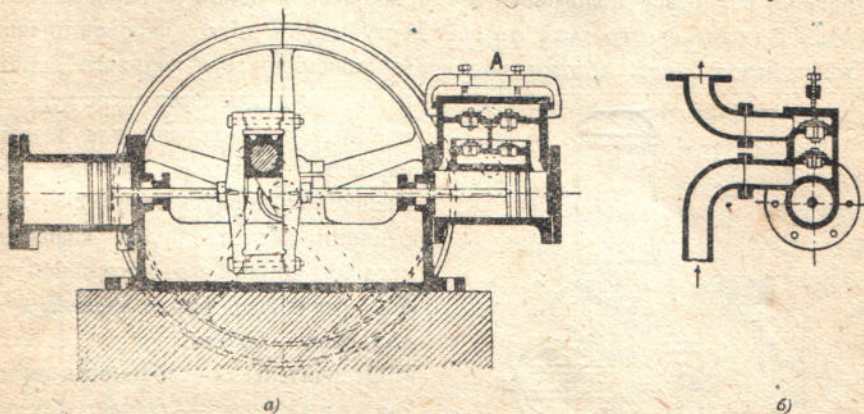
Обозначения: A_1 A_2 всасыв. клапаны; B_1 B_2 нагнет. клапаны; C_1 C_2 части общей напорной трубы; D_1 и D_2 воздушные колпаки на нагнет. трубе; E — ныряло; F — шток ныряла; G — шатун на вале H .

Из класса паровых насосов, получающих свое движение непосредственно от штока парового цилиндра, выделяются по своему значению для водопроводного дела паровые насосы сист. Вортингтон, изобретенные в 1841 г. и получившие широкое распространение.

Так, напр., насосы сист. Вортингтон были применены на насосных станциях Астрахани, Оренбурга, Хабаровска, Детского Села и др. Железные же дороги почти на всех станциях (исключая построенных за последние перед войной годы и поднимающих большие количества воды) по почину инж. Бородина также имеют насосы этой системы. Несмотря на высокий коэффициент расходования пара на 1 *HP* 40—60 кг, рас-

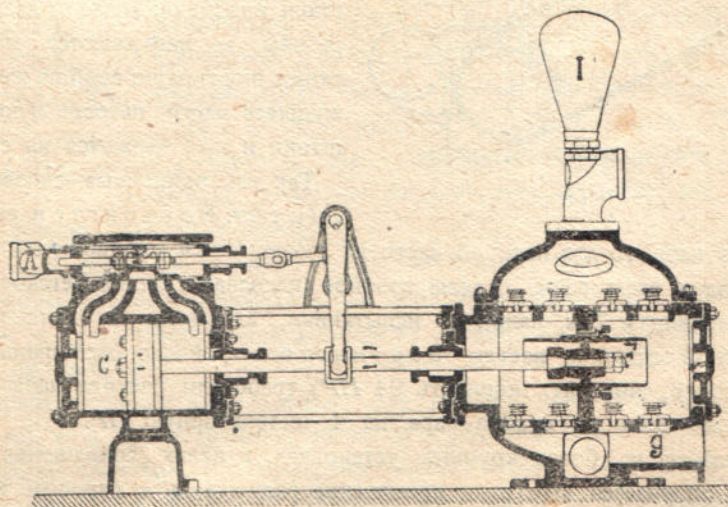
Действие этого насоса заключается в следующем:

Пар из котла по паропроводной трубе *A* поступает в золотник *B*, из коего попадает в паровой цилиндр *C* и приводит в движение поршень *D*.



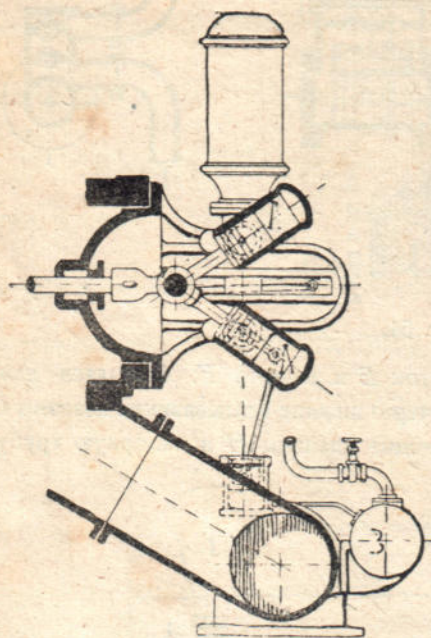
Черт. 54.

Поршень *D* приводит в движение шток *E* и ныряло *F*; благодаря движению последнего вода засасывается через нижние всасывающие клапаны *G* и нагнетается через верхние всасывающие клапаны *H* в напорную трубу,



Черт. 55.

в начале которой поставлен воздушный колпак *I*. Так как насосы Вортингтон всегда строятся сдвоенными, то в этом насосе поршни не становятся в мертвое положение: когда поршень в одном из паровых цилиндров в конце своего хода откроет доступ пара в другой паровой цилиндр, тогда насос будет работать под воздействием другого парового поршня,



Черт. 56.

и подъем воды через насос будет непрерывным. Золотник для каждого парового цилиндра снабжен 2-мя внешними паровпускными и 2-мя внутренними пароотводными клапанами, соединяющимися с пароотводной трубой, отводящей пар за пределы водоподъемного здания.

Отличительная особенность насосов Вортингтона — легкая, бесшумная работа, обеспечиваемая равномерной работой клапанов.

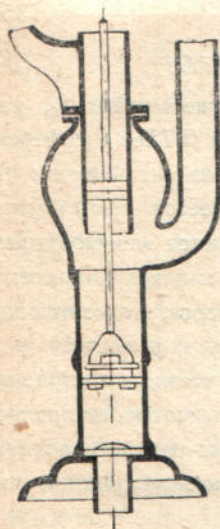
Корпус насосов сист. Вортингтон делается из чугуна, нырля из стали или меди; клапаны делаются из резины и нагружаются металлическими пружинами; вообще же все движущиеся части насосов (поршневые штоки и пр.) делаются из стали.

Так как одиночные сдвоенные насосы сист. Вортингтон расходуют

много пара, то для паровой части их устраивается двойное (два паровых цилиндра) расширение и даже тройное (насосная станция Детскосельского водопровода). Так, напр., по испытаниям, сделанным на Детскосельской насосной станции, насосы Вортингтон тройного расширения (число насосов 3, индикат. мощность 94 *HP*) требовали расхода пара всего от 7,60 до 9,11 *кг* сухого пара на 1 индикаторную *HP*.

Поэтому на более крупных установках, в целях сокращения расхода пара, получается выгодным применение расширения к паровым коробкам насосов Вортингтон. Для регулирования расхода пара в новейших конструкциях больших насосов Вортингтон применяется компенсатор

сист. Дэвис (Davies), играющий роль маховиков в паровых насосах с шатунной передачей. Устройство компенсаторов, как видно из черт. 56, состоит в следующем. Компенсатор состоит из 2 небольших качающихся цилиндров с поршнями, связанными со штоками насосных поршней. Цилиндры и их соединительные трубки наполнены водой и имеют соединение с особым колпаком, заполненным сжатым воздухом, давление которого через воду передается на поршни компенсаторов. Вследствие того, что цилиндры могут качаться на осях, сжатый под их



Черт. 57.

поршнями воздух в первую часть хода поршней представляет сопротивление движению паровых поршней, а во вторую помогает пару довести насосный поршень до конца хода. Производительность насосов Вортингтон, снабженных компенсаторами, не уступает насосам с шатунной передачей и маховиками.

Из других усовершенствований в насосе Вортингтон нужно указать на помещение всасывающих клапанов над нырялом, сконструированное известным немецким заводом „Вейзе и Монский“ и принятое варшавским заводом „Рон, Зелинский и К°“; насосы последнего завода были установлены автором на водоподъемных станциях Бологое — Полоцкой ж.-д. Некоторые усовершенствования в области парораспределения сравнительно с насосом Вортингтона сделаны в конструкциях немецкого завода „Одессе“ („Odessa“); здесь в сдвоенных насосах штанга поршня одного цилиндра передвигает задвижку для впуска пара в другой цилиндр и наоборот.

К классу поршневых паровых насосов следует еще отнести и *дифференциальные насосы*; насосы этого типа были применены на насосной станции в г. Полтаве. Схема устройства дифференциального насоса показана на черт. 57.

Дифференциальные насосы имеют два поршня: один сквозной, другой сплошной, т. е. тут устраивают плунжер и поршень или 2 плунжера неодинакового диаметра. В дифференциальных насосах всасывание происходит также, как при насосах простого действия, через всасывающий клапан при подъеме поршня; нагнетание же в напорную трубу происходит

и при обоих ходах поршня только при ходе поршня вниз поднимается известное количество воды за вычетом объема, занимаемого штангой поршня, а при ходе поршня вверх количество воды уменьшается на объем, получающийся от перемножения разности площадей обоих поршней на его ход. Соотношение диаметров большого поршня D и малого d устанавливается из следующих выражений.

По конструкции дифференциального насоса должно существовать равенство:

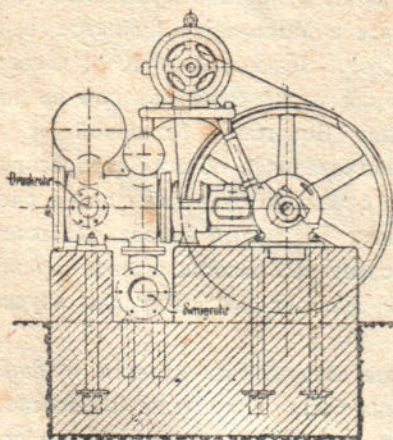
$$\frac{\pi D^2}{4} - \frac{\pi d^2}{4} = \frac{\pi d^2}{4} \quad (35);$$

$$\text{отсюда } D^2 = 2d^2; D = 1,41d \text{ или } d = 0,707D \quad (36)$$

т. е., другими словами — дифференциальный насос будет работать, как насос двойного действия с диаметром поршня $d = 0,707D$. Дифференциальные насосы имеют то преимущество перед эквивалентными им по мощности насосами двойного действия, что у них имеется всего 2 клапана вместо 4 и один всасывающий сальник; это является немаловажным преимуществом, так как клапаны всегда являются частями насоса, подвергающимися износу, осмотру и ремонту.

Последним словом техники построения поршневых насосов являются *быстроходные насосы* (Express-pumpen) появившиеся впервые на международной выставке в Париже.

Большое количество оборотов поршня (от 100 до 300 в минуту), сокращая в значительной степени размеры насосов, вызывает необходимость использования для их работы двигателей с таким же числом оборотов.



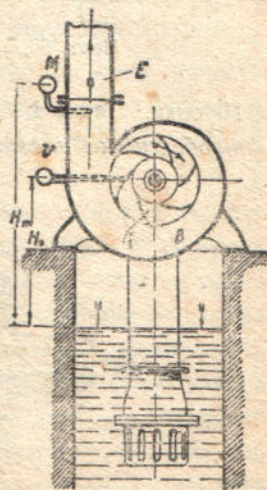
Черт. 58.

Потому чаще всего быстроходные насосы соединяются с электродвигателями. Одним из типов быстроходных насосов является насос „Всеобщей компании электричества“ („Allgemeine Electricitätsgesellschaft“), соединенный с электромотором, поставленным на стакане несколько выше насоса (черт. 58).

ГЛАВА ШЕСТАЯ.

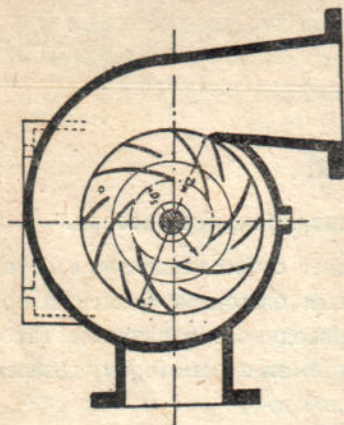
§ 1. Основные понятия о работе центробежных насосов.

Центробежный насос (черт. 59) представляет собой механизм, в котором всасывание и нагнетание воды совершается благодаря вращению помещенного в его камере *рабочего колеса*, приводимого в движение находящимся вне его двигателем (паровой турбиной, электромотором, дизелем с ременной передачей). Развиваемая при вращении рабочего колеса (1 000 — 3 000 об. колеса в минуту) *центробежная сила* нагнетает воду по каналам, образованным *лопатками*, через камеру в напорную трубу, преодолевая при этом благодаря развитию скорости *гидростатический напор*. В это же самое время, благодаря удалению воды в напорную трубу, происходит *разрежение* в центре насоса *всасывание* по трубе из колодца под действием атмосферного давления на поверхность воды; как при нагнетании, так и при всасывании вода поступает с определенной скоростью и определенным давлением в камеру, которой в целях уменьшения потери напора и образования вихрей придается спиральное очертание. В некоторых конструкциях центробежных насосов образующаяся в них значительная скорость движения трансформируется в скорость, допускаемую для движения по напорной трубе (не свыше 1,2 м) благодаря установке *конического перехода* (тапера, черт. 60). Установка тапера представляется выгодной, если насосу приходится подавать воду на незначительную высоту (не > 20 м), так как благодаря уменьшению



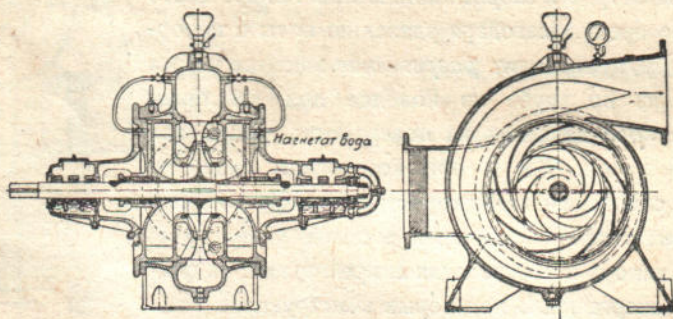
Черт. 59.

скорости уменьшаются и потери напора в теле насоса, составляющие большой процент для небольших напоров. При высоте подачи свыше 20 м в конструкцию камеры вводится *направляющий аппарат (диффузор)*, преобразующий скорость движения воды в давление. Направляющий аппарат строится с *лопатками* (черт. 61) или без *лопатонок* (черт. 62), ширина его постоянна или увеличивается внаружу, что дает постепенное уменьшение скорости перед входом в напорную трубу.



■ Черт. 60.

10 атм.¹ Такие центробежные насосы называются *многокамерными центробежными насосами* (см. гл. VII).

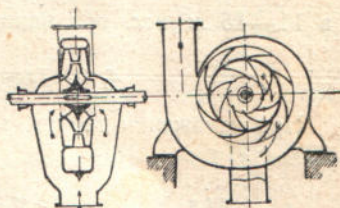


Черт. 61.

Если мы отбросим *турбулентное* движение воды в камере центробежного насоса, то мы можем рассматривать движение воды от поверхности ее в

¹ Кванц Л., Современные центробежные насосы, 2 изд., 1929.

колодце через насос до уровня воды в верхнем колодце как *установившееся*, что даст нам возможность производить расчет его размеров, используя обычные формулы Гидравлики. Благодаря такому движению воды через насос устраняется необходимость в установке при центробежных насосах воздушных котлов или колпаков, столь важных для защиты от поломок поршневых насосов. При центробежных насосах устанавливаются обратные клапаны на всасывающей и напорных трубах, чтобы помешать вытеканию воды из них во время остановки насоса. Кроме того, на напорной трубе устанавливается регулировочный вентиль или задвижка для пуска насоса в ход и вентиль для заливки всасывающей трубы из нагнетательной в случае установки на ней обратного клапана.



Черт. 62.

§ 2. Сравнение центробежных насосов с поршневыми.

Вследствие постепенного вытеснения центробежными насосами поршневых, несмотря на их более *высокий коэффициент полезного действия* (на 10—15% выше центробежных), необходимо оценить те факторы, которые вызвали это явление.

Прежде всего нужно отметить, что при подаче одного и того же количества воды с поршневыми, центробежные насосы получают *меньшие размеры* (около $\frac{1}{3}$ размеров для поршневых насосов), что влечет за собой уменьшение и упрощение фундамента под насос. Будучи же соединены с современными двигателями на одном валу и вращаясь с большим числом оборотов (электромоторы, паровые турбины), они требуют значительного *сокращения всей площади насосной станции*, сооружение которой около открытых источников водоснабжения нередко вызывает большие расходы. Далее, эквивалентные поршневым насосам типы центробежных насосов обходятся на 60—70% дешевле.

Наконец, отсутствие клапанов (всасывающих и нагнетательных) также создает благоприятные условия для *эксплуатации центробежных насосов*.

Кроме того, центробежные насосы позволяют весьма легко (путем поворота задвижки) *регулировать количество подаваемой воды и высоту подъема воды*. К недостаткам же их нужно отнести затруднения при кон-

внутренней окружности и ω_1 — относительная скорость входа воды, с которой она вступает на движущееся колесо; c_2 — абсолютная скорость, с которой вода вытекает с рабочего колеса в корпус насоса; u_2 — относительная скорость по внешней окружности; ω_2 — относительная скорость выхода воды с рабочего колеса; Q — количество поднимаемой воды в m^3 ; m — масса; ω — угловая скорость, A — атмосферное давление, h_1 — давление воды при входе в лопатки рабочего колеса; h_2 — давление воды при выходе с лопаток рабочего колеса; Δ — вес куб. ед. воды в кг.

Для построения теории работы центробежных насосов мы будем пользоваться известной в Гидравлике теоремой Бернулли, вводя в нее выражение для центробежной силы, развивающейся благодаря вращению рабочего колеса и вызывающей благодаря разрежению подъем воды из колодца насосом в уравнительный резервуар.

Для определения величины h_1 напишем уравнение:

$$h_1 = A - h_s - \frac{c_0^2}{2g} \quad (37);$$

принимая, что c_0 фактически мало разнится от c_1 , получим новое уравнение

$$h_1 = A - h_s - \frac{c_1^2}{2g} \quad (37')$$

или
$$h_1 + \frac{c_1^2}{2g} = A - h_s \quad (37'')$$

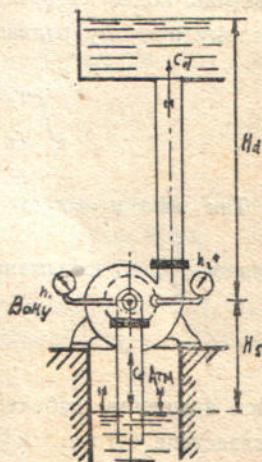
Также для h_2 пишем, что

$$h_2 = h_d + A - \frac{c_0^2}{2g} \quad (38)$$

или
$$h_2 + \frac{c_0^2}{2g} = h_d + A \quad (38')$$

Вычитая из выражения (38') выражение (37''), получаем:

$$h_2 - h_1 + \frac{c_2^2 - c_1^2}{2g} = h_d + h_s = H \quad (39).$$



Черт. 636.

Общее выражение для центробежной силы c по определению Теоретической механики $c = mr\omega^2$; для вычисления работы бесконечно малой частицы воды, которая производится при движении воды по бесконечно малому прямому радиальному пути, берем интеграл с пределами r_2 и r_1 :

$$\int_{r_1}^{r_2} mr\omega^2 dr = \frac{m}{2} (r_2^2 \omega^2 - r_1^2 \omega^2) \quad (40).$$

Так как $u_1 = r_1 \omega$ и $u_2 = r_2 \omega$, а m для единицы веса 1 кг воды равно $\frac{1}{g}$, то выражение (40) превратится в

$$\frac{u_2^2 - u_1^2}{2g} \quad (41)$$

При вращении рабочего колеса насоса появляется центробежная сила, вследствие чего мы можем написать, что

$$h_2 + \frac{\omega_2^2}{2g} = h_1 + \frac{\omega_1^2}{2g} + \frac{u_2^2 - u_1^2}{2g} \quad (42)$$

отсюда
$$h_2 - h_1 = \frac{\omega_1^2 - \omega_2^2}{2g} + \frac{u_2^2 - u_1^2}{2g} \quad (43)$$

Вставляя эти выражения в уравнение (39), получаем, что

$$H = \frac{c_2^2 - c_1^2}{2g} + \frac{u_2^2 - u_1^2}{2g} + \frac{\omega_1^2 - \omega_2^2}{2g} \quad (44)$$



Черт. 64.

Зная из параллелограмма сложения скоростей входа и выхода воды (черт. 64 а и б), что

$$\omega_1^2 = c_1^2 + u_1^2 - 2c_1 u_1 \cos \alpha_1$$

и

$$\omega_2^2 = c_2^2 + u_2^2 - 2c_2 u_2 \cos \alpha_2$$

подставляем эти выражения в уравнение (44) и получаем:

$$H = \frac{c_2 u_2 \operatorname{cs} \alpha_2 - c_1 u_1 \operatorname{cs} \alpha_1}{g} \quad (45);$$

в большинстве случаев $\alpha_1 = 90^\circ$, тогда $\operatorname{cs} \alpha_1 = 0$, и выражение (45) пре-

вращается в
$$H = \frac{c_2 u_2 \operatorname{cs} \alpha_2}{g} \quad (46).$$

Но это выражение не дает нам представлений о потерях напора, происходящих при движении через рабочее колесо насоса (трение воды о лопатки и стенки кожуха, внутреннее трение при преобразовании скорости в давление в направляющих каналах и вихреобразование); поэтому, оценивая эти потери в насосе гидравлическим коэффициентом полезного действия η_1 , получим вместо выражения (46)

$$H = \eta_1 \frac{c_2 u_2 \operatorname{cs} \alpha_2}{g} \quad (47)$$

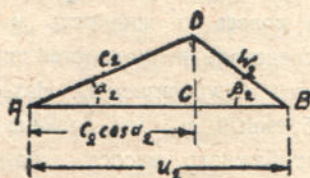
Тут мы считаем нужным заметить, что для многоступенчатых центробежных насосов необходимо под H разуметь напоры для одной ступени.

Для η_1 берутся следующие величины:

$\eta_1 = 0,5 - 0,65$ для насосов без направляющего аппарата;

$\eta_1 = 0,6 - 0,75$ для насосов с направляющим аппаратом (рефулером);

$\eta_1 = 0,7 - 0,85$ для насосов высокого давления.



Черт. 65.

Для величин u_2 и c_2 можно дать графически значения путем построения треугольника скоростей (черт. 65). Из этого же чертежа мы получаем:

$$\frac{u_2}{c_2} = \frac{\operatorname{sn} [180 - (\alpha_2 + \beta_2)]}{\operatorname{sn} \beta_2} = \frac{\operatorname{sn} (\alpha_2 + \beta_2)}{\operatorname{sn} \beta_2} = \frac{\operatorname{sn} \alpha_2 \operatorname{cs} \beta_2 + \operatorname{cs} \alpha_2 \operatorname{sn} \beta_2}{\operatorname{sn} \beta_2} \quad (48)$$

Сопоставляя уравнение (48) с уравнением (47), мы получаем, что

$$u_2 = \sqrt{1 + \operatorname{tg} \alpha_2 \operatorname{ctg} \beta_2} \sqrt{\frac{gH}{\eta}} = m \sqrt{2gH} \quad (49)$$

$$\text{и} \quad c_2 = \sqrt{\frac{\operatorname{sn} \beta_2}{\operatorname{sn}(\beta_2 + \alpha_2) \operatorname{cs} \alpha_2}} \cdot \sqrt{\frac{gH}{\eta}} = k \sqrt{2gH} \quad (50).$$

Из выражений (49) и (50) можно легко видеть, что u_2 и c_2 являются функциями квадратного корня из напора H , величины углов α_2 и β_2 и гидравлического коэффициента полезного действия; коэффициент же η_1 в действительности зависит весьма слабо от размеров насоса. Поэтому можно практически принять, что скорости u_2 и c_2 не будут изменяться при одном и том же напоре для подобных между собой рабочих колес. Не останавливаясь на изучении влияния угла выхода воды с лопатки насоса β_2 , зависящего от их очертания, мы считаем нужным указать, что величина угла β_2 колеблется в широких пределах от 10° до 135° ; что же касается величины угла α_2 , то она колеблется от 5° до 20° , чаще 8° — 12° . Далее мы подчеркиваем, что в современных конструкциях насосов среднего и высокого давления чаще всего встречаются лопатки слабо отогнутые назад; лопатки же загнутые вперед в новейших типах центробежных насосов почти не применяются.¹

Заканчивая изложение краткой теории о работе центробежных насосов, мы считаем нужным указать, что в корпусе центробежного насоса происходят еще и механические потери, происходящие от трения в сальниках, трения рабочего колеса о жидкость и др. и, наконец, потери напора, происходящие вследствие неплотностей при проходе воды через рабочее колесо (*объемный коэффициент*). Называя коэффициент механических потерь η_2 и объемный η_3 , мы должны в выражение для определения мощности центробежного насоса ввести сводный коэффициент $\eta = \eta_1 \eta_2 \eta_3$.

Так как механические потери могут уменьшать η_1 на 5—10%, а η_3 при введении уплотняющих колец может приниматься равным 0,9—0,98, то практически для величины η можно держаться почти тех же значений,

¹ Подр. см. Есьман, проф., Центробежные насосы, 1927,

Матиссен, проф. и Фукслóхер, инж., Насосы, 1927 и т. д.

что и для η_1 , т. е. для насосов без направляющего аппарата $\eta = 0,5-0,6$, для насосов с направляющим аппаратом $\eta = 0,6-0,7$ и для новейших насосов высокого давления $\eta = 0,7-0,8$.

Инженеру при практическом разрешении вопроса о выборе типа центробежного насоса нужно определить, какая ему при заданных условиях работы потребуется мощность насоса. Ему известно $H = h_s + h_d$, он должен определить потери напора во всасывающей трубе h_{ws} и напорной трубе h_{wd} в зависимости от величины l_s и l_d и протекающего по ним расхода воды (см. главу II, где такие подсчеты были проведены); тогда получается

$$H_{man} = h_s + h_d + h_{ws} + h_{wd}.$$

Отсюда получим, что индикаторная мощность насоса

$$N_i = \frac{\Delta Q H_{man}}{75 \eta} \text{ л. с. (51)} \quad \text{и} \quad N_i = \frac{N_{ef}}{\eta} \quad (52)$$

Зная мощность N_i и манометрический напор H_{man} , мы можем установить число оборотов в минуту.

Для практических целей при подборе насосов можно пользоваться таблицами заводов. Приводим 2 таблицы (IX и X, стр. 82—85) Московского завода „Борец“ (б. „Густав Лист“).

Необходимые для работы центробежных насосов электромоторы следует выбирать с известным запасом мощности, устанавливаемым соответственно условиям их работы. Для мощности насосов до $2HP$ запас мощности электромотора¹ берется в 100%, до $5HP$ — 50% и более.

Для освещения вопроса о типах электромоторов трехфазного тока приводим ниже таблицу XI (стр. 86) электромоторов трехфазного тока Харьковского электромеханического завода ГЭТ'а.

В целях сравнения Московских центробежных насосов с немецкими приводим в нижеследующей таблице XII (стр. 88—89) данные о работе небольших центробежных насосов новейшего типа немецкого завода Клейн, Шанцлин и Беккер (Klein, Schanzlin und Becker).

При соединении центробежных насосов с электромоторами мощность последних должна быть по данным завода Клейн, Шанцлин и Беккер на 20—25% выше мощности насосов (черт. 66), стр. 83.

¹ К в а н ц, Современные центробежные насосы, 2 изд., 1929.

ТАБЛИЦА IX.

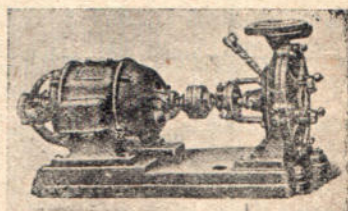
Центробежные турбинные колесные насосы низкого и среднего давления, снабженные шкивом для ременной передачи

Маномет. напор Н.		Диаметр всасывающего и нагнетательного отверстий в мм														
		40			50			60			75			100		
16	Производительность насоса в л/сек Q	1,5	2,0	2,7	3,7	—	5,2	6,2	—	8,2	9,8	—	14,3	—	—	
	Число оборотов насоса в минуту n	1520	1590	1340	1500	—	1270	1390	—	1000	1050	—	930	—	—	
	Мощн. на валу в HP N _i	0,85	1,05	1,45	2,0	—	2,4	2,7	—	3,5	4,5	—	5,1	—	—	
24	Q	1,5	2,0	2,7	3,7	4,7	5,2	6,2	7,2	8,2	9,8	—	14,3	7,5	—	
	n	1800	1850	1560	1700	1870	1450	1540	1650	1160	1200	—	1020	1110	—	
	N _i	1,25	1,55	2,1	2,8	3,5	3,5	4,0	4,5	5,0	6,2	—	8,0	9,2	—	
32	Q	1,5	2,00	2,7	3,7	4,7	5,2	6,2	7,2	8,2	9,8	11,2	14,3	17,5	18,2	
	n	2060	2100	1750	1900	2020	1620	1600	1780	1300	1330	1350	1110	1190	1240	
	N _i	1,6	2,0	2,5	3,5	4,5	4,0	4,75	5,7	6,7	8,0	9,0	10,6	12,7	14,5	
40	Q	1,5	2,0	2,7	3,7	4,7	5,2	6,2	7,2	8,2	9,8	11,2	14,3	17,5	18,2	
	n	2300	2320	1950	2050	2080	1740	1825	1910	1440	1470	1500	1200	1260	1375	
	N _i	1,95	2,4	3,2	4,3	5,5	4,8	5,8	7,0	8,3	10,0	11,3	13,0	16,8	17,5	
48	Q	1,5	2,0	2,7	3,7	4,7	5,2	6,2	7,2	8,2	9,8	11,3	14,3	17,5	18,2	
	n	2520	2530	2050	2200	2320	1890	1900	2041	1560	1580	1610	1280	1435	1430	
	N _i	2,35	3,0	3,8	5,0	6,5	6,0	7,0	8,0	10,0	11,0	13,3	15,5	18,6	21,0	
50	Q	1,5	2,00	2,7	3,7	4,7	5,2	6,2	7,2	8,2	9,8	11,2	14,3	17,5	18,2	
	n	2720	2730	2300	2350	2460	2010	2090	2160	1670	1690	1710	1365	1430	1470	
	N _i	2,8	3,3	4,5	6,0	8,0	7,0	8,0	9,0	12,0	13,0	15,0	17,8	21,1	24,0	
64	Q	1,5	2,0	2,7	3,7	4,7	5,12	6,2	7,2	8,2	9,8	11,2	14,3	17,5	18,2	
	n	2880	2900	2450	2480	2580	2140	2200	2270	1780	1800	1830	1440	1490	1580	
	N _i	3,15	3,8	5,0	7,0	9,0	8,0	9,00	11,5	14,0	15,0	17,0	21,0	25,0	27,5	

Размер шкифа и площадь	Диаметр всасывающего и нагнетательного отверстий в мм				
	40	50	60	75	100
Диаметр шкива в мм	75	100	125	150	200
Ширина шкива в мм	60	75	85	110	150
Занимаемая площадь в мм ²	600×400	710×450	800×550	1100×550	1250×600

§ 4. Характеристика работы центробежных насосов.

Центробежные насосы работают *нормально* только в том случае, если во время их работы остаются неизменными те основные величины (напор, количество подаваемой воды и число оборотов), на которые насос рассчитан и при сохранении которых насос обладает наибольшим *коэффициентом полезного действия*. Такие случаи имеют место, когда насосам приходится *равномерно подавать воду на очистные сооружения* (насосы I подъема), или когда насосы подают чистую или очищенную воду в *уравнительный резервуар* или *водонапорную башню*, через которые происходит питание городской сети (насосы II подъема). Такое положение имеем место в небольших и частью в средних городах, но когда мы имеем дело с крупными центрами (Ленинград, Одесса), где накачивание воды производится непосредственно в городскую разводящую сеть, то здесь насосам приходится работать в разные часы дня *на переменный расход* и *на переменный напор*.



Черт. 66.

На больших станциях, как мы увидим ниже, это отчасти уравнивается *увеличением* на станциях *числа агрегатов*, которые пускаются в ход *сообразно расходу*. Но этот прием дает относительное решение для регуляр-

ТАБЛИЦА X

Центробежные турбинные насосы высокого давления, снабженные упругой муфтой для непосредственного соединения с электромотором трехфазного тока на общей чугунной плите (числа насосов подобраны применительно к числу оборотов электромотора трехфазного тока).

Диаметр всасыв. и нагнет. отверст. в мм <i>D</i>	Число оборотов в минуту <i>n</i>	Число колес <i>K</i>	Производит насоса в сек <i>Q</i>	Манометрический напор в м <i>H</i>	Мощность насоса на валу в РН <i>N_i</i>	Площадь, занимаемая насосом без моторов в мм <i>Ω</i>
40	2000	1	2	16	1,1	500 × 300
		2	2	32	2,1	550 × 350
		3	2	48	3,1	600 × 400
		4	2	64	4,0	650 × 450
		5	2	80	5,5	700 × 500
		6	2	96	6,5	750 × 550
50	2900	1	4	22	2,6	610 × 370
		2	4	44	5,0	670 × 430
		3	4	66	7,5	730 × 490
		4	4	88	9,5	790 × 550
		5	4	110	12,0	850 × 670
60	2880	1	6	30	4,8	670 × 400
		2	6	60	9,5	740 × 465
		3	6	90	14,0	810 × 530
		4	6	120	18,0	890 × 595
75	1450	1	8	10	2,0	840 × 460
		2	8	20	3,8	730 × 550
		3	8	30	5,8	1020 × 640
		4	8	40	7,5	1110 × 730
		5	8	50	9,0	1200 × 820
		6	8	60	10,5	1290 × 910
75	2850	1	11	41	11	840 × 460
		2	11	82	21	930 × 550
		3	11	123	30	1020 × 640

Диаметр всасыв. и нагнет. отверст. в мм Q	Число оборотов в минуту n	Число колес K	Производит. насоса в сек Q	Манометрический напор в м H	Мощность насоса на валу в HP N_i	Пл. шаль занимаемая насосом с 3 моторов в мм Ω
100	1450	1	18	15	6,0	940 × 500
		2	18	30	12,0	1050 × 600
		3	18	45	17,0	1150 × 700
		4	18	60	23,5	1250 × 800
		5	18	75	29,0	1350 × 900
		6	18	90	35,0	1450 × 1000
125	1470	1	25	22	12,0	1060 × 550
		2	25	44	23,0	1180 × 670
		3	25	66	35,0	1300 × 790
		4	25	88	45,0	1420 × 910
		5	25	110	56,0	1540 × 1030
150	1470	1	41	30	25	1220 × 610
		2	41	60	50	1350 × 740
		3	41	90	74	1480 × 870
		4	41	120	97	1610 × 1000
175	1470	1	60	42	51	1360 × 670
		2	60	84	100	1520 × 830
		3	60	126	147	1680 × 900
200	980	1	82	26	42	1400 × 730
		2	82	52	83	1540 × 1090
		3	82	78	120	1760 × 1090
		4	82	104	161	1940 × 1270
		5	82	130	175	2120 × 1450
250	980	1	118	34	77	1640 × 920
		2	118	68	153	1800 × 1120
		3	118	102	220	2000 × 1320
		4	118	136	298	2200 × 1520
300	980	1	154	46	140	1800 × 1020
		2	154	92	275	2030 × 1250
		3	154	138	405	2260 × 1480
350	980	1	205	50	201	2000 × 1150
		2	205	100	396	2300 × 1350
		3	205	150	585	2600 × 1650

ТАБЛИЦА XI.

Мощность		Число оборотов в минуту	Нормальный шкв		Занимаемая мотором площадь в м.кв.
в кв/час	HP		Диаметр в мм	Ширина в мм	
5,5	7,5	1450	186	120	1000 × 900
		965	245	120	
		720	335	120	
7,4	10	1450	215	120	1000 × 930
		965	260	150	
		720	350	120	
11	15	1450	215	150	1000 × 1020
		965	320	150	
		720	385	120	
14,7	20	1450	245	150	1000 × 1040
		965	320	160	
		720	400	120	
22	30	1450	275	190	1100 × 1100
		965	400	200	
		720	420	190	
29,4	40	1460	305	210	1200 × 1150
		975	460	210	
		725	460	210	
35,8	50	1460	335	220	1250 × 1200
		975	480	230	
		725	480	230	
44,2	60	1460	335	230	1250 × 1250
		975	500	200	
		725	500	270	
55,2	75	1460	335	280	1400 × 1400
		975	560	200	
		730	560	300	
		580	600	400	
74	100	1460	335	280	1500 × 1450
		975	560	260	
		730	660	290	
		580	800	400	

ной работы насосов, вследствие чего на практике насосы начинают подавать воду при ненормальном режиме, т. е. при том режиме, который а priori ведет к изменению и нередко в значительном понижению коэффициента полезного действия.

Рассмотрим теперь условия работы насосов при изменении числа оборотов с n на n_1 . Тогда будет меняться величина u_2 пропорционально числу оборотов n_1 и вместе с ней и количество воды Q_1 . Т. е., другими словами

$$\frac{Q_1}{Q} = \frac{n_1}{n} \quad (53)$$

или
$$Q_1 = \frac{n_1}{n} Q \quad (53')$$

Что же касается напоров, то они будут изменяться пропорционально квадратам изменений числа оборотов, так как каждая из скоростей u_2 и c_2 , входящих в выражение [47], будет изменяться пропорционально числу оборотов.

Таким образом,

$$\frac{H_1}{H} = \frac{n_1^2}{n^2} \quad (54)$$

или
$$H_1 = \frac{n_1^2}{n^2} H \quad (54')$$

Мощности насосов будут изменяться пропорционально Q и H :

$$\frac{H_1^*}{H} = \frac{Q_1 H_1}{QH} = \frac{n_1^3}{n^3}, \quad (55)$$

т. е. мощности центробежного насоса меняются пропорционально кубу оборотов рабочего колеса.

Эти теоретические выводы не совсем точны, так как при изменении гидравлических коэффициентов полезного действия не изменяются строго пропорционально им механические потери в корпусе насоса.

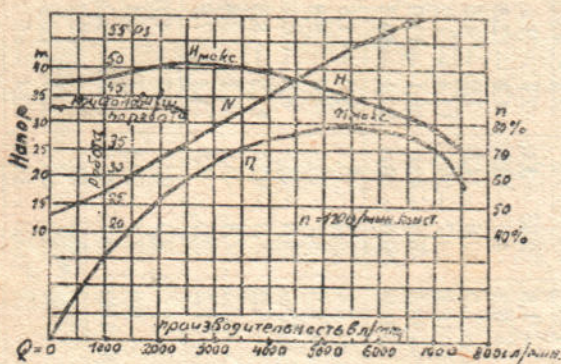
На основании вышеизложенного нам важно установить работу насоса при постоянном числе оборотов, но при переменном напоре, обусловливаемом или прикрытием задвижки на напорной трубе, или его изменениями в течение дня вследствие переменного разбора воды в городской сети. Эта работа устанавливается опытным путем построением особых характе-

ТАБЛИЦА XII.
Центробежные насосы низкого давления (высота подъема до 25 м/тип NB).

Диаметр патрубков в мм	Размеры шкивов в мм		Производительность в м ³ /час		Число оборотов в мин.	Мощность насосов на валу в НР		Мин. метр. высота подъема в м	Максим.
	диам.	ширина	миним.	максим.		миним.	максим.		
80	150	75	12—20	20—35	960	0,13—0,15	0,4—0,41	1,4—1	3,0—1,8
			18—30	25—55	1450	0,055—,65	1,3—1,4	4,0—3,0	7,4—4,0
			25—40	30—70	1800	1,13—1,40	2,4—2,7	3,2—4,6	11,7—6,0
			25—40	30—75	2000	1,5—1,75	3,2—3,8	7,9—6,0	14,7—8,2
			30—50	35—80	2400	2,5—3,0	5,8—7,0	11,1—8,3	23,3—15,2
			35—65	45—80	2850	4,25—5,40	7,8—11,6	16,0—11,0	24,0—5,0
100	200	120	20—32	30—55	960	0,26—0,25	0,67—0,66	1,9—1,0	3,7—1,8
			22—45	35—80	1450	0,82—1,00	2,2—2,5	5,2—3,2	4,3—4,9
			28—60	45—100	1800	1,6—1,84	4,3—4,8	8,1—4,3	14,6—7,7
			30—70	50—110	2000	2,15—2,34	5,8—6,8	10,3—4,6	18,1—9,8
			35—85	60—125	2400	3,7—5,3	6,8—12,5	15,1—9,6	25,0—16,3
			45—85	70—125	2850	6,85—8,60	11,0—14,4	21,4—15,3	25,0—18,4
125	200	120	30—35	30—60	720	0,25—0,27	0,47—0,58	1,3—1,2	2,4—1,7
			30—50	40—80	960	0,42—0,4	1,10—1,37	2,2—1,2	4,4—3,1
			40—70	60—130	1450	1,5—1,57	3,7—4,65	5,5—3,7	10,0—6,1
			50—90	70—160	1800	3,0—3,30	6,9—9,0	9,0—5,7	15,5—9,6
			50—100	80—180	2000	4,0—4,40	9,75—12,8	11,3—7,0	19,0—11,6
			60—120	90—180	2400	7,3—8,25	15,0—22,8	16,5—10,6	25—22,5

150	250	150	50—60 50—80 80—115 90—145 90—160 115—205	50—100 60—140 100—200 120—250 140—250 160—250	720 960 1450 1800 2000 2400	0,38—0,4 0,85—0,87 3,0—3,10 5,6—6,00 7,6—8,3 13,5—13,6	0,85—0,98 1,9—2,10 6,6—7,9 12,6—15,7 18,2—21,8 24,3—33,5	1,3—1,0 2,8—1,7 6,4—4,5 10,1—6,6 12,7—8,4 18,2—10,0	2,8—1,6 5,1—2,8 11,3—6,9 17,6—10,5 21,9—16,0 2,5—23,5
175	250	150	80—100 80—140 100—180 120—240 140—260 160—300	80—140 90—180 140—260 160—350 180—350 200—350	720 960 1450 1800 2000 2200	0,72—0,93 1,6—2,00 5,1—6,0 9,4—11,0 14,0—15,8 19,3—19,5	1,62—1,93 3,5—4,45 12,0—14,8 22,2—30,0 27,8—39,5 31,0—46,0	1,6—1,5 3,6—2,4 8,5—5,6 13,1—7,5 16,2—9,8 19,5—10,0	3,5—2,2 6,5—4,2 14,7—10,3 22,9—14 25,0—22,2 15,0—23,3
200	300	200	110—160 100—200 120—250 160—310 180—370 200—400	120—200 120—230 160—320 200—410 230—450 260—450	580 720 960 1200 1450 1600	1,5—1,8 2,5—3,3 5,6—7,0 11,5—13,8 19,5—25,5 27,0—34,0	2,85—3,45 4,5—6,10 10,6—14,5 20,7—29,2 35,5—49,0 59,0—60,0	2,7—1,9 4,4—2,8 7,9—4,5 12,4—7,2 18,1—11,0 22,1—14,0	4,2—2,8 6,4—4,9 11,3—8,2 12,6—12,3 25,0—20,7 25,0—24,0
250	400	250	150—350 200—450 250—600 350—750 450—800 450—800	150—350 200—450 250—600 350—750 450—800 450—800	580 720 960 1200 1450 1600	2,4—3,4 4,95—6,8 10,7—19,3 23,0—34,2 43,75—57,5 51,3—75,3	3,35—5,7 6,7—10,9 15,0—25,9 31,0—42,5 57,4—73,0 59,5—95,0	3,0—1,8 4,6—2,8 8,0—6,10 12,2—8,5 18,1—13,6 21,4—17,8	4,2—3,2 6,4—4,7 11,5—8,5 16,5—10,7 24,1—17,5 25,0—22,8
300	500	250	250—350 300—400 350—550 450—600 500—600 600—1200	400—600 450—700 600—1000 700—1200 700—1200 900—1200	580 720 960 1100 12000 1450	4,3—9,65 7,7—9,8 15,75—19,6 27,3—32,2 35,7—39,9 57,4—98,0	9,8—9,65 17,7—20,4 40,25—45,0 63,0—64,0 76,0—89,0 118,0—140,0	4,3—4,75 7,7—8,4 15,75—19,0 27,3—32,2 35,7—39,9 59,4—98,0	9,8—9,65 12,7—20,4 40,25—45,0 63,0—69,0 76,0—89,0 118,0—140,0

ристик центробежного насоса, при различных напорах, что достигается маневрированием с задвижкой на напорной трубе. На черт. 67 показана диаграмма (характеристика) одноколесного центробежного насоса немецкого завода Хильперта (Arag Hilpert, Nürnberg), где на оси



Черт. 67.

обсисс отложены Q в л/мин. а по оси ординат напоры H , мощности N и вычисленные коэффициенты полезного действия η .

При закрытой задвижке рабочее колесо при полном числе оборотов 1200 вращается в неподвижной воде; тогда, разумеется, производительность насоса Q равна 0, хотя манометрический напор достигает 37 м.

При постепенном открытии задвижки кривая H поднимается и достигает своего максимума в 41 м, переходя из турбулентного движения воды в установившееся. Потому, левую часть кривой H от начальной точки до максимального значения называют „турбулентной зоной“. Максимальное значение для коэффициента полезного действия η не совпадает с $\max H$ и достигает для испытуемого насоса $\eta_{\max} 0,78$ при $Q = 550$ л/мин. и $H = 35$ м.

При дальнейшем открытии задвижки H и η падают, хотя Q и N продолжают расти. Для построения характеристик центробежных насосов на заводах производят специальные испытания перед их установкой на насосной станции с целью получения опытным путем всех необходимых величин. Так, 1) производительность насоса — Q л/мин — проверяется путем накачивания воды в мерный резервуар или пропуском ее через водослив с мерной линейкой¹ или через измерительный прибор водомер Вентури, „Lea Recorder“²; 2) манометрический напор H — установ-

¹ Иванов, В. Ф. проф., Очистка городских сточных вод, 2-е изд., 1929.

² Там же.

ливается путем чтения и суммирования показаний вакуумметра и манометра, устанавливаемого на напорной трубе перед задвижкой; 3) работа насосов N — определяется динамометром или по вольтметру и амперметру при передаче движения от электромотора с учетом его коэффициента полезного действия; 4) число оборотов насоса определяется специальным счетчиком любого типа¹; 5) коэффициент полезного действия η устанавливается теоретически путем вычислений по формуле (56)

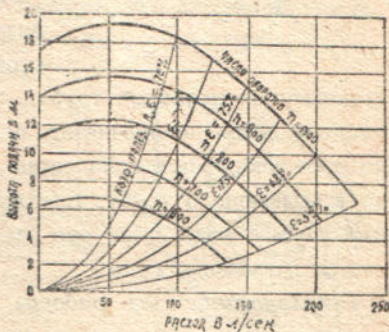
$$\eta = \frac{\Delta Q H_{man}}{60.75 N} \quad (56)$$

Большой коэффициент полезного действия центробежных насосов получается в американских типах центробежных насосов фирмы Ворthingтон в Нью-Йорке (Worthington Pump and Machinery Corporation).

Так, напр., при испытании одноступенчатых центробежных насосов этой фирмы с производительностью 4 250 м³/час в канадском гор. Монреале (Montreal), приводимых в движение электромотором, коэффициент полезного действия получился около 0,83 при H , равном 73,12 м., при испытании же одноступенчатого центробежного насоса с той же производительностью, но приводимого в движение паровой турбиной, коэффициент полезного действия был несколько выше 0,86 при H , равном 54 м.

Наше предыдущее изложение ясно показывает, что при практической установке насоса на водоподъемной станции необходимо учитывать характер работы центробежного насоса, которая является переменной, как при изменении числа оборотов, так и напора, обусловливаемого этими изменениями.

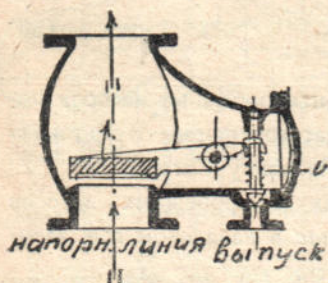
Если же работа центробежного насоса будет меняться из-за изменения числа его оборотов, а коэффициент полезного действия η будет оставаться неизменным, то можно построить новую диаграмму (черт. 68), где абсциссами будут Q , а ординатами H ; тогда точки, соответствующие



Черт. 68.

¹ К ван ц, Современные центробежные насосы, 1929.

одинаковому коэффициенту полезного действия η_1 , будут лежать на параболах, выходящих из центра координат, согласно уравнения, $H = \lambda Q^2$. Тут нужно обратить внимание на то, что всякое изменение H влечет за собой увеличение Q и N , а это может, в свою очередь, вызвать перегрузку двигателя, что и учитывается, обыкновенно, увеличением его мощности на 20 — 25%, как можно видеть из таблиц IX — XI.



Черт. 69.

Регулирование работы центробежного насоса производится двумя способами: *маневрированием задвижкой на напорной трубе*, или же *изменением числа оборотов*.

Первый способ регулирования не всегда удастся на практике, если начальный напор в насосе меньше того напора, который имеется в напорной трубе при $Q = 0$. В таких случаях представляется целесообразным устанавливать на напорной линии под задвижкой особый клапан (черт. 69). Когда закрывают задвижку на напорной трубе, клапан садится на свое седло и одновременно с этим поворачивает пружину и открывает отверстие ω , через которое небольшое количество воды стекает по соединительной трубке во всасывающую трубу. Благодаря этому клапану сохраняется постоянная циркуляция воды даже при закрытой задвижке, вследствие чего устраняется нагревание воды.

Регулирование же работы насоса путем изменения числа оборотов производится сообразно роду использованного для них двигателя. Так, при электромоторе постоянного тока возможно изменение числа их оборотов от руки, при паровых же турбинах вводятся специальные автоматические регуляторы давления.

ГЛАВА VII.

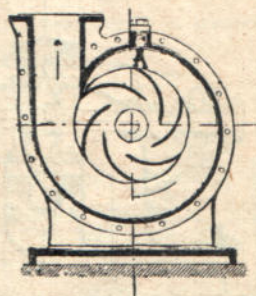
ТИПЫ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ НАСОСОВ.

Центробежные насосы, как мы уже упоминали выше в главе I, делятся, по величине обслуживаемого ими напора, на три группы: *насосы низкого, среднего и высокого давления* а по числу камер или ступеней на *одноступенчатые (однокамерные)* и *многоступенчатые (многокамерные)*.

К первой группе принадлежит старинный *центробежный шестилопастный насос сист. Грове (Grove)*, лопасти которого прикреплены с боку особого диска, насаженного на ось насоса (черт. 70).

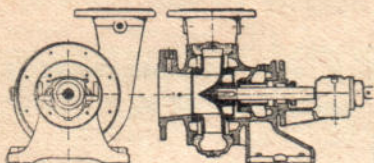
Такая конструкция упрощает устройство и эксплуатацию насоса, так как позволяет легко снимать для ремонта поврежденные лопасти. Спиралеобразный кожух насоса препятствует вытеканию воды из напорной трубы и образованию вихревых движений в теле насоса. В верхней части заложена пробка для наполнения и опорожнения насоса.

К числу центробежных насосов *без направляющего аппарата (рефулера) с односторонним впуском* принадлежит тип немецкого завода Борзиг (Borzig) с производительностью от 50 до 20 000 л/мин и манометрической высотой от 5 до 40 м (черт. 71). В центробежном насосе Борзига всасывание воды производится по горизонтальной патрубку, а подъем воды через тапер, находящийся на спиральной средней части корпуса насоса. Отделение всасывающего пространства от нагнетательного производится посредством сменных уплотнительных бронзовых колец. Рабочее колесо вращается на валу, снабженном двумя под-



Черт. 70.

шипниками; один из подшипников находится у колес внутри корпуса насоса, а другой на конце вала, где устроена кольцевая смазка. Двухсторонний выпуск воды в центробежный насос, которым устраняется осевое давление, осуществляется во многих новых типах центробежных насосов среднего давления.

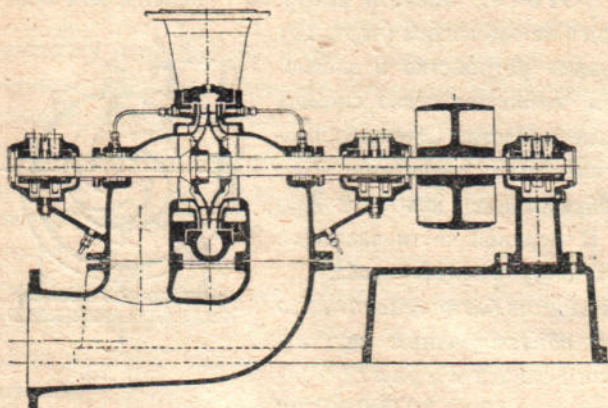


Черт. 71.

Конструкция такого типа центробежного насоса разработана тем же немецким заводом Борзиг, с производительностью 3000 л/мин. В центробежном насосе Борзига (черт. 72а-с), двухсторонний выпуск

воды осуществляется посредством фасонных патрубков, благодаря чему получается спокойное поступление воды на рабочее колесо. Вал насоса имеет на обоих концах кольцевую смазку и снабжен колесом для ременной передачи; также имеются и центробежные насосы на одном валу с электромотором. К числу таких принадлежит и тип центробежного насоса французского завода Вокье в Лилле (Wauquier

et C^{ie}, Lille) помещенного на Выставке французских городов в 1911 г. в Рубэ (Roubaix). Насосы этой системы (черт. 73) нагнетают большие количества воды на незначительную высоту (около 1 000 — 1 100 м³/час) с коэффициентом полезного действия в 0,65.

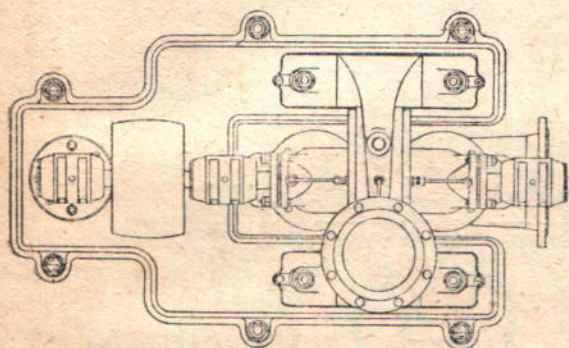


Черт. 72-а

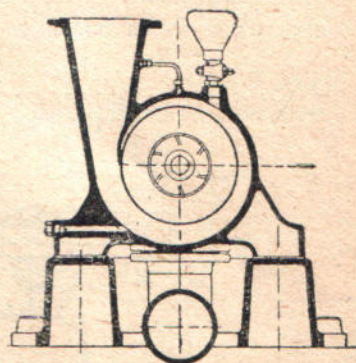
Высоким коэффициентом полезного действия (от 0,80 до 0,85) обладают новейшие типы центробежных насосов американской компании Вортингтон¹ (Worthington Pump and

¹ Schwannhauser W., New centrifugal pumps surpass previous efficiency records, Eng. News Rec, 1927.

Machinery Corporation, New York, City), примененные в ряде американских городов: Альбани, (Albany) Попплтон (Poppleton), Буэнос-Айрес (Buenos-Aires), Нью-Хэвен (New Haven), Филадельфия (Philadelphia) и др. Насосы этой системы



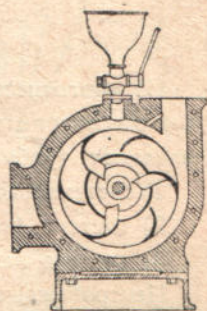
Черт. 72-b



Черт. 72-c

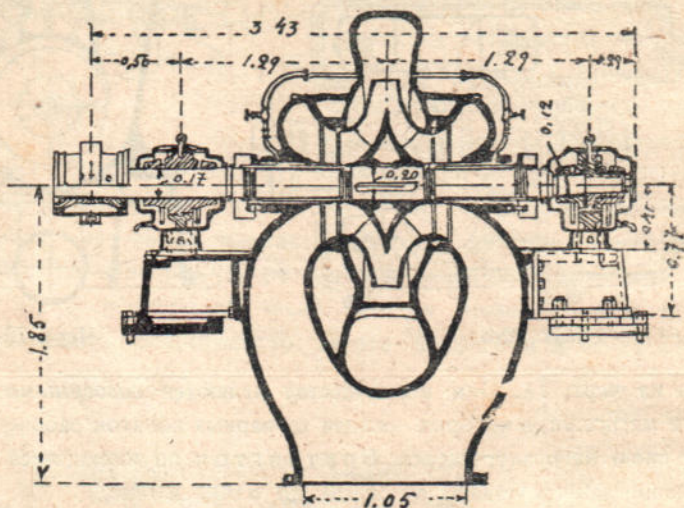
показаны на черт. 74. Они по существу являются *сдвоенными центробежными насосами*, в которых каждая из парных лопаток рабочего колеса получает свою нагрузку. Насосы Вортингтон по имеющимся в нашем распоряжении данным подают от 2 300 до 8 000 м³/час.

Оригинальную конструкцию центробежных насосов с двойным спиралеобразным впуском представляют центробежные насосы сист. проф. Финка (Fink) Лопатки этого насоса (черт. 75) сильно загнуты; поступление воды на них совершается по спирали чрез отверстия расположенные у центральной части, прилегающей к оси насоса; также по спирали идет и поступление в тапер центробежного насоса. При необходимости поднимать центробежными насосами воду на значительную высоту представляется затруднительным создать удобную конструкцию центробежного насоса. Это обстоятельство вызвало появление *много камерных или турбинных центробежных насосов*, где в кожухе насоса посажен на общей оси последовательно ряд рабочих колес с лопатками. При такой конструкции напор H , на который должен работать насос, разделяется согласно числу колес (напр., при



Черт. 73

пятиколесном насосе каждое колесо поднимает на $\frac{1}{5}H$ высоты). В многокамерных насосах гидравлический коэффициент полезного действия будет не ниже коэффициента полезного действия каждого колеса, работающего на H/n напора, где n — число колес, механический же коэффициент будет несколько выше, так как трение в подшипниках и сальниках распространяется на большое число рабочих колес.



Черт. 74

Из многочисленных конструкций многокамерных центробежных насосов мы рассмотрим только самые употребительные конструкции. К ним принадлежат турбонасосы:

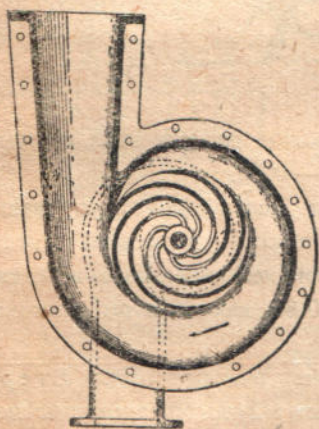
- 1) система швейцарского завода бр. Зульцер в Винтертуре (Sulzer),
- 2) система французская проф. Рато (Rateau),
- 3) система немецкого завода Егера в Лейпциге (Jäger).

Центробежные насосы сист. бр. Зульцер являются первыми по времени многокамерными турбинными насосами.

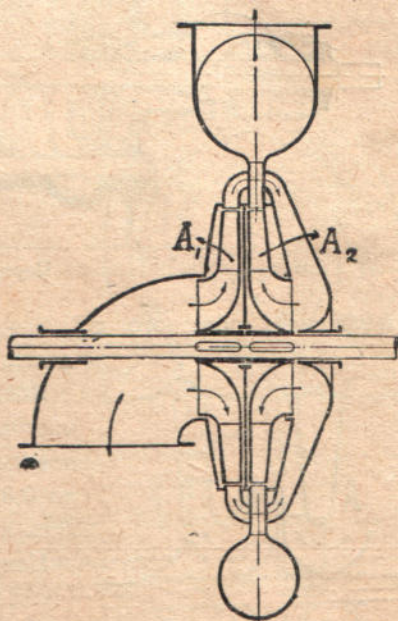
В конструкцию многокамерного насоса (на черт. 76 изображен двухкамерный насос зав. бр. Зульцер) введены неподвижные специальные изогнутые каналы, через которые вода поступает из одного колеса A_1 на другое A_2 ; эти каналы предназначены для уравнивания в продольном направлении, так как в противном случае осевое давление на

подшипники достигало бы большой величины, благодаря чему получилось бы нагревание и расстройство хода насоса. Такое парное расположение центробежных колес отражается и на более сложных типах многокамерных насосов Зульцер. На черт. 77 изображен шестикамерный насос этого завода.

Здесь вода из всасывающей трубы поступает через a в трубку b первого центробежного колеса и затем направляется через части направля-



Черт. 75.

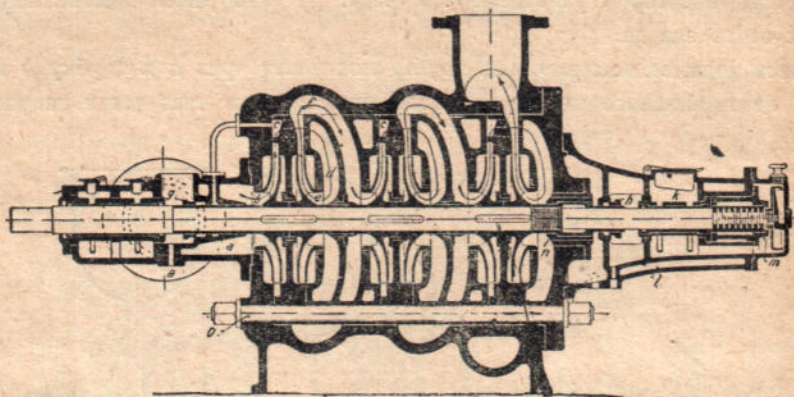


Черт. 76.

ющих каналов c и d во второе центробежное колесо; из него идет направление воды в другие колеса теми же путями. Поперечные сечения направляющих каналов постепенно расширяются, благодаря чему скорость протекания по ним воды остается постоянной, что, естественно, отражается на уменьшении сопротивлений при проходе воды через насос. Вал насоса снабжен через внешние части кольцевой смазкой и сальником g и h .

Турбо-насосы сист. Рато схематически изображены на черт. 78. В этой конструкции центробежные колеса насажены непрерывно: вода,

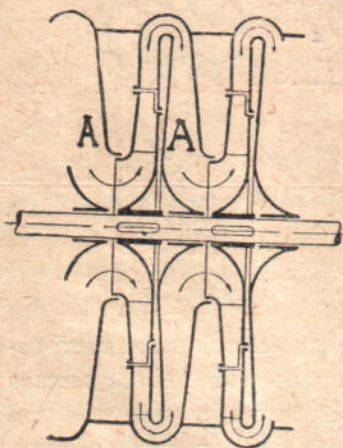
выбрасываемая ими, падает в расширяющиеся для сохранения одинаковой скорости трубки *A* (направление движения показано стрелками). Число насаженных последовательно колес доходит в типах Раго до 10.



Черт. 77.

Коэффициент полезного действия первых типов насосов этой системы достигал 0,60 — 0,70.

Новейшие же успехи конструирования многокамерных насосов дали возможность повысить коэффициент полезного действия до 0,8 и даже 0,85, как об этом упоминалось выше.



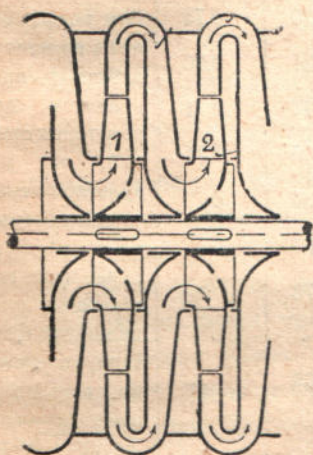
Черт. 78.

Центробежные насосы сист. Егера (черт. 79а-с) имеют *лопасти загнутые назад*. Этот тип смонтирован из отдельных частей, что облегчает их массовое изготовление на заводах.

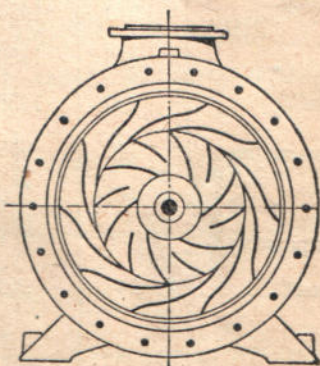
Для характеристики фактической работы центробежных насосов приводим данные об их испытании в Киве¹, одном из первых городов, применивших насосы этой системы Зульцер (таблица XIII).

¹ Описание Киевского Водопровода, 1910.

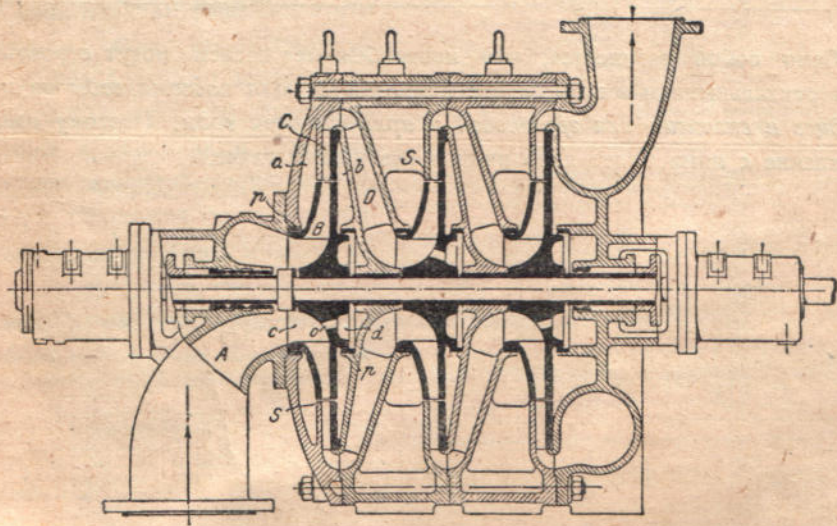
Кроме Киева, центробежные насосы установлены в СССР в Сызрани (мощн. 250 м³/час), Мариуполе, Кисловодске (240 м³/час), Ессентуках (225 м³/час) Одессе и пр.



Черт. 79а.



Черт 79с.



Черт. 79б.

ТАБЛИЦА XIII.

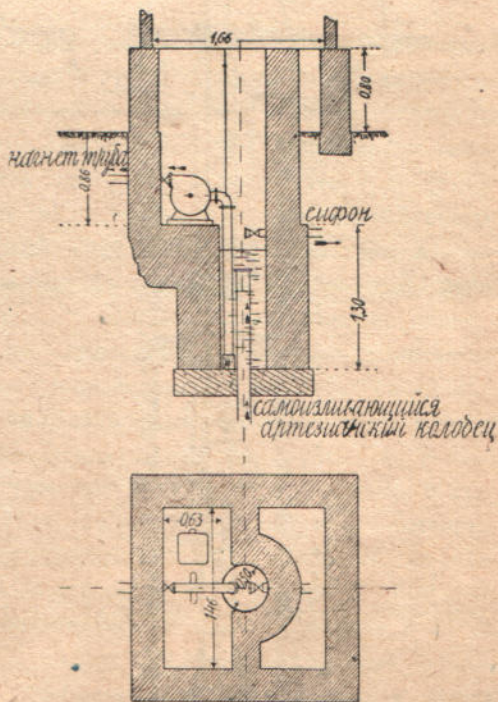
Тип насоса	Производ. в м ³ /ч.	Число оборотов в мин.	Манометрич. высота подъема в м.	Мощность на валу в HP	К коэффициент полезн. дейтв.	Примечание
Однокамерный	500	1450	49	120	0,72	Эти коэффициенты полезного действия проверяться для некоторых станций, но результаты испытаний, которые не могли быть правильно поставлены, дали худшие результаты, а именно, для пятикамер. насосов: по ис- пытан. { 0,64 0,68
"	500	960	35	81	0,80	
"	310	1450	87	140	0,71	
"	185	1450	110	106	0,71	
"	400	1450	116	235	0,72	
Пятикамерный	148	980	85	65	0,72	не могли быть правильно поставлены, дали худшие результаты, а именно, для пятикамер. насосов: по ис- пытан. { 0,64 0,68
"	123	960	110	73	—	
Четырехкамерный	148	960	85	68	—	

Само собой разумеется, что центробежные насосы могут строиться и вертикальными и в этом случае применяются для подъема воды из колодцев и скважин для грунтовой и артезианской воды. Поэтому ознакомление с ними будет дано нами в следующей главе.

ГЛАВА VIII.

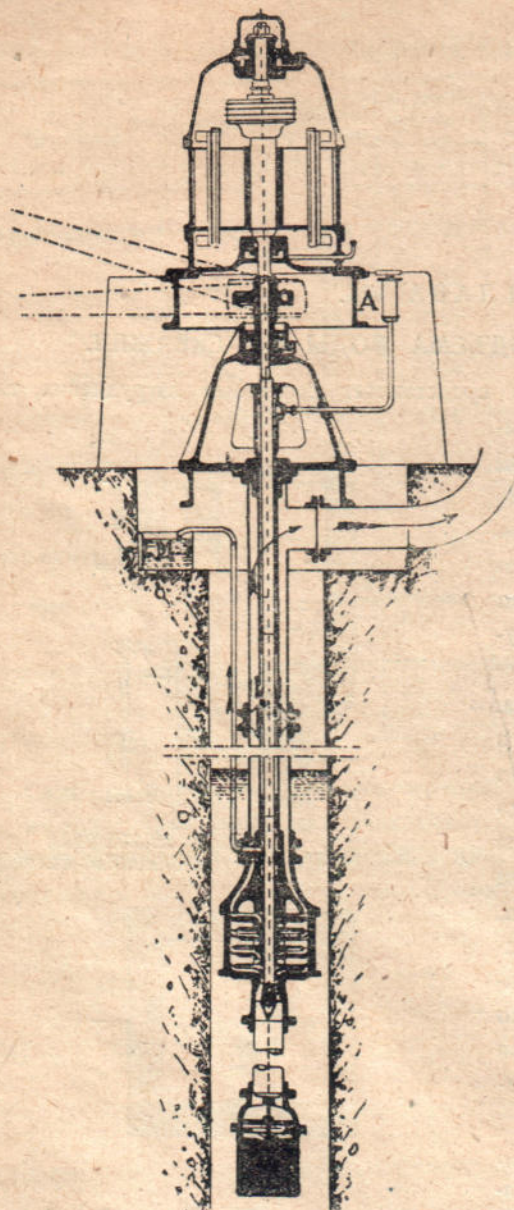
НАСОСЫ ДЛЯ ПОДЪЕМА ВОДЫ ИЗ СКВАЖИН.

Подъем воды из скважин представляет серьезные затруднения, так как приходится помещать насосы в сравнительно узкой трубе (диаметр от 50 см до 70 см), да и самый уровень воды в скважине может находиться глубоко от поверхности земли.¹ Последняя причина обуславливает до известной степени выбор конструкции насоса. Самым простым решением этого вопроса было бы устройство колодца большого диаметра до уровня намеченного понижения воды в скважине и установка в нем центробежного насоса. При небольшой глубине колодца такое решение вопроса является выгодным, как это можно видеть из черт. 80, но при большой глубине опускание на-



Черт. 80.

¹ Иванов В. Ф., проф., Водоснабжение и канализация поселков, 1927.



Черт. 81.

сосов большого диаметра может представить затруднения и, разумеется, потребует значительных расходов. Но для обеспечения непрерывности снабжения города водой устройство глубоких колодцев является вполне надежным и потому заслуживает внимания.

При низком горизонте стояния воды в скважинах приходится для ее поднятия опускать насосы в самой скважине, что вообще вызывает сообразно размерам насосов увеличение диаметра верхней трубы до 50—70 см для возможности помещения тела насоса. Если вода в скважине стоит невысоко, то является целесообразным применить вертикальный центробежный насос. Наконец, при значительной глубине залегания воды (напр., район Васильковской и Бульварной водоподъемных станций в г. Киеве) приходится прибегать к установке поршневых штанговых насосов. Переходя к описанию конструкции

центробежных насосов, необходимо иметь в виду их следующие преимущества:

1) *Центробежные насосы* работают *равномерно*, не требуя для этого частого ремонта; но постепенное изнашивание некоторых частей, происходящее в особенности *от известного содержания песку в подземных водах*, может вести с течением времени к *понижению коэффициента полезного действия*.

2) Центробежные насосы, будучи соединены на одном валу с электромотором, не требуют для своей работы *промежуточных передач*.

3) Центробежные насосы занимают *меньше места* для своей установки, что ведет к *сокращению площади водоподъемного здания*.

4) Центробежные насосы, обладая *меньшим весом*, требуют за собой более простой уход.

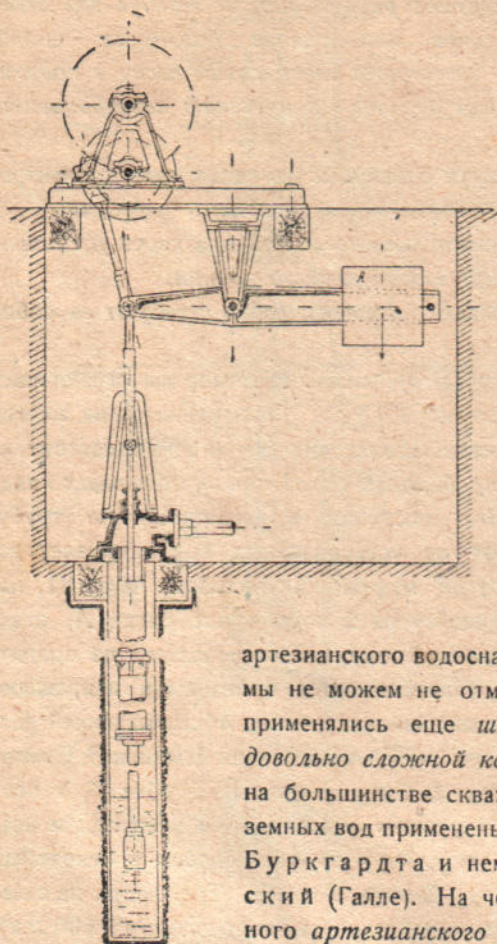
Из группы центробежных насосов вертикального типа мы ограничимся только рассмотрением типа насосов Фарко, примененного на многих скважинах Киевского водоснабжения. Насос системы Фарко состоит из камеры, имеющей *несколько центробежных колес и направляющих каналов (диффузоров)*, из коей вода поступает в нагнетательную трубу; движение свое насосы получают от установленных под ними электродвигателей чрез посредство упругой муфты. Как видно из черт. 81, насос подвешен к станине, опирающейся на 2 коробчатых балки А, заделанных в стенке кольца. Вертикальный вал насоса подвешен на подпятнике, снабженном шариками, и поддерживается бронзовыми направляющими втулками, соединенными с составной трубкой, обхватывающей вал. Эта трубка связана с нагнетательной трубой посредством фланцев В. Смазка оси насоса производится по трубе t_2 ; она удаляется по трубке t_1 , в особый сосудик М. Насос снабжен пятовым всасывающим клапаном и всасывающей корзинкой. Насосы сист. Фарко установлены в некоторых подмеловых скважинах на берегу Днепра в Киеве. Так, напр., на скважине № 16 установлен насос двойного действия (внешний диаметр—600 мм), подающий $100 \text{ м}^3/\text{час}$ при манометрической высоте подъема в 34 м. Коэффициент полезного действия насоса—0,65, электромотора—0,89, передачи—0,9, отсюда общий коэффициент всей установки к насосу $0,65 \times 0,9 = 0,52$.

На других скважинах Киевского водоснабжения (№ 23, 25) установлены насосы Фарко тройного действия.

Из других типов центробежных насосов вертикального типа следует упомянуть еще про насосы сист. Зульцер, примененные для работ на

скважине Московской фабрики б. Циндель. Насос подает до $480 \text{ м}^3/\text{час}$ при общей высоте напора 49 м и 1450 оборотах в минуту.

Несмотря на непрерывную работу центробежных насосов, применение их из-за ограничения в длине составной оси насоса (пред. знач. $20 - 30 \text{ м}$) могло вызвать увеличение глубины колодца (шурфа) вследствие далекого от поверхности земли залегания подземных вод (напр., в Киеве — район, прилегающий к течению реки Лыбедь). Не считая лично устройство глубоких колодцев в целях обеспечения непрерывности



Черт. 82.

артезианского водоснабжения серьезным препятствием, мы не можем не отметить, что в этих случаях часто применялись еще штанговые артезианские насосы довольно сложной конструкции. Так, напр., в Киеве на большинстве скважин с глубоким залеганием подземных вод применены насосы сист. проф. Войслава, Буркгардта и немецкого завода Вейзе и Монский (Галле). На черт. 82 показан тип глубоководного артезианского насоса простого действия немецкого завода Гарвенс-Верке¹ (Garwens-Werke), приводимого в движение посредством ременной передачи и шкива. В этом типе для уравнивания работы штанг применен качающийся противовес А,

¹ Z. d. V. d. L., № 16, 1911.

помещенный в шурфе под полом. Подобное уравновешивание работы насоса имеет место при больших подачах воды и высотах подъема. Возможно заменить артезианские насосы этого типа насосами с балансирами, помещаемыми над шурфом; цапфа, возле которой качаются противовесы и балансиры, скоро изнашивается, что вызывает справедливые нарекания при пользовании насосами подобного типа.

Поэтому насосы с балансирами или противовесами вытеснены насосами двойного действия типа завода Вейзе и Монский, в которых балансир заменен трехколенчатым колесом. Насосы этого типа работали с успехом в Киеве в течение $1\frac{1}{2}$ лет без ремонта, тогда как насосы сист. Войслава, Буркгардта (Вангеля) и им подобных нередко работали только в течение 2 недель без перерыва из за поломок штанг.

ГЛАВА IX.

ОСОБЫЕ КОНСТРУКЦИИ ПРИБОРОВ ДЛЯ ПОДЪЕМА ВОДЫ.

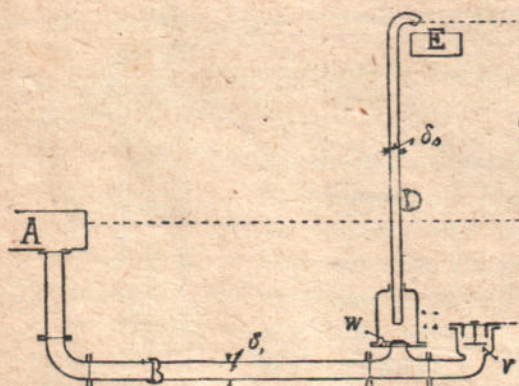
§ 1. Гидравлический таран.

Основная идея гидравлических таранов, изобретенных еще в 1796 г. братьями Монгольфье (Mongolfier), заключается в использовании живой силы падающей в трубе воды для подъема ее части на высоту, превышающую в несколько раз высоту падения.

Для того, чтобы представить себе сущность действия тарана, представим себе примитивную схему его работы (черт. 83).

Вода из резервуара *A* под давлением водяного столба *H* протекает по трубе *B* к открытому клапану *V*, называемому ударным клапаном; в это время второй клапан *W* (подъемный клапан) закрыт под давлением веса столба жидкости *h*.

Вытекание воды через клапан *V* вследствие узкого отверстия сопровождается значительным увеличением скорости движения воды; скорость эта при дальнейшем движении достигает такого предела, при котором вследствие давления воды преодолевается вес клапана *V*, и он захлопывается, вследствие чего получается прямой таранный удар. Движущаяся по трубе *B* вода,



Черт. 83.

обладающая известной величиной живой силы, не находя себе выхода чрез клапан V , открывает клапан W и входит в *воздушный колпак*.

В этом колпаке она выжимает воздух и воду в *подъемную трубу D* до тех пор, пока не израсходуется весь запас живой силы. В этот момент клапан W захлопывается, и получается *второй (обратный) таранный удар* по направлению к резервуару; вследствие отсутствия в это время на него давления воды клапан V открывается и опять повторяются явления прямого и обратного ударов, вызывающие в результате подъем жидкости в резервуаре E ; Для однообразного действия тарана желательно поддержание уровня воды в резервуаре A и соответственное вытекание воды из резервуара E ; в случае же невыполнения его постановкой задвижки на трубе D и запиранием ее можно на любое время прекратить работу тарана..

Теоретическая обработка явлений, происходящих при движении воды в таранной установке, принадлежит известному гидравлику Эйтельвейну (Eytelwein)¹, работавшему в самом начале 19 столетия над этим вопросом. Позднее в этой области работали многие ученые — Навье (Navier)², Вейсбах (Weisbach)³, Арнольд, Водичка⁴ (Wodiczka), Лоренц⁵ (Lorenz). Не останавливаясь на этих теориях, основанных на некоторых допущениях и опытах⁶, будем пользоваться сначала старой теорией Эйтельвейна.

По Эйтельвейну коэффициент полезного действия тарана

$$\eta = 1,12 - 0,02 \sqrt{\frac{h}{H}} \quad (57)$$

$$\eta \approx \frac{qh}{(Q-q)H} \quad (58)$$

¹ Eytelwein, Bemerkungen über die Wirkung und vortheilhafte Anwendung des Stosshebers, 1805.

² Navier. Résumé der leçons sur l'application de la mecanique.

³ Weisbach, Ingenieur und Maschinen-Mechanik.

⁴ „Zeit. der Oest. Ing. und Arch. Ver.“, 1903

⁵ Hartmann und Knocke, Die Pumpen, 1906.

⁶ „Zeit. d. Ver. deut. Ing.“, 1910.

где q —количество воды, поднимаемой тараном, а Q —количество воды, вытекающее из резервуара A ; из выражения (58)

$$q = \frac{\eta}{\eta + \frac{h}{H}} Q. \quad (59)$$

Для пользования этой формулой можно руководствоваться следующей таблицей XIII, из которой видно, что с увеличением высоты подъема уменьшается коэффициент использования рабочей воды $\frac{q}{Q}$, падая с 0,48 до 0,0112.

ТАБЛИЦА XIII.

$\frac{h}{H}$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
η	0,920	0,837	0,877	0,720	0,673	0,630	0,555	0,488	0,427	0,345	0,226
$\frac{q}{Q}$	0,48	0,29	0,205	0,152	0,118	0,095	0,065	0,046	0,034	0,0225	0,0112

Далее, по Эйтельвейну δ_1 (диаметр трубы B) = $300 \sqrt{60 Q}$ мм и δ_2 (диаметр трубы D) = $1/2 \delta_1$. Длина провода l должна находиться в соответствии с выражением $l = h + 0,3 \frac{h}{H}$ м; иногда вместо этого выражения делают $l = 4 = 5H$. Если по расстоянию источника от тарана l получается больше, чем по вышеприведенным формулам, то между ними ставится на необходимом расстоянии для приведения воды в таран особый колодец, который питается водой из источника. По сравнительно новым опытам Водичка (Wodiczka) формула (59) Эйтельвейна заменяется новой:

$$\eta = \frac{q(H+h)}{H(Q+q)} \quad (60)$$

На практике берут только 0,8 полученной расчетным путем по формуле (60) величины, так как с уменьшением количества воздуха в воздушном котле производительность тарана падает.

Для облегчения расчетов приводим таблицу XV определения

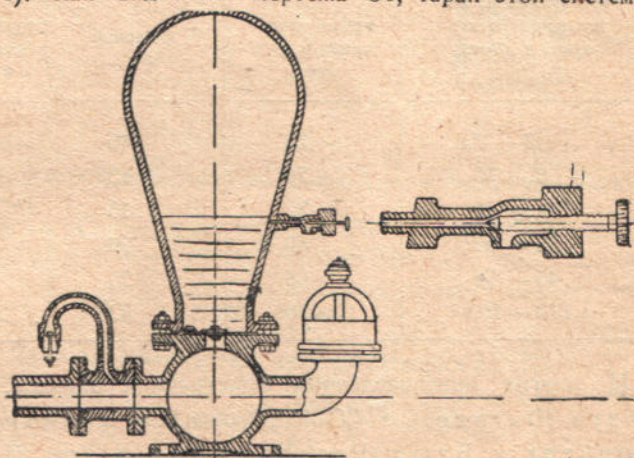
$$\frac{h}{H}, \eta \text{ и } \frac{q}{Q} \text{ по формуле Водичка.}$$

ТАБЛИЦА XV.

$\frac{h}{H}$	1	2	3	4	5	6	8	10	12	15	20
η	0,838	0,774	0,72	0,673	0,630	0,591	0,52	0,457	0,399	0,32	0,203
$\frac{q}{Q}$	0,419	0,258	0,18	0,135	0,105	0,084	0,058	0,041	0,031	0,02	0,009

Из многочисленных конструкций гидравлических таранов (заграничных и русских) приведем конструкцию немецкого тарана сист. Засман (Sasman)¹ (черт. 84). Как видно из чертежа 84, таран этой системы состоит из воздушного колпака, в непосредственной близости с которым во избежание излишних потерь воды расположен ударный клапан.

Таран снабжен двумя кранами: верхним, устроенным в колпаке для выпуска излишнего воздуха,



Черт. 84.

и нижним для впуска воды при обратном ударе (этот кран закрывается при прямом таранном ударе в ударном клапане). Тараны употребляются для снабжения небольших селений (так, напр., в Нижегородском земстве² были установлены еще в 1902 г. несколько таранов в промышленных селах губернии). Наименьшее падение, используемое для таранов, — 0,60 м, наибольшее — 80 м; наибольшая высота подъема достигает 200 м. Наиболее выгодным считается отношение $\frac{h}{H}$ равным $\frac{1}{7}$.

¹ „Ges. Ing.“, 1899.

² „Труды VI Водопроводного Съезда“ 1903. Иванов, В. Ф., проф. Краткий отчет о VI Водопроводном Съезде. 1903.

Длина напорной трубы доходит до 3000 м. При подъеме больших количеств воды устанавливают несколько таранов рядом, из коих каждый получает воду независимо из питательного резервуара, но подает ее в общую напорную трубу.

Для характеристики работы таранов приводим данные завода Гарвенс (Garvens) в Ганновере (таблица XVI).

ТАБЛИЦА XVI.

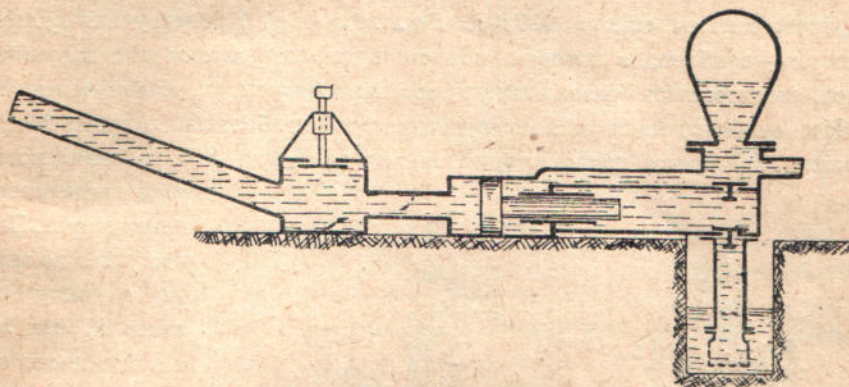
Количество воды, притекающ. из питательного резервуара в л/мин	Диаметры в мм		Длина в м	
	трубы, подводящей воду к тарану	напорной трубы	трубы, подводящей воду к тарану	напорной трубы
3 — 7,5	20	10	от 5 до 15	по желе- ланию
6 — 15	25	13		
11 — 26	32	13		
22 — 53	50	20		
45 — 94	63	25		
110 — 150	76	32		

Из других многочисленных конструкций таранов: во Франции Дюрозуа (Durozoi), в СССР „Эврика“ и Хан-Агова¹, в Германии Форберг и Блюм (Forhberg und Blum), Пфлистер (Pflister), Пазек (Pasek), Вагнер (Wagner), в Австрии — Грубер (Gruber) и пр.] заслуживают некоторого внимания установки, в которых таран соединен с поршневым насосом, нагнетающим воду независимо от тарана из колодца по своей напорной трубе. Схема подобной установки видна из черт. 85.

Помимо подобных конструкций появились тараны с водяными турбинами, приводящими в движение насосы, обладающие высоким коэффициентом полезного действия; но на этих типах мы вследствие редкости их применения останавливаться не будем.

¹ Хан-Агов, О гидравлических таранах, „Труды 2-го Южно-Русского Ме-лиорационного Съезда, 1912.

Численный пример 7: Из источника водоснабжения, расположенного на $H = 3$ м над тараном, притекает к нему по трубе $Q = 200$ л/мин.



Черт. 86.

Требуется определить, какое количество воды q может быть подано при высоте подъема $h = 18$ м.

$$\frac{h}{H} = \frac{18}{3} = 6; \text{ по данным таблицы XIV}$$

для такого соотношения $\eta = 0,63$ и $\frac{q}{Q} = 0,095$; отсюда

$$= 0,095 \cdot 200 = 19 \text{ л/мин}; \text{ по формуле (60) Водичка}$$

$$\eta = 1,12 - 0,2 \sqrt{\frac{H+h}{H}} = 1,12 - 0,2 \sqrt{\frac{3+18}{3}} = 0,591:$$

та же величина для $\frac{h}{H}$ приведена в таблице XV.

По той же таблице $\frac{q}{Q} = 0,084$; $q = 0,084 Q$

Так как Водичка вводит в свою формулу поправочный коэффициент 0,8, то расчетное $q^1 = 0,8 q = 0,8 \cdot 0,084 \cdot 200 = 13,44$ л/мин.

Численный пример 8: определить необходимый приток воды Q из источника водоснабжения, отстоящего от тарана на 4 м, если таран должен поднимать $q = 25$ л/мин на высоту $h = 28$ м.

$$\frac{h}{H} = \frac{28}{4} = 7; \text{ по таблице XIV } \frac{q}{Q} = 0,065,$$

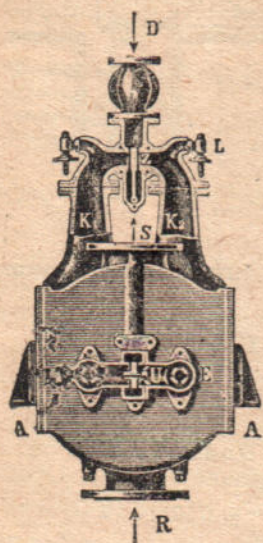
$$\text{отсюда } Q = \frac{25}{0,065} = 361,5 \text{ л/мин}; \text{ по таблице XV } \frac{q}{Q} = \frac{0,084 + 0,0580}{2} = 0,071,$$

$$25 = q^1 = 0,8 q; \text{ отсюда } q = \frac{25}{0,8} = 31 \text{ и } Q = \frac{31}{0,071} = 436 \text{ л/мин.}$$

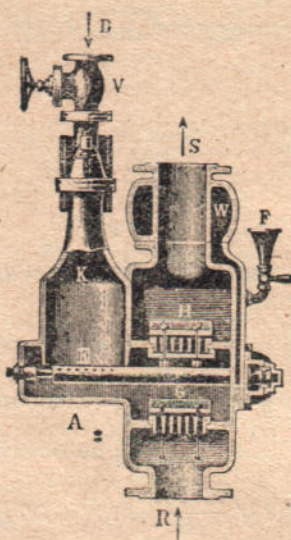
§ 2. Пульсометры.

Предложенная еще в 1871 г. Голлем (Hall) конструкция *пульсометра* — прибора, в котором подъем воды совершается под давлением пара, подвергалась различным усовершенствованиям и видоизменениям.

Из существующих типов пульсометров наибольшей распространенностью пользуется *пульсометр* Кертинга (черт. 86), действие кото-



Черт. 86а.



Черт. 86б.

рого заключается в следующем. Пар поступает по трубе в одну из камер K_1 или K_2 в зависимости от положения язычка Z , который может открывать и запирает в них доступ. Предположим, что пар поступает в камеру K_1 и своим давлением выжимает воду через клапан H в трубу S : одновременно с этим вода, по-

падающая через отверстия трубы E , притекает в воздушный котел W . Тотчас же после опорожнения камеры K_1 , вода из котла W по трубе E притекает обратно в камеру K_1 и благодаря вытеканию через ряд струй быстро конденсируется. В этот момент благодаря конденсации происходит перемещение язычка Z , и пар начинает поступать в камеру K_2 : в это время, вследствие конденсации, в камере K_1 начинается всасывание. В камере K_2 весь этот процесс повторяется. Воздушные вентили L служат для предупреждения ударов в камерах от устремляющейся к ним воды, F — маслянка для смазки пульсометра. Применение пульсометров, требующих для своего действия *большого расхода пара* (до 60 кг

пара на 1 *HP* в час), ограничено случаями, где пар добывается независимо от своего применения для подъема воды, и где получающееся от использования пара повышение температуры воды является выгодным для дальнейшего пользования воды. Поэтому применение пульсометров является целесообразным при устройстве временных и небольших постоянных водоснабжений на ж.-д. станциях, при водоснабжении бань, для водоотлива при производстве строительных работ, для подъема горячих жидкостей и т. п.

1 кг пара в пульсометрах Кертинга производит полезную работу около 7 000 кг.м. Расход пара достигает от 50 до 90 кг на 1 *HP* в час.

Давление пара должно превышать давление водяного столба по крайней мере на 1—1,5 атм, каковое выбирается в зависимости от потерь, происходящих из за трения в напорной трубе.

Предельная высота поднятия воды пульсометрами— 30 м; высоту всасывания в этом случае желательно брать не более 3—4 м. Производительность пульсометров колеблется в пределах от 40 до 6 000 л в минуту. Завод бр. Кертинг при высоте всасывания воды в 2 м дает следующие данные для нагревания воды, которое возрастает по мере увеличения высоты подъема воды.

Высота подъема в м 5 10 15 20 25 30

Нагревание в град. С 0,8 1,8 3 4,5 6 7,5

§ 3. Водоподъемники Мамуг (Эрлифты).

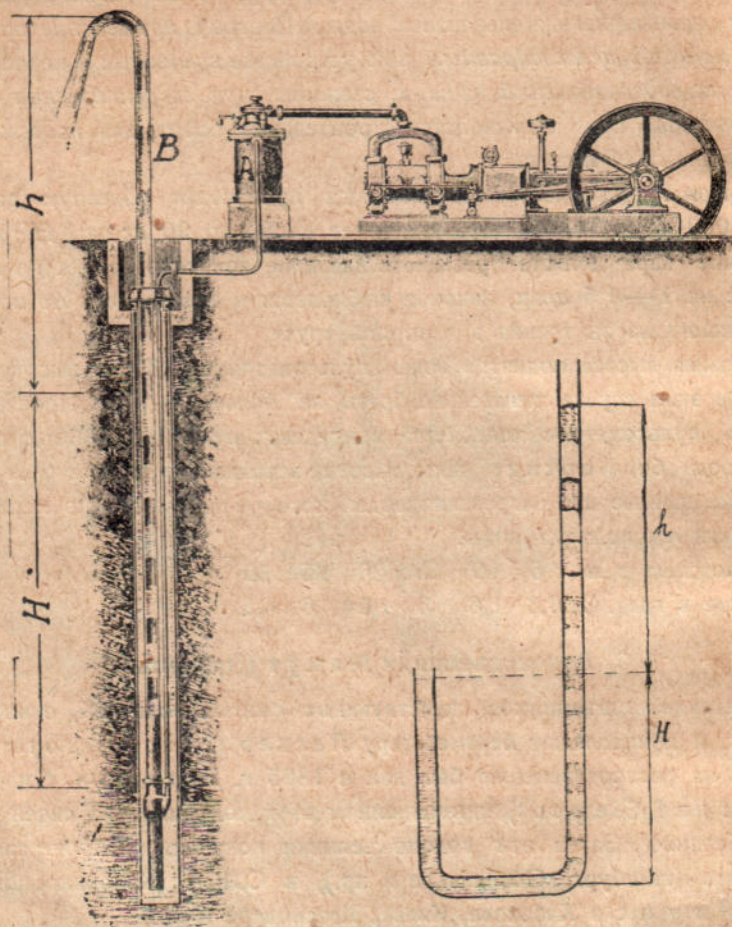
Изобретение подъемников, действующих сжатым воздухом, относится к 1797 г. и принадлежит бергмейстеру Лесхер (Löschner), но главный толчок к их распространению был дан с 1885 г. Вернер и Сименс (Werner und Siemens), применившим этот подъемник на своей фабрике в Берлине¹. Затем эти водоподъемники получили распространение: в Германии (Нинбург, Обервальде и пр.), в США (Колорадо, Джорджтоун)² и у нас в Харькове, Киеве, Краснодаре и пр.

По примеру Сименса и другие фабрики и заводы стали применять подъемники этой системы. Их распространению особенно способствовал известный завод Борзиг в Берлине. Сущность действия подъемника

¹ Миттельштедт М. Ю., О пневматическом элеваторе Мамуг в применении его для подъема воды из артезианских колодцев, „Бюл. Политех. О-ва“, 1897.

² Engineering News, 1896—1897.

Мамут заключается в следующем. Компрессор сгущает воздух и передает его в воздушный котел, из котла воздух по трубе *A* поступает в скважину, где, смешавшись с водой по принципу сообщающихся со-



Черт. 87.

Черт. 88.

судов, поднимает воду и изливается по трубе *B* (черт. 87). При движении воды по напорной трубе примешанный к воде воздух не растворяется целиком в воде, а, выделяясь из нее, образует воздушные стол-

бики, которые, действуя на подобие поршней, способствуют скорейшему поднятию воды.

Чтобы представить себе действие подъемника Мамут более ясно, рассмотрим аналитически условия его действия.

Обозначим чрез γ вес куб. един. воды, γ_m — вес смеси воды с воздухом. Тогда (черт. 88) по принципу сообщающихся сосудов $H\gamma = (H + h)\gamma_m$, откуда h — высота, на которую поднимается вода,

$$h = H \left(\frac{\gamma}{\gamma_m} - 1 \right) \quad (60)$$

Отсюда вытекает, что величина h возрастает вместе с H , т. е. чем глубже скважина, тем больше величина H ; далее, чем меньше γ_m , тем будет больше $\frac{h}{H}$. Обыкновенно при выборе численного соотношения между H и h , имеющего весьма важное значение для экономической работы подъемника, придают H значение от h до 1,5 h .

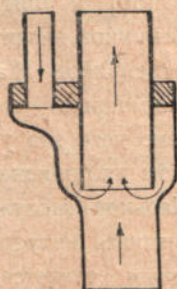
Введение воздуха в подъемную трубу может быть сделано либо по типу 89а либо 89б. Если поднимаемая вода стоит на большой глубине, то целесообразнее сжатый воздух вводить выше в верхней части скважины, так как в противном случае пришлось бы вводить сжатый воздух большого давления.

Так, напр., при глубине скважины в 300 м и высоте нагнетания в 25 м давление вгоняемого в скважину воздуха должно было бы быть около 37 атм в то время, как при повышении устья трубы, подводящей сжатый воздух к устью скважины, возможно давление воздуха понизить до 2,5—3 атм (черт. 89а-б).

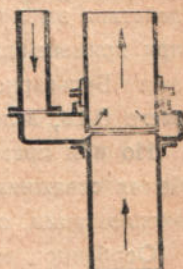
M — количество потребного для подъема воды воздуха в куб. метрах, может быть определено по формуле —

$$M = \frac{Q \text{ (расход в л)} \times H_0 \text{ (высота подъема в м)}}{K} \quad (61)$$

где $K = 6,2 - 11,5$. Скорость в подъемной трубе берут от 1,5 до 2,5 м/сек. Диаметр воздушного провода берется равным $\frac{1}{2}$ диаметра напорного.



Черт. 89а.



Черт. 89б.

Скорость движения воздуха принимается в 8 м, смеси воздуха с водой — в 3 м.

Коэффициент полезного действия может быть определен еще по следующей формуле (62):

$$\eta = \frac{Q\gamma h}{\nu v \lg \frac{p_1}{p}} \quad (62)$$

где Q — количество жидкости, поднимаемой в минуту в л, γ — специфический вес жидкости, h — высота подъема в м, p — напряжение при всасывании воздуха, p_1 — напряжение при сжатии его, ν — количество всосанного воздуха в м³/мин.

Коэффициент полезного действия водоподъемников Мамут, особенно пригодных для подъема нечистых вод, принимается в 0,25—0,3, хотя по лабораторным испытаниям в Германии он достигает 0,4—0,45. На практике вследствие неправильности выбора отношения h к H , устанавливаемого формулой [60] и опытными данными, коэффициент полезного действия этих подъемников значительно понижается. Так, напр., в Киеве при применении подъемников Мамут для одной из артезианских скважин Бульварной подстанции коэффициент полезного действия достиг всего 0,18, вследствие чего эта установка была уничтожена.

Но при правильном их применении отсутствие каких либо насосов в глубоких скважинах (Харьков) заслуживает большого внимания с точки зрения эксплуатации, обеспечивая непрерывную подачу воды в городскую сеть.

Особенно выгодным является устроить одну центральную станцию с компрессорами и из них посылать воздух в подъемники Мамут, установленные в отдельных скважинах; расстояние артезианских скважин от станции не должно быть больше 4 км.

В заключение приводим таблицу XVII, составленную по данным фирмы Борзиг и указывающую величины наибольшей производительности скважин при подъеме воды на 30 м.

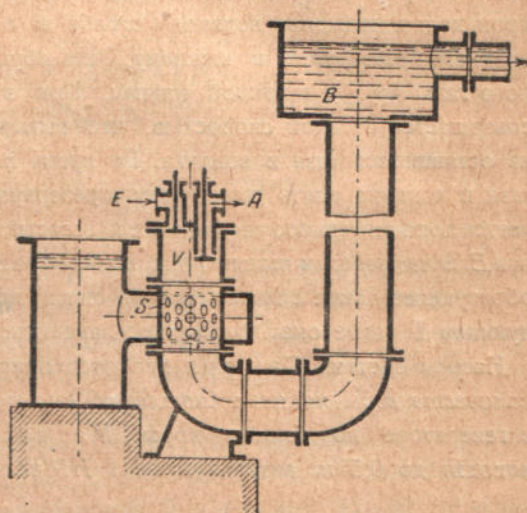
ТАБЛИЦА XVII.

Диаметры скважин D в мм	104	125	156	203	253	290
Наибольшая производительность в л/мин	150	275	650	1050	2400	3900

§ 4. Газовый насос Гэмфри (Humphrey).

Газовые насосы, изобретенные инж. Гэмфри для конкурса, объявленного Управлением Лондонского Водопровода с целью понизить расход топлива, были впервые применены в 1912 г. в Лондоне¹ на новой водоподъемной станции Чингфорд (Chingford), где ими поднималось до 820 000 м³ в сутки. На этой

станции было установлено пять насосов Гэмфри: 4 мощностью в 830 HP и один в 165 HP. Схема конструкции четырехтактного газового насоса Гэмфри показана на черт. 90; здесь под нижним резервуаром нужно разуместь источник водоснабжения, а под верхним В первое звено очистных сооружений (осадочные бассейны). В этом типе роль поршня для поднятия воды из нижнего резервуара в верхний играет столб воды,



Черт. 90.

двигающийся в подъемной трубе в обе стороны; в верхней части камеры сжигания для смеси генераторного газа и воздуха *V* помещены впускной клапан *E* и выпускной *A*, а в ее крышке — продувной воздушный клапан, пусковой клапан и зажигательная свеча; *S* — групповые клапаны на всасывающей трубе, соединенной с нижним резервуаром (источником водоснабжения). Перед пуском насоса в ход в камере *V* должна находиться смесь газа со сжатым воздухом. 4 такта работы насоса Гэмфри протекают следующим образом. Во время *первого* такта смесь генераторного газа и воздуха загорается, сгорает и расширяется, чем вызывается движение воды по трубе и поступление ее в резервуар *B*. Это движение продолжается до тех пор, пока не откроется выхлопной клапан *A*

¹ „La Technique Sanitaire“, 1913.

и одновременно с ним воздухоприводный клапан. Вследствие движения водяного столба происходит расширение отходящих газов, каковое влечет за собой образование вакуума, всасывание воды из нижнего резервуара через клапаны *S* и поступление воздуха через выпускной и продувочный клапаны в камеру *V*.

Во *втором* такте вследствие прекращения давления смеси газа и воздуха происходит движение водяного столба в обратном направлении, т. е. от верхнего резервуара в нижнему, чем обуславливается выход отработанного газа через выхлопной клапан. При этом обратное движение воды совершается с такой скоростью, что вызывает сжатие в камере *V* смеси из оставшегося газа и воздуха. Во время *третьего такта* сжатая смесь газа и воздуха опять гонит воду к резервуару *B*, чем, естественно, вызывается дополнительное расширение и засасывание воздуха и газа через клапан *E*. В *четвертом такте* происходит обратное движение водяного столба, образующее такое сильное сжатие смеси воздуха и газа, что при последующем *I* такте она должна воспламениться.

Насосы системы Гэмфри являются пригодными для подъема больших количеств воды на незначительную высоту (до 10 м). Расход топлива в генераторе по данным проф. Матиссена и инж. Фукслохера доходит до 0,5 кг антрацита на 1 HP/час.

ГЛАВА ДЕСЯТАЯ.

НАСОСНЫЕ СТАНЦИИ.

§ 1. Классификация насосных станций.

Насосные станции, являясь почти неотъемлемой частью водоснабжения населенного пункта, отличаются друг от друга своей конструкцией, обусловливаемой целым рядом факторов. Для того, чтобы выбрать для каждого частного случая наиболее подходящий тип насосной станции, мы сначала предлагаем нашим читателям составленную нами классификацию насосных станций.

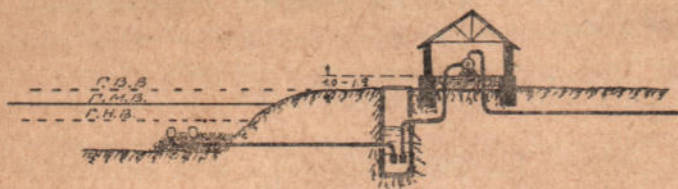
Классификация насосных станций может быть произведена по следующим признакам:

1) *по роду источника водоснабжения*. В эту группу входят насосные станции, поднимающие воду из источников водоснабжения: речные, озерные, ключевые, грунтовые и артезианские, так как каждый источник водоснабжения обуславливает до известной степени тип насосной станции.

Одни источники водоснабжения являются *поверхностными* (реки, озера), что вызывает необходимость создания таких конструкций, которые бы при самых невыгодных условиях, т. е. при самых низких горизонтах обуславливали бы беспрепятственный подъем воды из источника водоснабжения. Переходя конкретно к насосным станциям, поднимающим воду из реки, мы считаем нужным указать, что на практике могут встретиться разнообразные местные условия, которые должны быть тщательно изучены и оценены проектирующим.

Самым простейшим случаем при выборе места для насосной речной станции будет тот, когда *колебания горизонтов реки будут невелики*, т. е. не будут превышать практической *гидродинамической высоты* вса-

сывания. В этом случае (черт. 91) станция располагается вблизи реки на устойчивом грунте, а пол насосной станции приподнимается над самым

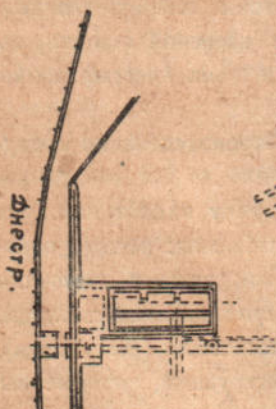


Черт. 91.

высоким уровнем на высоту не менее 1—1,2 м в зависимости от высоты воли в реке. Но на практике могут встретиться случаи,

когда береговую насосную станцию приходится отодвигать на значительное расстояние от берега, если на береговой полосе по строительным соображениям (болота, плавни) будет затруднительно построить здание. Таким примером может служить береговая насосная станция на р. Днестре для Одессы¹, где вследствие образования на значительном протяжении реки плавней пришлось отодвинуть насосную станцию на расстояние до 1700 м

от берега и подвести к ней воду открытым каналом. Второй случай встречается, если гидродинамическая высота всасывания будет настолько велика, что приходится для возможности всасывания опустить на необходимую высоту пол насосной станции, при чем опускание пола производится или частично

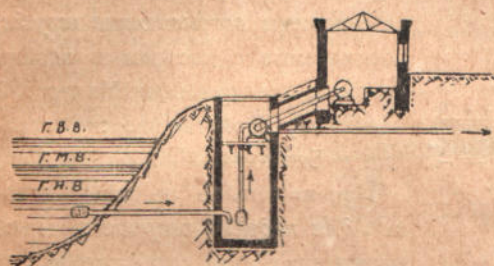


Черт. 92.

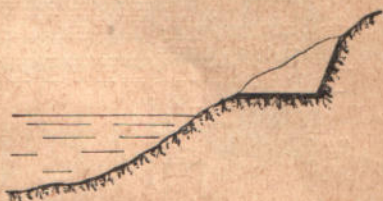
под насос или же целиком; но при таком решении вопроса возникает в случае затопления насосной станции во время половодья необходимость в специальной защите насосной станции от проникания в нее воды (насосная станция Ю З.Ж.Д. в Киеве). Схема устройства насосной станции для первого случая показана на черт. 93.

¹ Иванов В. Ф., проф., Добывание речной воды, „Строит. Промышл.“, 1926.

Другим приемом для решения того же вопроса является возможность устройства насосной станции в колодце большого диаметра; в этом случае насосы помещаются на уровне, обеспечивающем их всасывание, а двигатели (в большинстве случаев электрические) помещаются выше



Черт. 93.



Черт. 94.

на 1—1,2 м уровня высоких вод, вследствие чего во время половодья насос должен работать под водой (напр., Днепропетровск). При постройке же насосной станции на *крутом берегу* может не найтись достаточно места для расположения насосной станции и вспомогательных



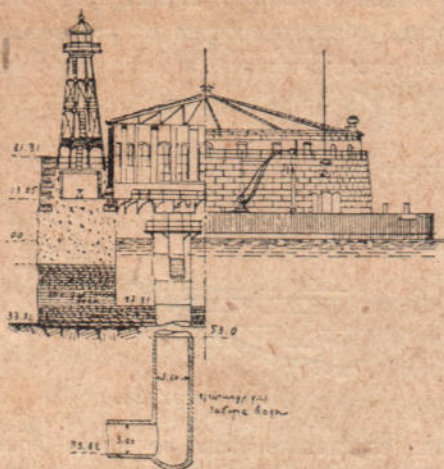
Черт. 95.

для нее построек: в этом случае приходится *срезывать откос* с целью увеличения необходимой для постройки насосной станции площади (черт. 94).

Наконец, нельзя не упомянуть об оригинальном приеме, примененном для устройства насосных станций на *реках с большим колебанием горизонтов* Управлением Московско-Казанской ж. д. для станций Батраки и Ниж.-Новгород.¹ Сущность этого приема заключается в постройке на-

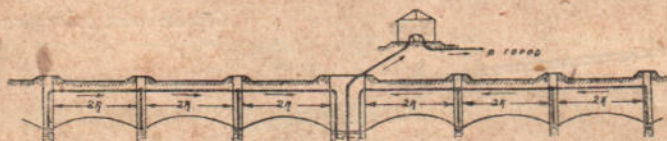
¹ Борзов Н. П., инж. Устройство и улучшение железнодорожного водоснабжения.

сосной станции на колесах, перемещающейся по специальному рельсовому пути лебедкой сообразно поднятию уровня воды в реке: в этом случае в трех пунктах вдоль берега заложены всасывающие трубы,

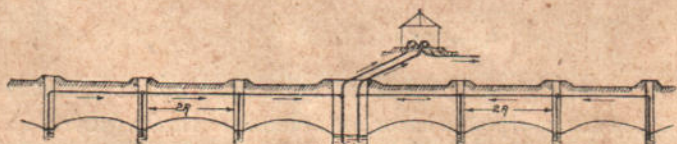


Черт. 96.

которые наиболее пригодным для настоящего случая является тип расположения насосных станций, показанный на черт. 91. При выдвигении



Черт. 97.



Черт. 98.

Черт. 96.

же озерных водоприемников¹ в целях добытия чистой воды на значительное расстояние от берега на новейших установках устраивается насосная станция на самом водоприемнике. Так, на водоприемнике в г. Чикаго, находящемся на расстоянии свыше 6 кил. от берега, устроена специальная насосная станция, подающая воду в береговой водоприемник (черт. 96).

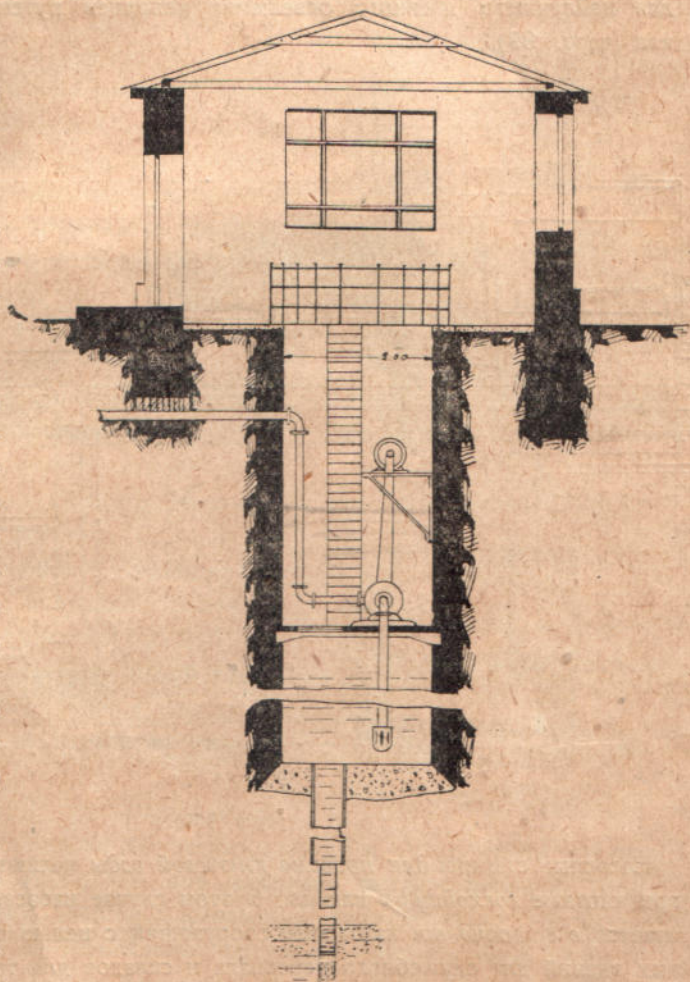
¹ Иванов В. Ф., проф. Добывание озерной воды, 1927.

Типы насосных станций для подъема грунтовой воды зависят от уровня залегания вод, который при использовании может залегать на различной глубине, но, насколько нам известно, не свыше 15 м (Франкфурт на Майне).

Если грунтовые воды залегают на такой глубине (не свыше 6—7 м), которая позволяет их подъем без углубления пола машинного здания, станция распо-

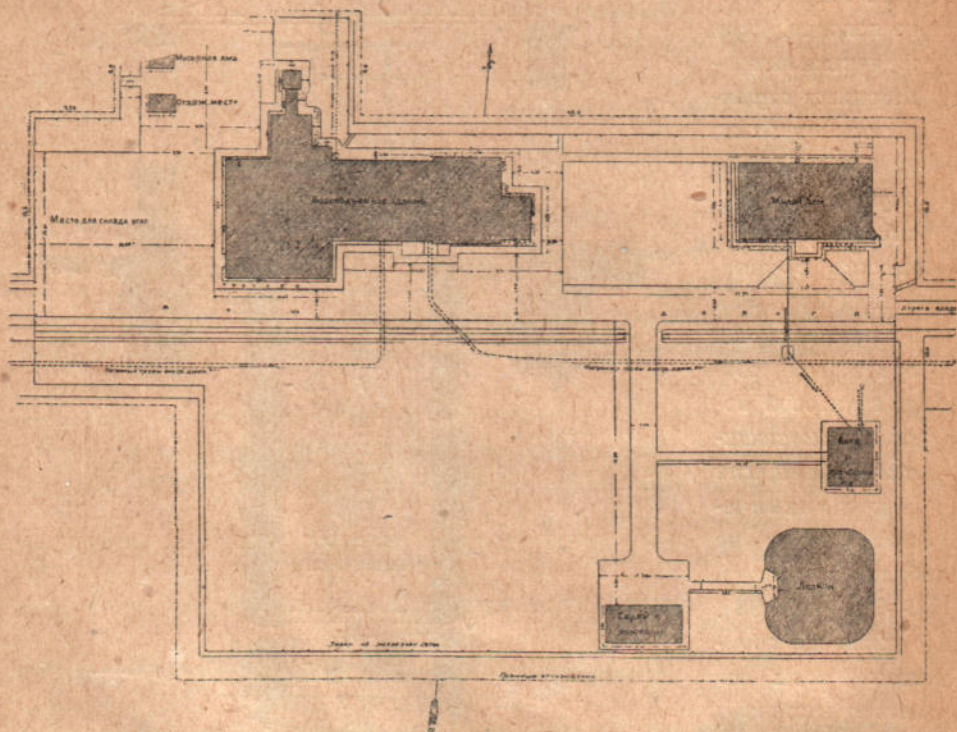
лагается около главного водосборного колодца. Если же каптаж их производится сифонными трубами, то в этом случае опускаются всасывающие трубы насосов в колодезь (черт. 97). Такой же случай будет при сборе грунтовой воды всасывающими трубами, если гидродинамический напор не будет превышать 6—7 м (черт. 98).

Если же грунтовые воды залегают настолько глубоко (не > 15 м), что всасывание воды с поверхности земли становится невозможным, то приходится для этой



Черт. 99.

цели опускать насосы ниже уровня земной поверхности. Практическим приемом для этой цели является превращение *главного водосборного колодца* в *насосную станцию*, в каком представляется возможным установить насосы на такой высоте, которая нужна для всасывания. С этим связано увеличение диаметра водосборного колодца для удобного размещения насосов: тут же приходится принимать специальные меры для наилучшего дневного освещения колодцев путем комбинации зеркал (черт. 99).



Черт. 100.

Насосные станции для подъема ключевой воды являются необходимыми при каптаже *восходящих* ключей. В этом случае насосная станция устраивается *в стороне от* каптажных сооружений с целью расположения жилых зданий для служебного персонала и складов для топлива вне сферы влияния на *возможное загрязнение* ключевой воды. Примером такого

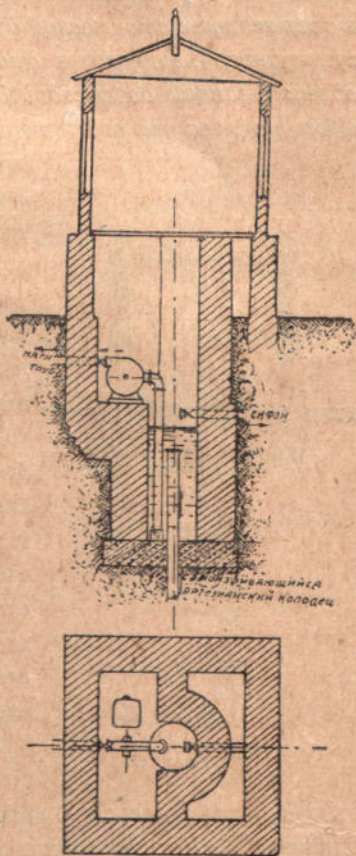
расположения является насосная станция для подъема Орловских ключей, обслуживающих водоснабжение Д. Села и Слуцка (черт. 100).

Насосные станции для каптажа артезианской воды устраиваются сообразно глубине залегания артезианских потоков и высоте установленного для них горизонта понижения уровня воды при ее откачке. Тут на практике могут быть два случая: а) когда горизонт артезианской воды стоит так близко к поверхности земли, что представляется возможным поставить насос в колодце (шурфе) с глубиною, установленной сообразно величине откачки (черт. 101), б) когда горизонт артезианской воды стоит в скважине на такой глубине, что приходится помещать насос (центробежный, штанговый) в самой скважине (черт. 102).

Если же будет в этом случае сделан глубокий колодезь для установки насоса, то тогда насосная станция будет отвечать схеме, показанной на черт. 99.

2) По роду оборудования насосной станции двигателями. В этом случае различают насосные станции: паровые (паровые машины и паровые турбины), водяные (водяные двигатели), ветряные (ветряные двигатели), газогенераторные (газовые двигатели, где газ добывается на самой насосной станции), газовые (газовые двигатели, снабженные газом из городской газовой сети), нефтяные (двигатели Дизеля, Гюльднера и др.) и электрические

(с самостоятельным добыванием электроэнергии и с получением электрической энергии из городской или районной электропроводной сети). Выбор той или иной энергии, основанный исключительно на сравнительных экономических подсчетах¹, определяет тип насосной станции;

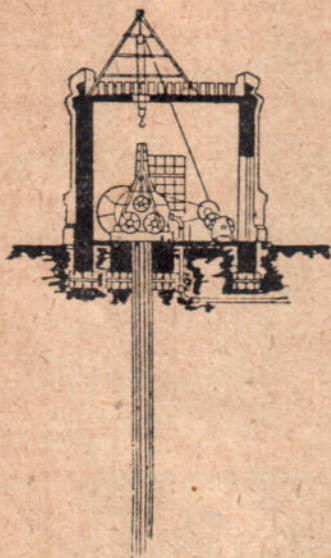


Черт. 101.

¹ Barth, Die zweckmässigste Betriebskraft.

некоторое влияние будет оказывать более или менее удачная компоновка всего проекта насосной станции, заключающаяся, главным образом, в целесообразной расстановке двигателей и насосов.

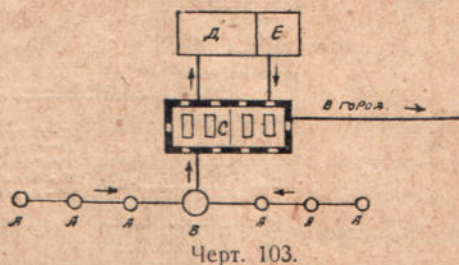
Экономические подсчеты, устанавливающие выбор рода двигателей для насосов, базируется на стоимости топлива. Стоимость топлива складывается из трех величин: стоимости добывания топлива, стоимости транспорта (сухопутного и водного) и стоимости транспорта от сухопутных или водных станций до складов для топлива. Конечно, в тех случаях, когда выбор топлива и рода энергии диктуется местными обстоятельствами, производство сравнительных экономических подсчетов с учетом термических коэффициентов является бесполезным. Так, напр., в нефтяных районах (Баку, Грозный) или в районах, снабженных нефтепроводами (Батум, Туапсе), или в районах, где доставка нефти легко производится в наливных баржах или теплоходах (Волга, Черное море) будут выгодными нефтяные двигатели, в районах добывания угля (Донецкий бас., Кузн. бас. и пр.) или торфа (Ленингр. обл.) — паровые двигатели, наконец, при существовании районных или крупных городских электрических станций, основанных на различных видах топлива (угле, торфе, „белом угле“, нефти и пр.) электродвигатели являются неизбежными.



Черт. 102.

3) По назначению. Классификация насосных станций может быть проведена и по той роли, которую играют насосы в водоснабжении населенных мест. Одни насосы поднимают воду из источника водоснабжения для передачи ее на очистные сооружения или в уравнивательный резервуар (если вода источника водоснабжения чистая). Другие насосы поднимают воду в уравнивательный резервуар населенного пункта или непосредственно в городскую разводящую сеть, снабженную контр-резервуаром (Москва) или лишнюю его вследствие большой проводимости сети, играющей роль контр-резервуара (Ленинград, Одесса).

Наконец, третьи насосы поднимают воду в возвышенные районы населенного пункта, так как является невыгодным с экономической точки зрения держать водопроводную сеть под избыточным напором. Населенные пункты с таким рельефом принято делить на зоны питания и подавать воду с нижних зон в верхние особыми насосами (Днепропетровск, Киев). Особенно часто деление на зоны питания приходится проводить в гористых районах (Кавказ, Крым) и в особенности в курортах, где расположение горных санаторий на возвышенностях может вызвать необходимость в устройстве небольших насосных станций. Насосы I и I подъема могут быть или установлены в одной насосной станции (Москва) или же в двух отдельных насосных станциях (Ленинград). Выбор первого решения является обязательным для небольших и средних городов, где эксплуатационные расходы (надзор, подвоз и хранение топлива) будут при таком решении наименьшими. Второй способ возможен для крупных центров, если будут иметься экономические факторы, обуславливающие такое решение. Самым главным в этом вопросе является оценка стоимости подъема воды на очистные сооружения и возвращения очищенной воды к общей насосной станции. Если мы имеем дело с насосными станциями для подъема грунтовой воды и для подъема освобожденной от железа (и марганца) воды в населенный пункт, то в этом случае вследствие бли-



Черт. 103.

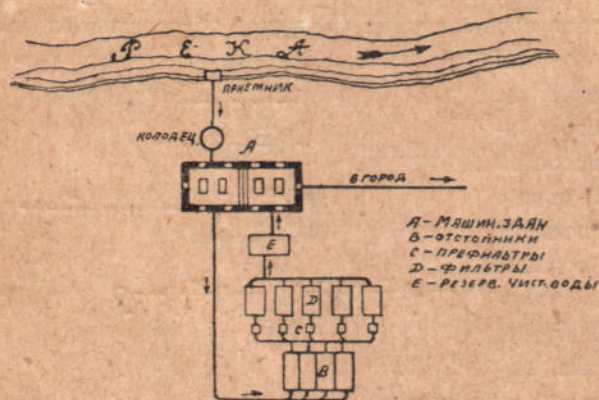
зости очистных сооружений к насосной станции установка насосов I и II подъема в одном здании является выгодной (черт. 103).

Но, если мы имеем дело с насосной станцией, поднимающей воду из реки, то здесь приходится передавать ее при применении английской фильтрации последовательно на отстойники, префильтры и фильтры и возвращать ее обратно к уравнительному резервуару, расположенному у насосной станции (черт. 104). Здесь нужно подсчитать эксплуатационные расходы по подъему всего количества воды Q на излишнюю высоту H (практически 4—4,5 м) и сопоставить с экономией от постройки одного здания вместо двух и сокращения эксплуатационных расходов, (служебный персонал, топливо, ремонт). В крупных центрах представ-

ляется, по нашему мнению, наперед невыгодным совмещение насосов I и II подъема в одном здании.

При *каптаже* грунтовых вод могут быть случаи, когда вода не содержит в себе железа: тогда уничтожается второй подъем, а число отдельных насосных станций устанавливается сообразно размерам бассейнов грунтовой воды (Рига). Сложный случай получается при использовании артезианской воды, не поднимающейся до уровня земли: здесь приходится иметь три подъема воды: *первый* — из скважин в сборный резервуар, *второй* — из резервуара на сооружения для выделения железа и *третий* — из резервуара для очищенной воды в городскую сеть или уравнительный резервуар (Киев).

Возвращаясь к вопросу о зональных водопроводах, необходимо иметь в виду, что число насосных станций 3-го и даже 4-го подъема устанавливается строго со-



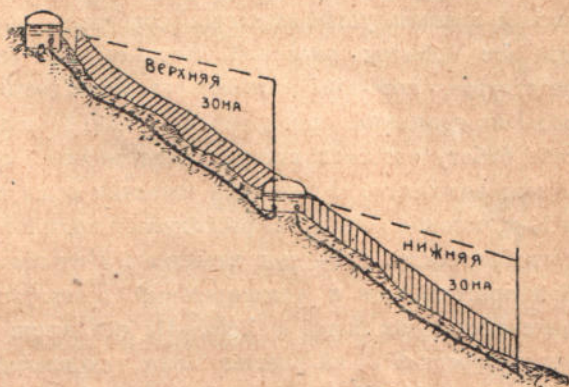
Черт. 104.

образно рельефу населенного пункта; в этом случае насосные станции устраиваются в большинстве случаев в центральных частях города, что облегчает применение для них электрической энергии (черт. 105).

4) По числу насосов.

В насосных станциях устанавливают один, два, три и более агрегатов (насосов + двигателей), сообразно количеству нагнетаемой ими воды и типу выбранных для данного случая водоподъемных машин. С эксплуатационной точки зрения нельзя строить насосную станцию с одним насосом, так как раз-два в день приходится исключать его из работы для осмотра, очистки, смазки и мелкого ремонта. Исключение составляют водоподъемные станции для ж.-д. станций, где иногда по условиям графика движения, на станциях III класса насосы работают раз-два в неделю; но для ж.-д. станций I и II кл. нужно устанавливать по крайней мере два насоса, так как здесь приходится подавать воду

для многочисленных жилых зданий, мастерских, паровозных и вагонных депо, продовольственных пунктов и пр. Кроме того, *артезианские скважины с подъемом воды* представляют по существу *насосные станции с одним агрегатом*. Станции с *тремя насосами* являются очень удобными для эксплуатации: один насос работает *постоянно* (т. е. в течение 20 — 22 часов), другой вступает в работу в часы наибольшего потребления, а третий остается в резерве, т. е. пускается в работу при порче любого из работающих насосов; практически перевод любого насоса в резерв может облегчить производство и более сложного ремонта. Дальнейшее увеличение числа насосов может оказаться



Черт. 105.

нужным только тогда, когда, с одной стороны, мы имеем *большие часовые колебания расхода в городе*, которые мы в целях уменьшения емкости уравнильных резервуаров пускаем в ход то или иное количество насосов, с другой, когда мы учитываем *рост потребления воды путем последовательной* установки насосов на заранее подготовленные фундаменты. Примером такого устройства является вновь построенная насосная станция им. Октябрьской Революции (б. Чумка) в Одессе. При решении вопроса об устройстве больших насосных станций нужно иметь в виду, что при двух агрегатах (насосов + двигателей) — резерв будет в 50% от их количества, при 3 — в 33¹/₃% при 4 — 25%, при 5 — 20% и т. Таким образом, *увеличение количества агрегатов* на насосной станции всегда ведет к *уменьшению резерва* и делает ее гибкой при различных условиях подачи воды, что и оценивается в современных конструкциях насосных станций.

Особенное положение занимают насосные станции *на курортах*, где во время лечебного сезона станции могут работать с небольшим резервом, а во время перерыва, когда остается только *постоянное количество*

жителей, приходится перевести часть насосов в резерв; поэтому при постройке таких насосных станций следует строго взвесить их фактические условия работы.

§ 2. Определение числа насосов на насосных станциях.

Как мы уже говорили в предыдущем параграфе, число насосов на насосной станции устанавливается сообразно потреблению воды в городе, при чем избыток поданной насосами воды скопляется в уравнительном резервуаре, который вытекает из последнего при увеличении разбора воды из городской водопроводной сети. Поэтому мы можем представить себе работу насосной станции аналитически следующим образом. Обозначим: количество подаваемой насосами воды по часам чрез q_1, q_2, \dots, q_{24} в % -х, часовые количества расходуемой воды в городе в % чрез v_1, v_2, \dots, v_{24} тогда *разности* $q_i - v_i$ в зависимости от знака будут представлять собой притекающие в уравнительный резервуар количества воды или же вытекающие из него в сеть. На основании этих разностей мы можем легко определить количества воды, скопляющиеся в уравнительном резервуаре, — M_1, M_2, \dots, M_{24} , из коих наибольшее значение M_{max} определит *полезную емкость резервуара* для нужд хозяйственного расхода; к этой величине следует прибавить известный *запас на случай пожара* в городе в течение 2 — 4 часов для питания пожарных кранов или пожарных машин, но на этом вопросе, как выходящем за пределы настоящего сочинения, мы останавливаться здесь не будем. Перейдем теперь к практическому определению количества насосов, для чего приводим ниже два численных примера.

Численный пример 9. На насосной станции установлены два насоса, из которых один действующий, а другой запасный. Насос работает равномерно с 7 ч. утра до 3 ч. дня (8 часовый рабочий день), т. е. подает в час тройное среднее часовое количество воды, а именно $12,5\%$ суточного расхода. Требуется определить полезную емкость уравнительного резервуара при определенном графике потребления воды и работе одного насоса.

Составляем для этой цели специальную таблицу XVIII, для которой берем

ТАБЛИЦА XVIII.

Часы	q в %	v в %	q-v в %		M в %
			+	-	
7 — 8 утра	12,5	5,6	6,9	—	6,9
8 — 9 "	12,5	5,8	6,7	—	13,6
9 — 10 "	12,5	6,2	6,3	—	19,9
10 — 11 "	12,5	7,4	5,1	—	25,0
11 — 12 "	12,5	7,2	5,3	—	30,3
12 — 1 "	12,5	6,3	6,2	—	36,5
1 — 2 дня	12,5	6,5	6,0	—	42,5
2 — 3 "	12,5	6,2	6,3	—	48,8
3 — 4 "	—	5,0	—	5,0	43,8
4 — 5 "	—	3,52	—	3,52	40,28
5 — 6 "	—	3,4	—	3,4	36,88
6 — 7 веч.	—	4,2	—	4,2	32,68
7 — 8 "	—	4,4	—	4,4	28,28
8 — 9 "	—	4,2	—	4,2	24,08
9 — 10 "	—	3,56	—	3,56	20,52
10 — 11 "	—	3,5	—	3,5	17,02
11 — 12 ночи	—	2,5	—	2,5	14,52
12 — 1 "	—	2,4	—	2,4	12,12
1 — 2 "	—	2,32	—	2,32	9,80
2 — 3 "	—	2,9	—	2,9	6,90
3 — 4 "	—	2,0	—	2,0	4,90
4 — 5 "	—	1,8	—	1,8	3,10
5 — 6 утра	—	1,8	—	1,8	1,30
6 — 7 "	—	1,3	—	1,3	1,3
Итого	100%	100%			

Из этой таблицы следует, что при работе одного насоса в течение 8 часов получается полезная емкость уравнильного резервуара (без запаса на пожар) в 48,8%. Практически такая емкость допустима при среднем суточном расходе в городе (не свыше 5000 м³), в особенности при постройке резервуара в земле. Возможно, конечно, построить в этом случае и водонапорную башню, так как получающаяся здесь емкость бака около 3000 м³ (вместе с запасом на пожар) допускает постройку такого здания, в особенности, если башня будет расположена на возвышенности. Другим затруднением при постройке башен с большими баками является их значительная стоимость, могущая достигать 15 — 20% от общей сто-

имости водоснабжения в условиях СССР. Поэтому часто представляется целесообразным принять специальные меры для уменьшения объема бака или резервуара, что легко достигается путем установки нескольких насосов и пуском их в работу сообразно часовым колебаниям расхода в день наибольшего потребления. Такой прием приводится нами в следующем примере (Таблица XIX).

Численный пример 19. На насосной станции установлено 5 насосов с производительностью в 1,4% суточного расхода в день наибольшего потребления. Требуется определить условия их работы и емкость уравнительного резервуара при определенном графике потребления.

ТАБЛИЦА XIX.

Ч а с ы	Число одновр. работ. насос.	q в % %	v в % %	q - v в % %		M в %
				+	-	
12— 1	1	1,4	1,37	0,03	—	0,03
1— 2	1	1,4	1,42	—	0,02	0,01
2— 3	1	1,4	1,38	0,02	—	0,03
3— 4	2	2,8	1,78	1,02	—	1,05
4— 5	2	2,8	2,31	0,49	—	1,54
5— 6	2	2,8	2,88	—	0,08	1,46
6— 7	3	4,2	4,51	—	0,31	1,15
7— 8	4	5,6	5,40	0,20	—	1,35
8— 9	4	5,6	5,80	—	0,20	1,15
9—10	4	5,6	6,13	—	0,53	0,62
10—11	5	7,0	6,23	0,77	—	1,39
11—12	5	7,0	6,19	0,81	—	2,20
12— 1	4	5,6	5,53	0,07	—	2,27
1— 2	4	5,6	5,50	0,10	—	2,37
2— 3	4	5,6	5,48	0,12	—	2,49
3— 4	4	5,6	5,51	0,09	—	2,58
4— 5	4	5,6	5,51	0,09	—	2,67
5— 6	4	5,6	5,57	0,03	—	2,70
6— 7	4	5,6	5,14	0,46	—	3,16
7— 8	3	4,2	4,61	—	0,41	2,75
8— 9	3	4,2	4,17	0,03	—	2,78
9—10	2	2,8	3,36	—	0,56	2,22
10—11	1	1,4	2,48	—	1,08	1,14
11—12	1	1,4	1,73	—	0,33	0,81

Наибольшее значение для M в этом случае составляет 3,16% часового расхода в день наибольшего потребления (без пожарного запаса), что дает полную

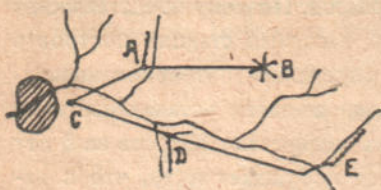
возможность применить как уравнильный резервуар, так и водонапорную башню. Из этого примера легко видеть, что *увеличение* числа насосов ведет к *уменьшению* емкости уравнильных сооружений.

Приведенный выше пример относится к дню наибольшего потребления в последний год расчетного периода (15—25 г.). Но после постройки насосной станции не *все определенные расчетом насосы* будут нужны в *первые годы эксплуатации водопровода*. Поэтому представляется рациональным при проектировании крупных насосных станций построить графики потребления чрез каждые 5 лет, определить потребное количество насосов для этих пятилетних периодов, а затем устанавливать их с таким расчетом, чтобы иметь на станциях количество насосов на 5 лет вперед. К такому осторожному решению нас побуждает и то, что в настоящее время Правительством составляются и проводятся в жизнь *пятилетние планы развития промышленности в СССР*, при выполнении которых для различных производств в городе могут потребоваться значительные количества воды.

§ 3. Общие основания для постройки насосных станций.

При сооружении насосных станций необходимо прежде всего обратить тщательное внимание на *выбор* наиболее подходящей для нея *площади*, от размеров которой до известной степени и зависит выбор ее оборудования. Но земельный вопрос имеет большое значение *за границей*, у нас же в *СССР* он *разрешается* значительно *проще* при *отсутствии собственности на землю* и сводится к отводу для пользующихся необходимым для насосной станции земельным участком нового, эквивалентного прежнему земельного участка. При установлении величины земельного участка нужно сделать подсчет площади, необходимой как для насосной станции, так и для вспомогательных построек (складов для топлива, жилых домов для служащих и пр.). Тут на практике могут быть два случая: *первый* — когда насосная станция помещается на территории очистной станции (речные, озерные, грунтовые воды), и *второй*, когда станция помещается отдельно от очистных сооружений. В *первом случае* необходимая для насосной станции площадь будет сводиться только к самой насосной станции и складам для топлива, а во втором потребуются и дома для служащих. Тут нужно заметить, что при помещении насосной станции в городской черте вопрос о домах для служащих может разрешаться

в зависимости от возможности использования для жилья зданий, находящихся и за пределами территории для насосной станции. Наконец, на практике могут устраиваться и такие районные городские насосные станции, которые получают электрическую энергию или сжатый воздух из центральной станции. На черт. 106 показаны районные станции А, В, D и E



Черт. 106.

для каптажа грунтовых вод, а С — центральная силовая станция. В целях наилучшего определения величины участка для насосной станции целесообразно составить эскизный проект ее с учетом тех типов двигателей и насосов, на которых остановился составитель проекта или путем сравнительных подсчетов, или путем простых умозаключений (добывание топлива, близкие к месту насосной станции или деш

шевый фрахт, наличие мощной районной электрической насосной станции).

Для облегчения задачи по определению площади для насосных станций мы приводим ниже специальную таблицу XX (стр. 138), в которой собраны данные об устроенных насосных станциях за границей и в СССР.

При определении площади для насосной станции необходимо ввести еще добавочную площадь для возможных расширений ее в будущем, так как вследствие бурного роста некоторых городов по плану индустриализации СССР трудно учесть размеры площади на продолжительный период.

После того, когда место для станции выбрано, необходимо произвести тщательное исследование почвы (разведочные скважины или шурфы) с целью выяснить тип необходимых оснований для намечаемых двигателей и насосов; при этом попутно должны быть определены и горизонты почвенных вод. Эти исследования должны быть сделаны не только для корпуса насосной станции, но и для вспомогательных зданий, так как они имеют громадное значение для выбора системы устройства оснований. Параллельно с исследованием почвы необходимо подвергнуть тщательному анализу вопрос о выборе наиболее прочного и самого дешевого строительного материала; при этих подсчетах необходимо оценить возможность применения местного строительного материала, который в большинстве случаев является и самым дешевым вследствие сокращения расходов по

его транспорту. Напр., в Одессе для стен строящейся электро-насосной станции „Чумка“ применен местный известняк, и только основание ее сделано в виде железобетонной подушки. Вообще же для стен здания можно применять самые разнообразные материалы: кирпич, бетон, ж.-бетон, бутовую (циклопскую) кладку и т. под.

Далее, нужно обратить особенное внимание на устройство основания для насосной станции при существовании подземного потока, в особенности, если для обеспечения необходимого всасывания приходится опускать насосы и двигатели ниже поверхности земли. В этом случае приходится принимать специальные меры для предотвращения проникания воды через стены путем прокладки как внутри, так и снаружи изоляционных слоев из асфальта, цементного раствора с церезитом и т. п.

Сама постройка подобных оснований ведется в шпунтовых ограждениях при постоянной откачке насосами; в случае глубокого заложения оснований представляется целесообразным в стороне от них по направлению потока почвенных вод устраивать деревянные колодцы для откачки из них воды. Если песок (пльвун) имеет зерна средней крупности, то представляется возможным применить способ искусственного понижения уровня грунтовых вод путем устройства по его периферии трубчатых колодцев. Этот способ широко применяется за границей, в особенности в Германии¹; у нас он с успехом был применен для постройки новой насосной канализационной станции на Подоле в Киеве. Окна в насосных станциях должны давать хорошее освещение (1:4—1:5) в целях обеспечения наилучшего надзора за работой двигателей и насосов; для этих же целей на высоких станциях устраивается в центре световой фонарь. На станциях должно быть и отопление, в особенности в местностях с суровым климатом, которое на маленьких станциях осуществляется печами, а на больших—центральным отоплением; отопление на паровых станциях может быть основано и на использовании мятого пара. Центральное отопление влечет за собой и центральную вентиляцию, имеющую значение не только для работы служебного персонала, но и для содержания в чистоте машин, так как она обеспечивает их более долгую эксплуатацию. Двери в насосных станциях должны иметь размеры, обеспечивающие свободный проход через них двигателей и насосов:

¹ Иванов В. Ф., проф., Канализация населенных мест. II изд., 1926.

в случае упущения этого правила приходится при установке двигателей и насосов ломать стены. Двери и окна должны открываться в наружу, что является обязательным *при паровых установках*. Высота зданий устанавливается сообразно высоте двигателей и насосов, которые должны свободно перемещаться посредством катушек кранов с тележками, снабженными дифференциальным блоком, так, чтобы они не задевали другие агрегаты, для чего нужно иметь запас в высоте на менее 0,5—1 м. Катучие краны работают не только *во время монтажа* насосных агрегатов, но и *при эксплуатации*, когда приходится перемещать отдельные части машин в ремонтные мастерские. Если ширина здания значительная, то в целях уменьшения пролета крана представляется выгодным устанавливать *два катучих крана* на особых столбах для обслуживания двух параллельных групп агрегатов. Для перемещения катучих кранов укладываются рельсы или по стенкам здания или по столбам, Разумеется, на маленьких станциях применяют вместо кранов деревянные треноги с талями. Краны приводятся в движение или *вручную* (цепями с блоками снизу) или *электромоторами*. Полы в больших насосных станциях следует делать из *метлахских* или *цементных* плиток; на маленьких же можно применять *асфальтовые, бетонные и кирпичные* полы. Стены снаружи окрашиваются *светлой масляной краской*, а на высоту до 2 м обкладываются метлахскими или цементными плитками.

На насосной станции должны быть *умывальники* и *клозеты* для служебного персонала; тут нужно заметить, что при отсутствии канализации, встречающейся на практике в виде исключения (Москва, Рублевская нас. ст., Одесса, Беляевка н. ст.) можно применять по санитарным соображениям только *подвижные выгреба*¹, защищающие почву от загрязнения.

Высота подвалов для удобства прохода не должна быть меньше 2 м; они могут быть освещены сверху дневным светом чрез рамы с толстыми стеклами и обязательно снабжены электрическим освещением.

Архитектурная обработка насосной станции должна соответствовать ее назначению и учесть возможность ее расширения в будущем, что особенно важно для индустриальных центров.

Угольные склады располагаются ближе к котельной и снабжаются узкоколейными путями для доставки в них угля и передачи в котлы

¹ Иванов В. Ф., проф., Канализация населенных мест, 1926.

через бункера; также близко к насосной станции устраиваются и склады дров.

Нефть и ее производные (мазут, керосин) хранится в особых железных цистернах, откуда подается насосами в бачки с емкостью для суточного потребления, устанавливаемые в верхней части насосных станций. Запасы всякого топлива на насосной станции должны быть рассчитаны на 3—6 месяцев.

Ознакомившись с общими основаниями дела постройки насосных станций, дадим в последующей главе описание различных насосных станций, как в СССР, так и за границей. При изложении этого вопроса мы дадим описание больших и малых насосных станций, работающих на различных видах топлива.

ТАБЛИЦА XX.

№№	Название города	Род энергии	Краткое описание насосной станции	Площадь насосной станции в м ²	Источник, из которого заимств. приведены в таблице данные	Завод, изготовивший насос
1	Хохкирхен у Кельна (Hochkirchen bei Köln)	П а р	8 вертикальных паровых насосов, установленных параллельно, с прогвз. $Q = 1620$ м ³ /час и высоте подъема $h = 18,7$ м	$65,1.11,0 = 716$	Lueger-Weyrauch 1	Борзиг (Borsig)
2	Лар в Бадене (Lahr in Baden)	П а р	1 верт. паров. насос в 25 НР $Q = 25$ л/сек помещ. в кругл. шахте, котел с трубами наверху шахты. Т. о. здесь насос и котел в одном помещ.	$9,5^2 = 90$	Там же	Клейн, Шандлер и Беккер (Klein Schanzler und Becker)
3	Кирхгеймболанген (Kirchheimbolan-gen)	П а р	3 паровые компаунд насосы двойного действия с $Q = 76$ м ³ /час и $h = 90$ м	Машина. пом. $10.6 = 60$ котельная $10.7.5 = 75$ вспом. пом. $10.2.5 = 25$ Общ. пл., 160	Там же	Та же фирма
4	Вестенгаузен (Westenhausen)	Электричество	1 электромот. в 3 НР. 1 трехступенчатый центр. насос выс. давлен. с $Q = 4$ л/сек и $h = 30$ м. водоприем. колодец под полом насосной станции	$4.24.3.64 = 15.4$	Там же	Машинный завод Эслинген (Maschinenfabrik Esslingen)

5	Поппенайлер (Poppenweiler)	Электриче- ство	2 электромотора в 10 НР, 2 двухступенчатых центр насоса с $Q=9,5$ м ³ /сек и $h=30$ м, водоприемный кол. вне насосной станции	4,24.3,64 = 15,4	Там же	Та же фирма
6	Форт Мангейфель у Меца (Fort Manteufel bei Metz)	Керосин	Штанговый насос простого действия с керос. двигателем $Q=4$ м ³ /час, $h=64$ м; в насос. стан. имеется место для 2 агрегата.	4,7 = 28	Там же	Клейн Шандлер и Беккер (Klein, Schanzler und Becker)
7	Ж. д. станция Альтона — Лангефельде (Bahnhof Altona — Langefeld)	Газ	3 гориз. насоса двойного действия и 3 газ. двигат. с ременной передачей; $Q=300$ м ³ /ч и $h=47$ м	6.10 = 60	Там же	Та же фирма
8	Кведлинбург (Quedlinburg)	Газ	2 плунж. насоса двойного действия и 2 газ. двигат. в 16 НР, $Q=62,5$ м ³ /час., $h=38$ м	9,5.13 = 124	Там же	Фабрика газовых двигател. Дейтца (Deutzer Gasmotorenfabrik)
9	Фюрт (Fürth)	Газ	3 пары плунжерных насосов простого действия и 3 газ. двиг. в 40 НР, $Q=144$ м ³ /ч $h=50$ м	10,5.2,9 + 8,5.3 = 330	Там же	Та же фирма

ТАБЛИЦА XX (продолжение).

№№	Название города	Род энергии	Краткое описание насосной станции	Площадь насосной станции	Источник, из которого приведены в таблице данные	Завод изготовивший насос
10	Хостервиц в Дрездене (Chostertwitz in Dresten)	П а р	2 верт. паров. двигателя тройного расшир. приводящие в движ. 6 насосов двойн. дейст., устан. в шахт. колодце Q (для 3 насосов) = $840 \text{ м}^3/\text{ч}$, $h=71 \text{ м}$	$24,8 \times 11,36$ $+ 29,66 \times 19,13$ $= 850,4$	Будников и Бромлей 1	—
11	Смоленск	Нефть	1 Дизель в 60 HP и быстрый поршневой насос $Q = 80 \text{ м}^3/\text{ч}$	$11,7 \times 7,7 = 90$	Будников и Бромлей	Отто Швале (Otto Schwade)
12	Киев, Васильковский подстанция	Нефть	2 Дизеля по 100 HP и два камерных центроб. насоса $Q = 150 \text{ м}^3/\text{ч}$ для каждого насоса	$15 \times 9,63 = 144,45$	Описание Киевского Водопровода, 1910	Бр. Зульдер в Винтертуре (br. Sulzer, in Winterthur)
13	Киев, Васильковский подстанция	Электр.	1 электромот. трехфазного тока в 80 HP и 5-камерный центробж. насос $Q = 125 \text{ м}^3/\text{ч}$	$10,65 \times 7,56 = 80,51$	Там же	Та же фирма

14	Лондон, Чингфордская станция (London, Chingford pumpstation)	Газ Доусона	5 газовых насосов Гемфри (4 в 330 HP и 1 в 160 HP) Q (4 нас.) = 2,15 м ³ /сек, Q (1 нас.) = 1,08 м ³ /сек, $h = 9$ м	—	Будников и Бромлей	Английск. завод Пэмп и Поуэр (Pump and Power)
15	Киев, подстанция для подъема артези- анской воды из са- моизливающейся скважины	Электр. энергия	1 электром. и 1 центроб. на- сос, установлен. в колодце, глуб. 15 м для подъема воды	8,56 × 3,5 = 12,51	Описание Киевского Водопро- вода	Бр. Зульнер
16	Станция Реэлитц- гоф в Шарлоттен- бурге (Pumpstation Reelitzhof, Charlottenburg)	П а р	Паровая 2-х ступенчатая тур- бина и 3-х ступен. центр. на- сос = 2400 м ³ /ч $h = 74 - 104$ м	100	Нейман (Neuman) ²	Всеобщ. Комп. электр. трич.
17	Милан, станция на пло- щади Оружия (Piazza d'Armi)	Электр. энергия	3 газогенератора, 3 газовых двигателя в 100 HP, 3 цен- тробеж. насоса с производит. 100 л/сек, маном. высотой подъема 52 м, число оборотов 900 — 925, коэф. полезного дейст. — 0,75	См. главу XI, черт. 114 а-с	(Минорини) Minorini ³	Швейцар- ский завод бр. Зульнер в Винтер- туре Sulzer, Winterthur)

¹ Будников, инж. и Броммлей, Насосные станции городских и заводских водопроводов, 1927.

² Neuman, Die Zentrifugalpumpen, 1911.

³ Minorini, ing. Di Alcuni impianti per l'Aqua potabile della città, „Il Politecnico“, 1907.

ТАБЛИЦА XX (продолжение).

№	Название города	Род энергии	Краткое описание насосной станции	Площадь насосной станции	Источник, из которого заимств. приведен, в таблице данные	Завод изготовляющий насосы
18	Милан, станция (Корсо Верцелли) (Corso Vercelli)	Электр. энергия	2 электромотора в 200 HP и 2 центробежных насоса в 185 HP с произв. 200 л/сек, манометрическая высота подьема 52 м число оборотов 810 - 815	См. главу XI, черт. 129 а-ф	Minotini	Швейцарский завод Зульцер в Винтертуре
19	Ульм на Дунае (Ulm an der Donau)	Водяная энергия	4 водяные турбины Фрэнсиса, эксплуатирующиеся средней годовою расход Дуная в 25 м ³ /сек и падение 3,2 м приводят в движение 4 генератора, кажд. мощностью 225 kW напряж. 5000 V. Получающийся ток идет на сборные шины, откуда уже направляе.ся частью в город, а частью для снабжения энергией электромоторов для 2 насосов (3 запасных); запасными двигателями для насосов служат 2 локомотива Ланца	Гидравлическая установка $20 \times 14 + 4,5 \times 13,8 = 342,1 \text{ м}^2$ насосная станция $20 \times 14 + 13 \times 14 = 462 \text{ м}^2$ (вспомогат. помещения) $(12,8 \times 11,1) \times 2 = 282,2 \text{ м}^2$ Всего — 1088,3 м ²	Lueger Weyrauch	Машиностроительный завод Эсслинген (Maschinen Fabrik Esslingen)

<p>20</p> <p>Бохум на р. Рур (Vochum an der Ruhr)</p>	<p>Водяная энергия</p>	<p>3 быстходные водяные тур- бины Френсиса (343 обор. в минуту) приводят попарно 6 гориз. плунж. насосов двой- ного действия (число оборо- тов 43 в мин.), производи- тельн. кажд. из групп 22000 м³/сут.</p>	<p>27×14=378</p>	<p>Там-же</p>	<p>Ганновер- ский маши- ностроит. завод (Hannove- rische Maschinen- fabrik)</p>
<p>21</p> <p>Москва, Мытищенская наосн. станция</p>	<p>Электр. энергия</p>	<p>2 электромотора и 2 центро- бежных насоса с производи- тельностью в 1072 м³/час ка- ждый</p>	<p>—</p>	<p>Будников и Бромлей</p>	<p>Егер (Jäger)</p>
<p>22</p> <p>Одесса, новая станция Окт. Револ. (б. Чумка)</p>	<p>Электр. энергия</p>	<p>8 электромоторов и 8 центро- бежных насосов из них 6 с производит. 700 м³/час, а два — 375 м³/час, числом оборо- тов 1450 в минуту, маномет- рич. высотой напора 40 м</p>	<p>Машинный зал 18,2×15=273 м², помеш. для распр. устр. 15×4,5= =67,5 м²</p>	<p>По данным Инж. Д. Г. Полизо, инж. Одес. Ком. Родоп.</p>	<p>Ленингр. машино- строит. завод</p>
			<p>Машинет, кладов., ма- стерская, раздев., душев., клос.), 85,07 м².</p>		
			<p>Всего—425,57 м²</p>		

ТАБЛИЦА XX (продолжение).

№№	Название города	Род энергии	Краткое описание насосной станции	Площадь насосной станции	Источник, из которого за-имств. приве-ден, в таблице данные	Завод изгото-вляющий на-сосы
23	Москва Рублевская на-сосная станция	Пар, нефть и электрич.	Станция совмещает два подьема: <i>первый подъем</i> (из реки на очист. соор.) 4 пар, маш. по 240 HP, 2 Дизель-насоса по 375 HP и 2 электронасоса с произв. в 2768 м ³ /ч, числом оборотов — 485 в мин., манометр. напор 40 м, электромото-ры асинхронные в 400 HP, с напряж. в 6000 V; <i>второй подъем</i> : (очист. воды в сеть) 2 пар. маш по 567 HP, 2 Дизель насоса по 750 HP, 2 элект. мот. мощ. в 1100 HP и 2 двухступенчат. центроб. насоса произв. 2083 м ³ /час числом оборотов 585 в мин., манометр. напором 75 — 80 м	Площадь насосной станции	Источник, из которого за-имств. приве-ден, в таблице данные	Электро-насосы не-мецкого завода Егер (Jäger).
24	Ростов на Дону	Электр. энергия	8 электромотор, и 8 центро-бежн. насосов, произв. 450 — 500 м ³ , манометрич. вы-сотой подъема в 96 — 104 м, числом оборотов в минуту 1450, коэфф.ц. полез. действия — 0,75 — 0,77	Площадь машин-ного зала 14,5×19,38= =281,0 м ² Служеб. пом. в подвале 14,5×8,75= =126,87 м ²	Водопр. и канализ. г. Ростова на Дону, издание Ростовско-го на Дону	Электро-насосы не-мецкого завода Егер (Jäger)

	<p>Камера для рас- предел. уст- ройств. $9,1 \times 4,70 =$ $= 42,77 \text{ м}^2$</p> <p>Всего—450,65 м² (не считая местн. и корридор)</p>	<p>Треста Водокана- лизации</p>	
25	<p>Камышин</p> <p>Нефть</p>	<p>2 Дизель мотора мощ. в 40 HP и 2 центробежн. насоса, мощн. в 32 HP</p>	<p>Площадь машин. зала $11,08 \times 8,95 =$ $= 99,18 \text{ м}^2$</p> <p>Площадь служеб. помещ. (кабинета, водомерной мастерской и корридора) $2,17 \times 8,95 =$ $= 19,42 \text{ м}^2$</p> <p>Всего—118,60 м²</p> <p>В. Ф. Ива- нов 1</p>
26	<p>Цюрих</p> <p>Электрич.</p>	<p>5 электромоторов мощностью 338 HP, 5 центробежных на- сосов с производит. 320 л/сек, 1450 оборотов в мин., манометрич. напоре—59,17 м, ко- эффиц. полез. действия 0,75</p>	<p>$21,5 \times 9,15 =$ $= 196,77 \text{ м}^2$</p>

¹ Lueger-Weugauch, Die Wasserversorgung der Städte, 1916.

² Иванов В. Ф., проф., Водоснабжение г. Камышина грунтовой водой, 2-е издание, 1917.

ТАБЛИЦА XX (Продолжение).

№№	Название города	Род энергии	Краткое описание насосной станции	Площадь насосной станции	Источник, из которого за- меств, приве- ден в таблице данные	Завод изготов- ляющий насосы
27	Детское Село	Пар	3 корнвалийских котла с по- верхн. нагрева в 50 м ² для кажд. котла, 3 паровых на- соса Вортингтон тройного рас- ширения	Котельная 24,71×18,04 = =455,67 м ² Экономайзер 4,01×5,26 = =21,09 м ² Маш. отд. 16,93×11,59 = =198,99 м ² Мастерская 9,58×6 = 57,48 м ² Контора 7×6 = 42,00 м ² . Корридор 4×2,07 = 8,28 м ² Кладовая —5,43×2,19 = =11,84 м ² Всего—794,58 м ²	И. П. Ка- ленин ¹	

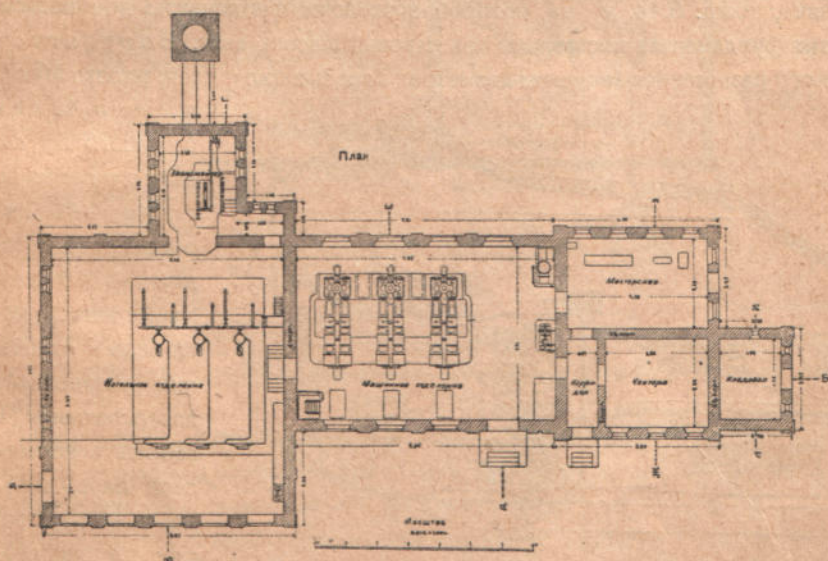
¹ Калинин И. П. О вновь устроенном Орловском водопроводе для снабжения ключевой водой Детского (б. Царского) Села и Слудка (б. Павловска), Труды VII Водопр. Съезда, 1905.

ГЛАВА ОДИНАДЦАТАЯ.

НАСОСНЫЕ СТАНЦИИ С МЕХАНИЧЕСКИМИ ДВИГАТЕЛЯМИ.

§ 1. Насосные станции с паровыми машинами.

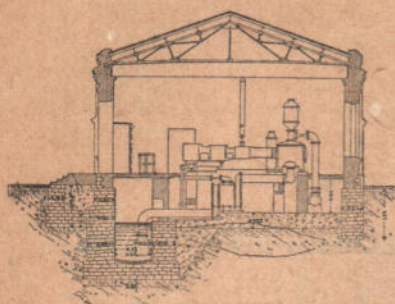
В 1905 г. была пущена в эксплуатацию насосная паровая станция для подъема воды восходящих Орловских ключей¹, обслуживающая два го-



Черт. 107а.

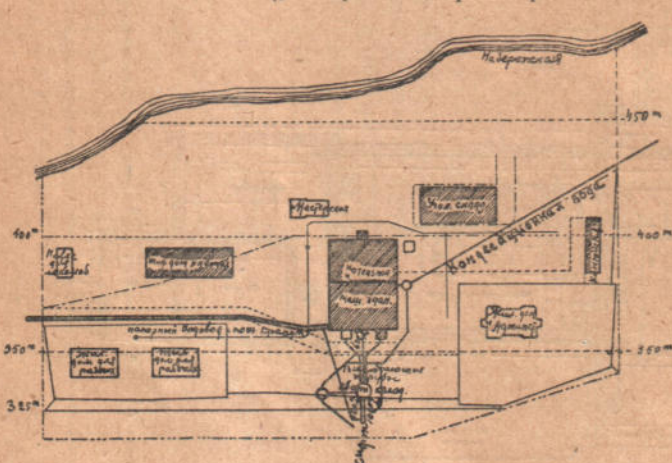
рода: Детское Село и Слуцк (б. Павловск). Насосная станция состоит из следующих помещений: котельной ($24,75 \times 18,04 = 255,69 \text{ м}^2$) с экономайзером

($4,01 \times 5,26 = 21,09 \text{ м}^2$), машинного отделения ($16,93 \times 11,59 = 198,04 \text{ м}^2$), мастерской ($9,58 \times 6 = 57,48 \text{ м}^2$), конторы ($7 \times 6 = 42 \text{ м}^2$) и кладовой ($5,43 \times 2,19 = 11,84 \text{ м}^2$). Здание построено из кирпича и перекрыто железными стропилами, на которые положена теплая крыша и к которым подшит деревянный потолок (черт. 107 а-б).



Черт. 107 б.

В котельной (ч. 107а) установлены три Ланкаширских котла с поверхностью нагрева для каждого из них в 50 м^2 , с тремя экономайзерами сист. Грина, с 48 вертикальными трубками. В машинном отделении устроен колодезь для приема ключевой воды (шириной $1,85 \text{ м}$, длиной $17,41 \text{ м}$ и глубиной $4,43 \text{ м}$); между фундаментом под стены здания и стенами колодца устроена бетонная подушка, толщ. $0,44 \text{ м}$, на которой возведены фундаменты под насосы. На этих фундаментах поставлены три паровых насоса сист. Вортингтон



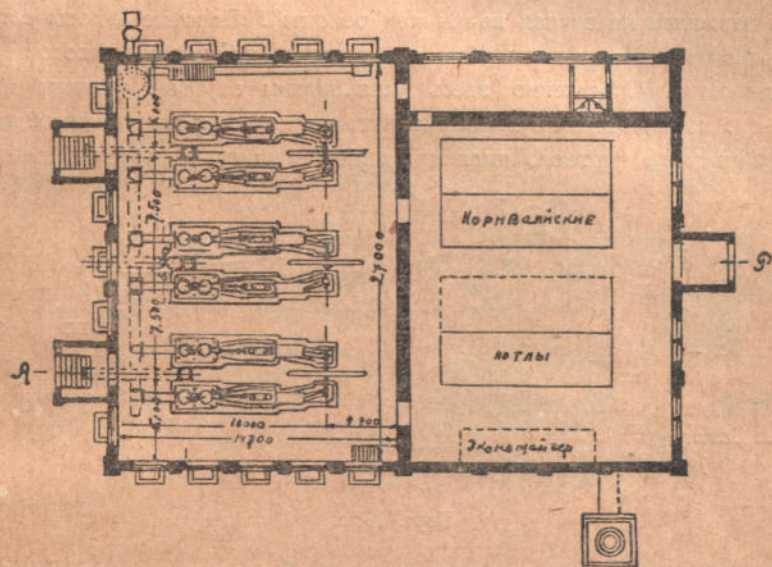
Черт. 108 а.

тройного расширения (размеры диаметров паровых цилиндров: малого 30 см , среднего 42 см и большого 58 см ; диаметр насосных скалок — 41 см ; общий ход поршней — 45 см).

Кроме того, в машинном отделении установлена для освещения и работы в мастерской паро-динамо-машина, состоящая из вертикальной одно-

цилиндрической паровой машины (диам. цилиндра — 150 мм , ход поршня — 90 мм , число оборотов в минуту — 600) и из динамо-машины постоянного тока (600 оборотов в минуту, 110 V и мощностью около 7 kWh). Перед

нагнетанием по напорной трубе, диам. 700 мм, в водоемное здание поставлен воздушный котел (внутр. диам. 0,9 м, высотой—3 м). Пол машинного отделения обделан метлахскими плитками. В мастерской пол сделан из бетона с цементной смазкой, а потолок из бетонных сводиков на цементных балках. В ней находятся: электромотор (1300 оборотов в минуту, 110 V мощностью около 3 kW), токарно-винторезный и сверлиль-



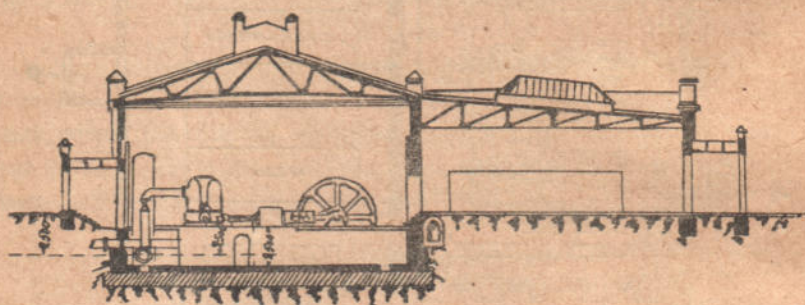
Черт. 108b.

ный станок. Дымовая труба (диам. внизу 1,66 м и наверху 1,28 м, толщ. стенок внизу 0,71 м и наверху 0,27 м) имеет высоту в 32 м над фундаментом.

Насосная паровая станция для грунтового водоснабжения г. Риги построена у Малого Белого Озера¹; она получает воду из сборного колодца, диам. 6 м, глубиной 12 м, находящегося вне здания. В этот колодезь входят с одной стороны две сифонные трубы, а с другой стороны три всасывающих трубы насосов. Сама насосная станция имеет следующее устройство (черт. 108а-с). Она состоит из котельной, в которой поставлены

¹ Енш А. К., проф., Водоснабжение г. Риги, „Труды XI Водопроводного Съезда“, 1913.

3 корнваллийские котла с поверхностью нагрева в 75 м^2 каждый, с давлением пара в 10 атм (с 1 м^2 поверхности нагрева получается 20 кг пара). Для развития станции в будущем оставлено место для 4-го котла; при котлах установлен экономайзер сист. Каблиц. Рядом с котельной установлены 3 паровых насоса, из коих в работе находятся два (каждый поднимает в течение 20 часов половину количества воды, а третий является запасным на случай порчи или ремонта). Паровые насосы состоят из паровой машины и двух обслуживаемых ею поршневых насосов двойного действия. Собственно здесь установлены паровые машины Компаунд с конденсацией и снабжены маховым колесом; продолжение штока поршня каждого парового цилиндра одной машины приводит в действие



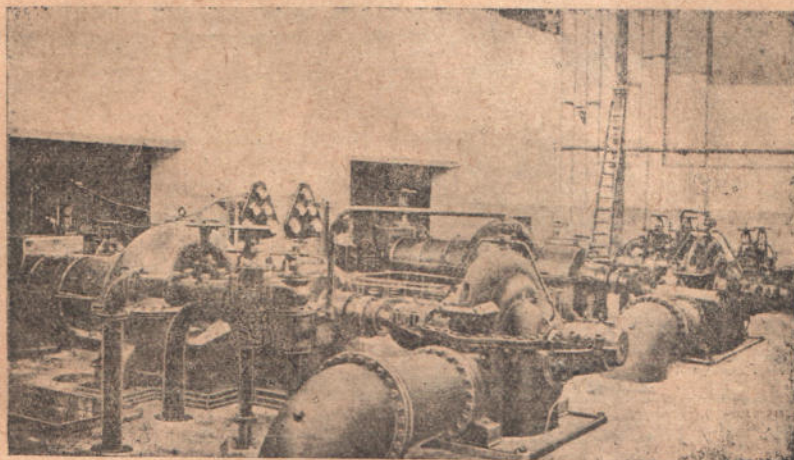
Черт. 108с.

один насос. Производительность насосов—при среднем расходе $97,2 \text{ л/сек}$, а при наибольшем $145,8 \text{ л/сек}$, высота напора при среднем расходе— $60,72 \text{ м}$, а при наибольшем— $77,32 \text{ м}$, коэффициент полезного действия насосов— $0,96$. Каждая паровая машина при среднем расходе в сети развивает $188,5$ индикаторных сил (число оборотов—40), а при наибольшем расходе— $360,1$ индик. сил (число оборотов—60). Благодаря применению экономайзера и машин Компаунд, расход пара на одну $HP/час$ незначителен, колеблясь в пределах $5,75—5,85 \text{ кг}$.

§ 2. Насосные станции с паровыми турбинами.

Насосные станции с паровыми турбинами, как двигателями для насосов, нашли себе широкое применение в Америке, стране, нуждающейся в подъеме огромных количеств воды, почему мы и приведем ниже описание двух американских станций.

Палермская насосная станция (Palermo pumping station) в г. Буэнос-Айресе (Аргентина), открытая в 1920 г., имеет оборудование из 2-х горизонтальных спаренных центробежных насосов простого действия с двойным всасыванием и 2-х паровых турбин, предназначенных для подъема 136 200 м³/сутки (черт. 109а-d). Каждый насос поднимает 100 м³ воды



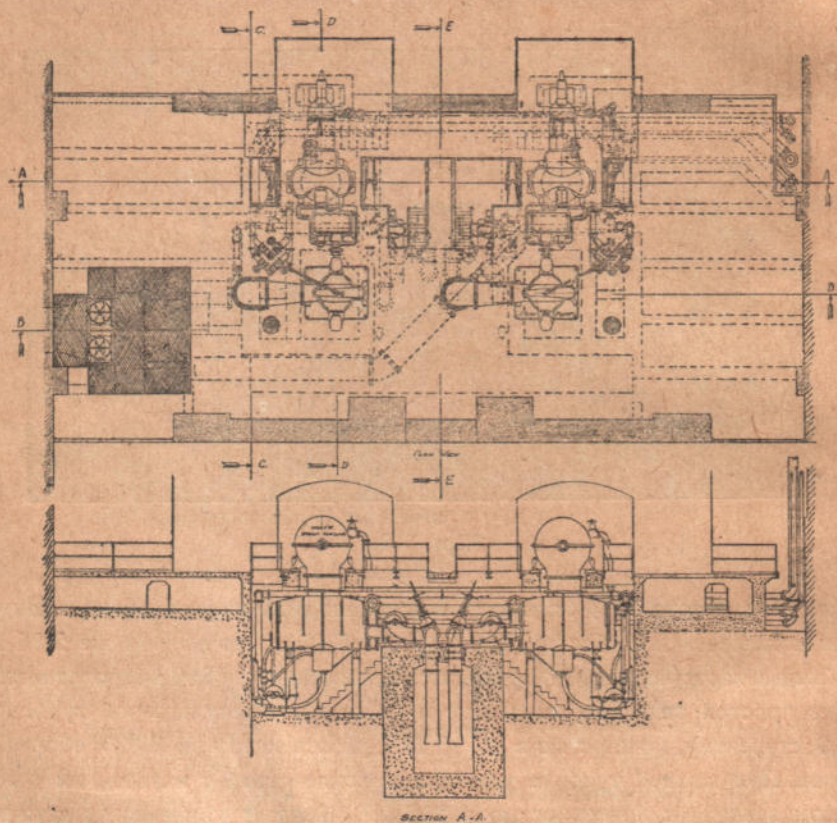
Черт. 109а.

в мин. при напоре 71,3 м; высота всасывания воды из устроенной в центре здания галереи колеблется от 1,85 до 5,25 м, нормально же 2,85 м.

Каждый насос (черт. 108b) приводится в движение при 860 оборотов в мин. через простой редуктор, сцепление и гибкую передачу паровой турбиной с 19 ступенями, мощностью в 1 595 HP, работающей при 3 620 оборотов в мин. При каждой турбине установлен конденсатор с внутренним подогревом воздуха с поверхностью в 216 м². Каждый конденсатор сгущает 8325 кг пара в час, поддерживающего вакуум при 40 мм ртутного столба, с абсолютным давлением, которое получается при циркуляции в среднем около 13 500 л/мин при температуре не выше 20°С. Каждый конденсатор снабжен 30 см горизонтальным вытяжным подъемным клапаном. Турбина соединяется с конденсатором посредством много-складчатого расширительного стыка. Для удаления воздуха каждый конденсатор снабжен гидравлическим вакуум-насосом системы „Вортингтон“, откачивающим от 0,1 м³

воздуха в минуту (при обыкновенных условиях) до $0,14 \text{ м}^3$ (при циркуляции воды при 40 мм абсолютного давления и температуре в 20°C).

Каждый вакуум-насос дает 1648 л воды в минуту, которая особым центробежным насосом подается в закрытый бак, а из него в туннель, проходящий по середине здания.



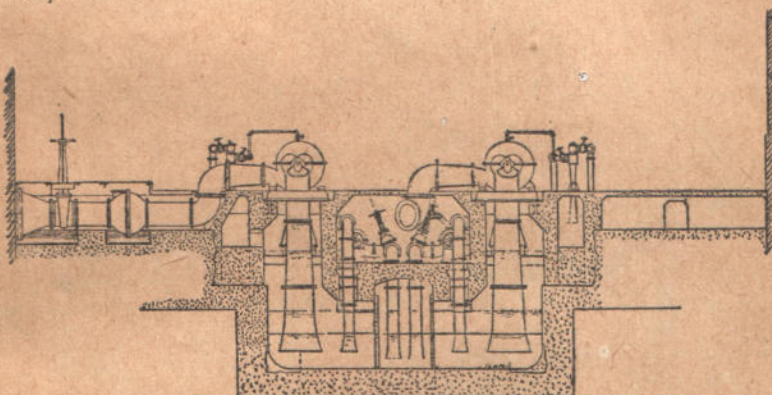
Черт. 109b-с.

Конденсат поднимается на высоту около 15 м в количестве 8325 кг подогретой воды для питания котлов специальным насосом, приводимым в движение особой паровой турбиной Кэртиса (Curtis).

Центробежные насосы для этой станции изготовлены американской компанией „Вортингтон“ (Worthington Pump and Machinery Corporation),

а паровые турбины „Генеральной Электрической Компанией“ (General Electric Company).

По испытаниям, произведенным правительственными аргентинскими инженерами, центробежные насосы подавали в среднем при измерении через водомер Вентури около 190 м^3 при манометрическом напоре около 75 м . К недостаткам этой станции, равно как и других американских насосных станций, нужно отнести устройство водосборного канала по середине здания, так как появление трещин в его стенках выводит всю станцию из работы.



Черт. 109d.

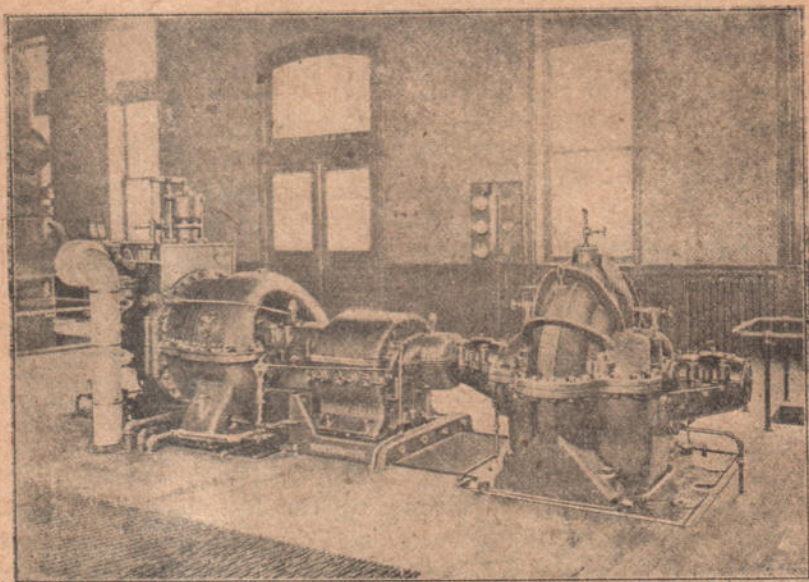
Поппльтонская насосная станция (Poppleton Avenue Station) в г. Омэха (штат Небраска, С.А.С.Ш.), открытая в 1922 г., имеет оборудование из горизонтального центробежного насоса простого действия и паровой турбины для подъема $68\,100 \text{ м}^3/\text{сутки}$ (черт. 110). Насос поднимает около 50 м^3 воды в минуту при напоре около 35 м ; он соединен через редуктор и эластичную муфту с паровой пятиступенчатой турбиной в 500 НР .

Гарантированная производительность насосной установки — $28\,520\,000$ на 400 кг пара, использующую температуру циркулирующей воды при 21°C .

Паровая турбина снабжена конденсатором с поверхностью в $0,7 \text{ м}^2$ с поставленным внизу резервуаром для горячей воды для сгущения пара в воду.

Конденсатор был установлен для нормального вакуума в 40 мм при температуре циркулирующей воды в 21°C . Воздух и не конденсирован-

ный пар удаляется из конденсатора посредством двухступенчатого насоса Вортингтона размерами $200 \times 350 \times 225$ мм. Вода для циркуляции забирается из главной всасывающей трубы особым насосом, работающим при 830 обор. в мин. Из конденсатора циркуляционная вода спускается во всасывающую трубу. Циркуляционный насос вращается посредством водяной турбины, действующей при напоре около 15 м (черт. 111). Нагретая в конденсаторе вода и скопленная в находящемся ниже его ре-



Черт. 110.

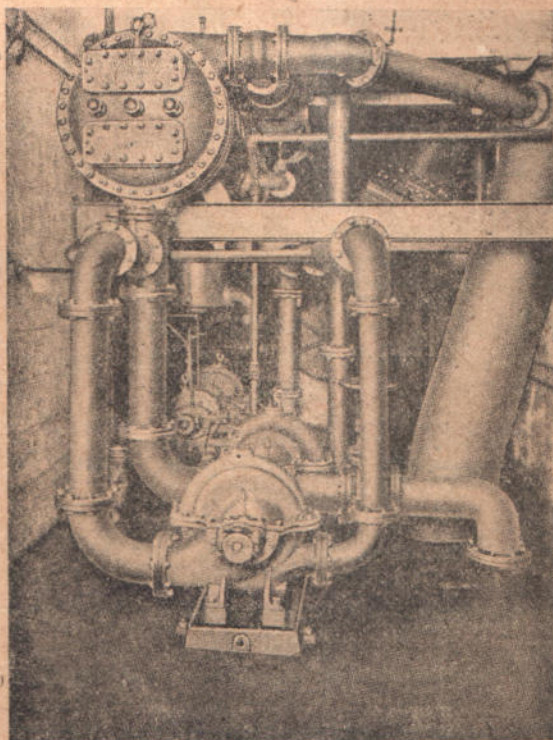
зервуаре для горячей воды откачивается двумя 50 мм насосами с производительностью около 72 л/мин для питания котлов. Испытание этой установки было произведено в июне 1923 г., при чем производительность насосов менялась в 73 000 м³, 60 000 м³ и 36 500 м³ при незначительных переменах в величине манометрического напора (от 33,6 до 34,5).

Центробежные насосы для этой станции изготовлены на заводах американской компании Вортингтон (Worthington Pump and Machinery Corporation).

§ 3. Насосные станции с газогенераторами и газовыми двигателями.

Примером *маленькой газогенераторной установки* служит насосная станция для водоснабжения баварского города *Мюннерштадт*¹ (Münnerstadt). Устройство ее показано на черт. 112, из которого можно видеть, что станция имеет в плане почти квадратное сечение, $10 \times 8,70$ м. Станция состоит из следующих помещений: машинного зала, площадью $5,9 \times 10$ м, где стоят газомотор и электромотор (запасный) и 2 поршневых насоса (один запасный), газогенераторного отделения, площ. $5,6 \text{ м} \times 3,5 \text{ м}$, склада для угля, $2 \text{ м} \times 3,5 \text{ м}$, клозета и помещения для служебного персонала.

Более *крупная насосная станция с газогенераторами и газовыми двигателями* устроена в м. Вестхофен вблизи Кельна (Westhofen bei Köln) (черт. 113) для подъема грунтовой воды, собираемой сифонами². Вследствие низкого положения горизонта грунтовых вод пришлось опустить 2 поршневых насоса ниже пола машинного здания в особое углубление; энергия, получаемая от 2-х газовых двигателей сист. Отто Дейц, мощностью 110 HP каждый, сообщается



Черт. 111.

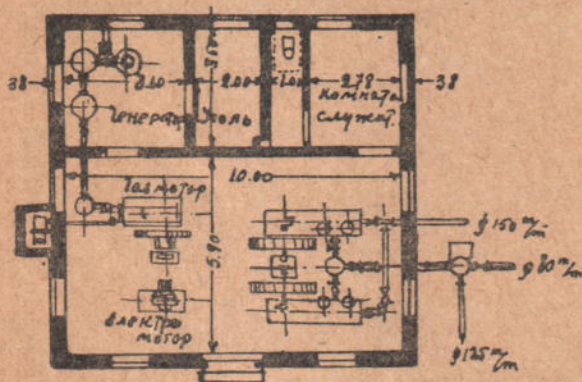
¹ Lueger-Weyrauch, Die Wasserversorgung der Städte, 1916.

² Будников и Бромлей, Насосные станции городских и заводских водопроводов 1928.

насосам посредством канатной передачи. Нормальное число оборотов газовых двигателей—180, но может быть уменьшено до 130; при коэффициенте передачи 1:3 число оборотов поршневых насосов—60. Газ добывается в газогенераторах и очищается в скрубберах.

Примером более крупной газогенераторной насосной станции может служить насосная станция для подъема артезианской воды из 10 скважин в г. Милане¹, расположенная около площади Оружия (Piazza d'Armi).

Насосная станция (черт. 114а) состоит из газогенераторного отделения, машинного отделения и нескольких вспомогательных помещений (кабинета, мастерской, склада, душевой и клозета).



Черт. 112.

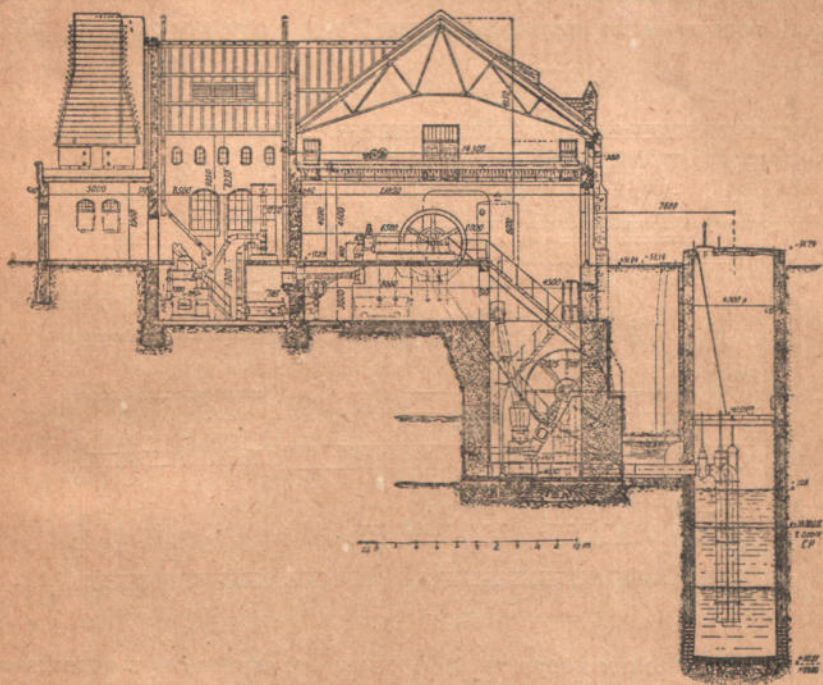
мастерской, склада, душевой и клозета). В газогенераторной установлены три газогенератора В, работающие на антраците со скрубберами; склад для антрацита расположен в подвале. Выработанный в этом отделении газ поступает в три четырехтактных горизонтальных газовых двигателя А, мощностью до 100 HP и

числом оборотов 180 в мин., изготовленных на итальянском заводе Франко Този ди Леньяно (Ditta Franco Tosi di Legnano). Они посредством ременной передачи приводят в движение 3 центробежных насоса швейцарской фирмы Зульцер (Sulzer, Wintertur), помещенные в целях возможности всасывания артезианской воды ниже пола машинного здания; производительность каждого из насосов—100 л/сек, манометрическая высота подъема—52 м, число оборотов в мин. 900—925, коэффициент полезного действия—0,75. Всасывающие трубы из артезианских скважин М, диам. 350 мм, проходят через воздушные котлы g; они снабжены задвижками, как перед котлами, так и перед каждым из

¹ T. Minorini, ing. Di Alcuni impianti per l'Aqua Potabile della città di Milano, „Il Politecnico“, 1907.

насосов, что является удобным для выключения любой линии из работы на случай текущего ремонта.

Напорные трубы, также снабженные регулировочными щитками и обратными клапанами, соединяются в одну общую напорную трубу *L*, диам. 600 мм., нагнетающую воду непосредственно в городскую сеть;



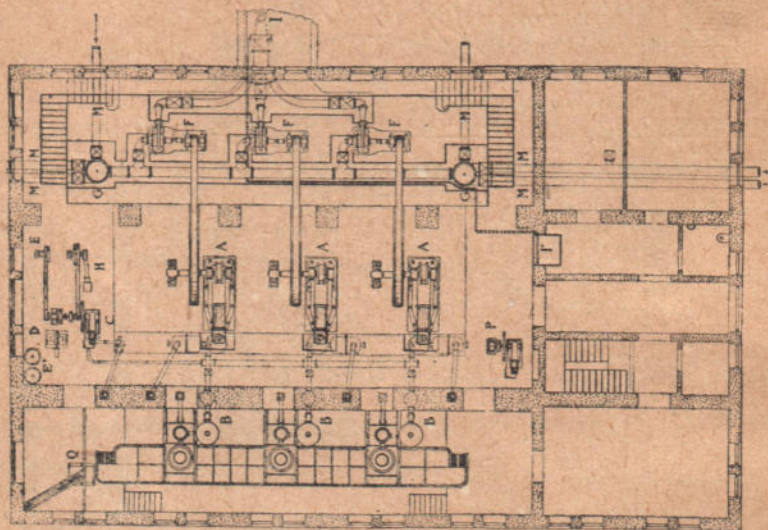
Черт. 113.

на этой главной напорной трубе установлен водомер типа Вентури *I*, изготовленный английской фирмой Д. Кент (G. Kent, London), и задвижка. Из восходящей ветви и горла водомера идут трубки со ртутью к счетчику *I*, поставленному на стене здания.

Кроме того, на насосной станции установлен небольшой газомотор *P* в 6 HP и 240 оборотов в мин., соединенный с динамо для освещения станции.

C—газомотор в 6 HP и 240 оборотов в мин., работающий на светильном газе с трансмиссией для вентилятора *D*, компрессора для сжатия

воздуха, необходимого для работы газового двигателя, и воздушного насоса H , откачивающего воздух, скопляющийся в воздушных котлах всасывающих труб GG . Для перемещения механизмов все части насосной станции снабжены катучими кранами с лебедками. В настоящее время оборудование насосной станции в целях сокращения расходов по закупке антрацита, привозимого из Англии, заменено более мощным электрическим, позволяющим увеличить общую производительность на 33%,



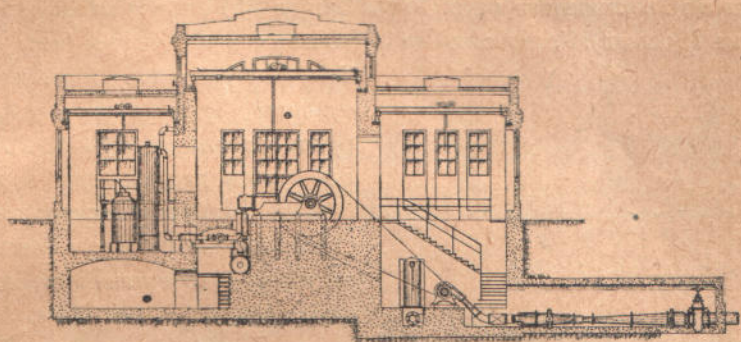
Черт. 114 а.

т. е. вместо 300 л/сек получить 400 л/сек. Для этой цели в подвальной части станции были установлены электромоторы и насосы на одном валу, использующие энергию городской электрической станции.

Примером установки с газовыми двигателями, получающими светильный газ из городской сети, служит устроенная еще в 1893 г. насосная станция в немецком городе Мейсен (Meissen)¹, эксплуатирующая грунтовую воду возле Эльбы. Глубокое залегание подземных вод заставило и для этой станции поместить в колодце три вертикальных насоса $P_1—P_3$ с общей производительностью для каждого насоса в 30 л/сек и высотой подъема в 96 м (черт. 115).

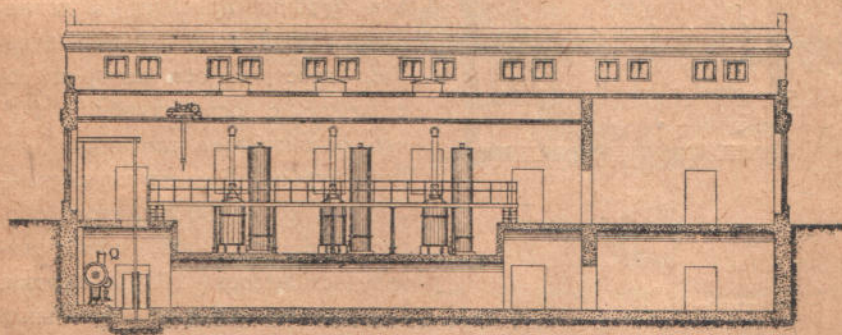
¹ Люгер, Водоснабжение городов, т. II, 1905 г.

Пол машинного здания несколько приподнят во избежание затопления весенними водами; в нем установлены 3 газовых двигателя, мощностью в 50 *HP*. Из этих трех агрегатов один является запасным. Передача движения от газовых двигателей насосам производится канатами, диам. 45 мм,



Черт. 114 б.

идущими от канатного блока на удлинении главного вала к канатному блоку на главном валу насоса. Насосы имеют общий всасывающий и нагнетательный воздушные котлы. Для нагнетания воздуха в воздушный котел напорного водопровода и для всасывания воздуха из сифонных

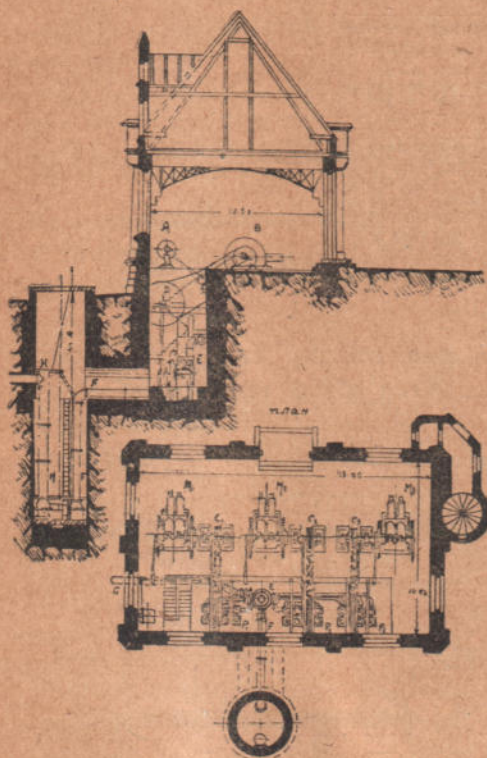


Черт. 114 с.

труб, приводящих грунтовую воду в водосборный колодезь у насосной станции, установлен специальный воздушный насос, приводимый в движение вертикальным 2-х сильным двигателем. Полезная работа, производимая 1 м³ светильного газа, определяется в 340 000 кг/м.

§ 4. Насосные станции с водяными турбинами.

Примером установки, в которой *водяные турбины непосредственно соединены с насосами*, является насосная станция Бланкенштейн (Blankenstein), построенная на р. Рур (Ruhr) в 1911 г. для водоснабжения г. Бохума (Bochum). Устройство¹ ее заключается в следующем (черт. 116).



Черт. 115.

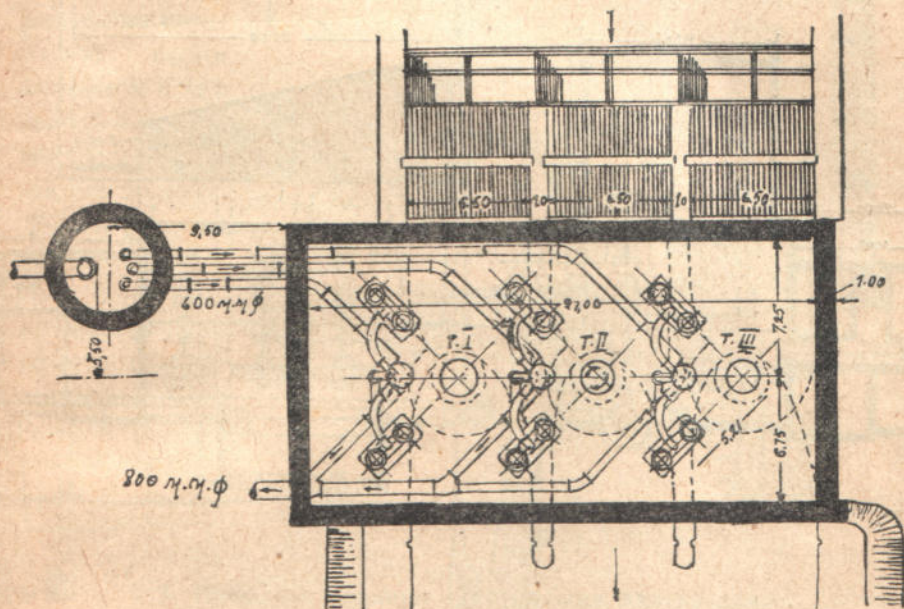
Три быстроходные вертикальные турбины Фрэнсиса утилизируют падение р. Рур в 2,75 м: оси турбин расположены в камерах для того, чтобы скорость поступающей на них воды благодаря спиральному очертанию стенок камеры оставалась постоянной (это ведет к повышению коэффициента полезного действия турбины до 0,86). Мощность каждой из турбин 550 HP, число оборотов 343 в мин. при притоке к ней воды в количестве 19 м³/сек. Каждая турбина приводит в движение 2 плунжерных насоса двойного действия, оси которых составляют с осью турбины 90°, что обеспечивает спокойную работу турбин. Диаметр плунжера—395 мм, ход—900 мм, число оборотов в мин.—43, производительность насоса—1000 м³ в сутки. Вода нагнетается в уравнильный

резервуар, расположенный на возвышенности, для чего насосы развивают напор до 120 м.

Турбины изготовлены в Брауншвейге (Braunschweig) заводом Амме¹, Гизеке и Конеген (Amme, Giesecke und Konegen), а насосы Ганноверским машиностроительным заводом.

¹ Lueger—Weyrauch. Die Wasserversorgung der Sta'dte, Bd. II 1906.

Примером установки, в которой водяные турбины разъединены от насосов, служит установка для г. Ульм на Дунае (Ulm an der Donau), расположенная по течению выше города.¹ Такое решение в этом случае было принято потому, что гидросиловая станция разрешала две задачи: подъем воды для водоснабжения и снабжение города электрической энергией.



Черт. 116.

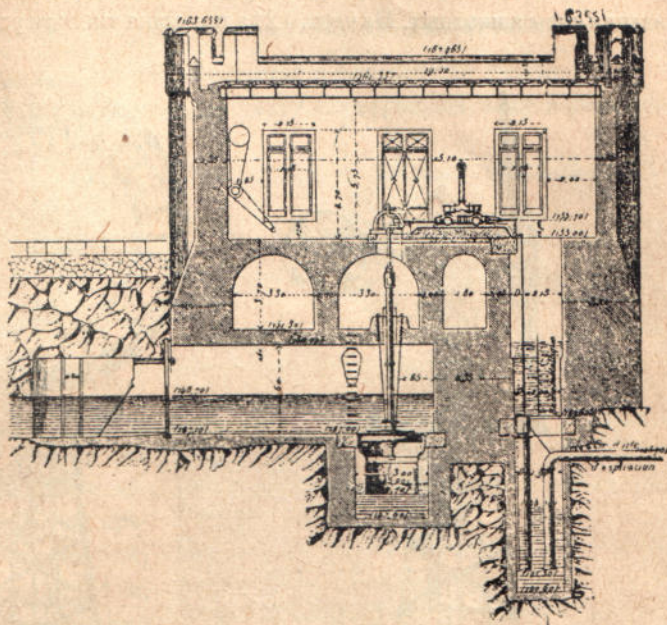
Устройство этой станции заключается в следующем (ч. 117). Станция имеет два отделения: в одном установлены 4 гидравлических турбины Френсиса, мощностью 330 HP каждая, соединенные с 4 генераторами переменного тока в 225 kW и 5000 V. Средняя за год энергия р. Дуная в 25 м³/сек при падении 3,2 м дает эффективных 850 HP. Выработываемый в этом отделении электрический ток поступает на сборные шины, с которых частью направляется в город, а частью в соседнее отделение, представляющее собой насосную станцию городского грунтового водоснабжения.

¹ „Zeit. d. Ver. deut. Ing.“, 1911;

Lueger—Weyrauch, Die Wasserversorgung der Städte, Bd. II, 1916.

водимыми в действие двумя водяными турбинами сист. Фонтэнь (Fontaine) в резервуар, расположенный на отметке в 75 м. Установка показана на черт. 118.

Каждая турбина приводит в действие два горизонтальных плунжерных насоса системы Жирар двойного действия, поднимающие каждый 20 л/сек. Диаметр турбин 2,20 м, число оборотов в мин.—32, их коэффициент полезного действия всего 0,57, что является достаточным для установки прошлого столетия.



Черт. 118.

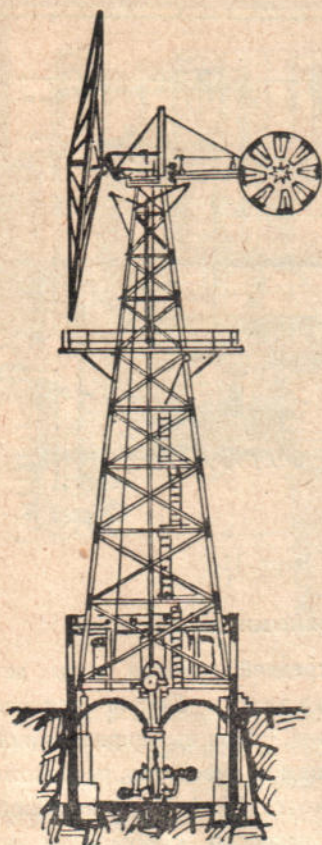
§ 5. Насосные станции с ветряными двигателями.¹

Насосная станция с использованием средней годовой силы ветра в 4,3 м/сек устроена немецкой фирмой Филлер и Гинш для местечка Эймсбюштель у Гамбурга в начале столетия.² При вышеприведенной силе ветра станция поднимает в час 162 м³ воды в резервуар, расположенный на высоте 6 м. Эта установка показана на черт. 119а-б. Здесь ветряной двигатель установлен непосредственно над насосной станцией, в подвале которой установлены 4 вертикальных поршневых насоса, а колодезь для сбора грунтовой воды находится на небольшом расстоянии от двигателя.

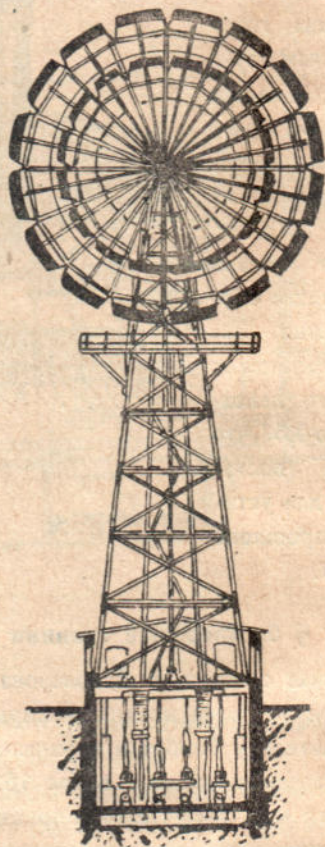
¹ Новейшие сведения об утилизации силы ветра можно найти в сочинении инж. В. А. Карпова „Ветросиловые установки“, 1927 г.

² Люгер, Водоснабжение городов, ч. II, 1905.

Тип более современной установки с ветряными двигателями „Геркулес“ показан на черт. 120. Здесь двигатель установлен над колодезем, в котором помещен насос; для работы насоса во время безветрия сделан привод для утилизации силы животных. На черт. 121 а показана типовая установка ветряного



Черт. 119а.



Черт. 119б.

двигателя сист. „Эклипс“ („Eclipse“) для подъема грунтовой воды из колодца в расположенное около него водоемное здание, принятое за тип для государственных французских жел. дорог. Для надзора за работой двигателя сделана на верху металлической эстокады небольшая площадка. Насос,

помещенный на стенке колодца, приводится в действие передаточным механизмом; на случай безветрия работа насоса производится вручную. Емкость железного бака 150 м^3 .

§ 6. Насосные станции с нефтяными двигателями.

Примером *крупной насосной установки с нефтяными двигателями* может служить насосная станция Сумгаит, нагнетающая воду в резервуар, из которого вода по самотечному проводу, с уклоном $1:1500$, поступает в уравнильный резервуар для распределительной сети в г. Баку¹. К насосной станции 1-ой очереди Сумгаит, построенной для подъема $37\,500 \text{ м}^3$ в сутки, вода по самотечным проводам $120 \times 170 \text{ см}$ из Шолларских источников изливается в 3 небольших прямоугольных резервуара А, длиной 17 м , шириной $6,4 \text{ м}$, перекрытых цилиндрическим сводом; в каждый из резервуаров опущены две всасывающие трубы, диам. 600 мм , от насосов (чер. 122).

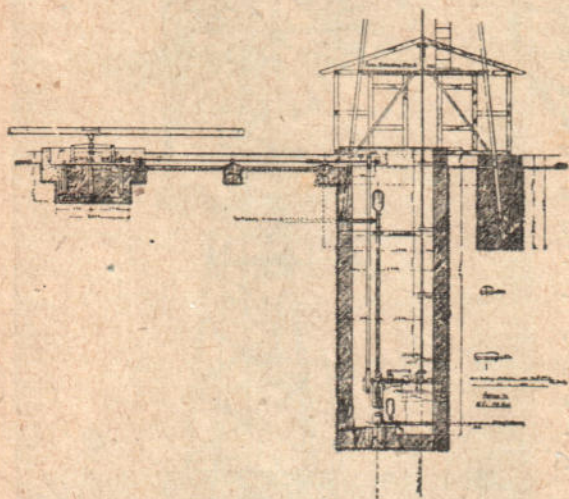


Черт. 120.

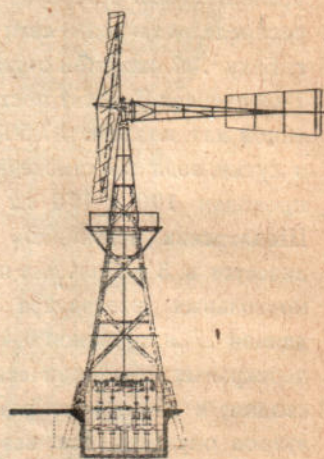
Насосная станция состоит из машинного зала, размерами $72 \times 19 \text{ м}$, и двух небольших помещений, расположенных у входа на станцию (небольшую мастерскую *Н* и дежурную комнату для служебного персонала *Р*). В машинном зале установлены: шесть сдвоенных поршневых насосов двойного действия и шесть четырехтактных четырехцилиндровых двигателей Дизеля. Размеры поршневых насосов: диаметр

¹ Линдлей В. Г., инж., О водоснабжении г. Баку, Труды IX Водопр. Съезда, 1909 г.

цилиндра насоса—366 мм, ход поршня—700 мм, число оборотов в мин—60; производительность насоса 6 250 м³ в сутки или около 260 м³/час при равномерной работе. Мощность каждого из двигателей Дизеля—600 HP диаметр двигателя 530 мм, ход поршня 700 мм и число оборотов—170; передача энергии двигателя к насосу—ременная. У каждой пары насосов для смягчения ударов установлены воздушные котлы, из которых выходят напорные линии, диам. 700 мм и вливаются в общий напорный провод, диам. 1 000 мм. Сборные резервуары А снабжены трубами для слива излишней воды (холостыми) и спускными трубами, соеди-



Черт. 121 а.



Черт. 121 б.

ненными общим отводным каналом; с этим же каналом соединены и отводные трубы от насосов. Газоотводные трубы от двигателей Дизеля соединены с двумя трубами, поставленными в углах здания. Специальные насосы нагнетают воздух в воздухоотводный канал, вливающийся в главный.

В машинном зале для обслуживания дизелей и насосов имеется передвижной кран.

Правая часть черт. 122 показывает расширение насосной ст. Сумгаит для подачи по мере развития водоснабжения двойного количества воды, т. е. 75 000 м³.

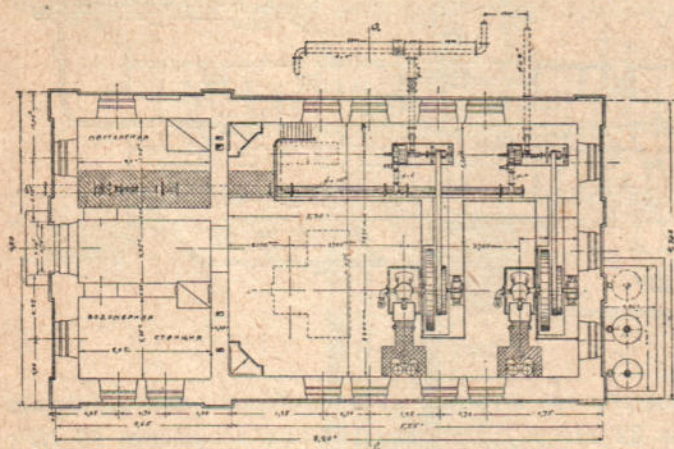
дом для машиниста и его помощника по санитарным соображениям перенесен на другой берег реки.

Стоимость насосной станции вместе с водомерной станцией по довоенным ценам была нами определена в 44 283 рублей.

§ 7. Насосные станции с электромоторами.

Примером насосной станции с электрическим оборудованием является станция 3-го подъема и.м. Октябрьской Революции (б. Чумка) в Одессе¹,

получающая воду от расположенных около нее на возвышенности 4 уравнильных бетонных резервуаров, соединенных непосредственно с проводами, подающими очищенную на английских фильтрах воду из Днестра. Станция „Чумка“ состоит

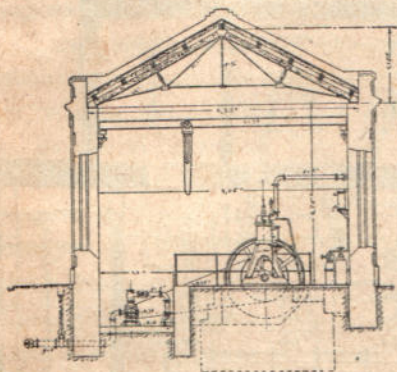


Черт. 123а.

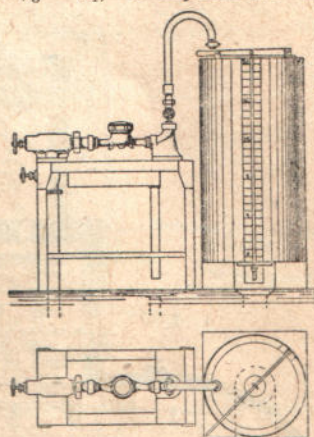
(черт. 124) из машинного зала, помещения для распределительных устройств, площ. $4,5 \times 15 = 67,5 \text{ м}^2$, мастерской, площ. $5,5 \times 6 = 33 \text{ м}^2$, помещения для механика, площ. $3 \times 6 = 18 \text{ м}^2$, раздевалки, площ. $3,85 \times 4,18 = 15,98 \text{ м}^2$, помещения для души, площ. $3,3 \times 2,8 = 9,24 \text{ м}^2$ и клозета, площ. $1 \times 1,15 = 1,15 \text{ м}^2$, отделенного шлюзом. Высота машинного зала—7,5 м, а помещения для электрических распределительных устройств—5,5 м. Под машинным залом устроен подвал, высотой 3 м, и трюм, высотой 1,5 м; под помещением для распределительных устройств—только подвал. Все вспомогательные помещения (мастерские и пр.) помещены в пристройке к машинному залу с южной стороны.

¹ По данным, любезно сообщенным инженерами Х. М. Шмидтом и Д. Г. Полизо.

Две основные стены машинного зала сделаны из кирпича, а наружные из местного камня (известняка), пол здания—железобетонный, устланный метлахскими плитками, пол подвала образован железными балками, на которых покоится паркетное железо. Над зданием установлены железные стропила с фонарем по середине машинного зала, что вместе с площадью окон создает освещенность здания в $\frac{1}{3}$ — $\frac{1}{4}$; к стропилам под-



Черт. 123б.



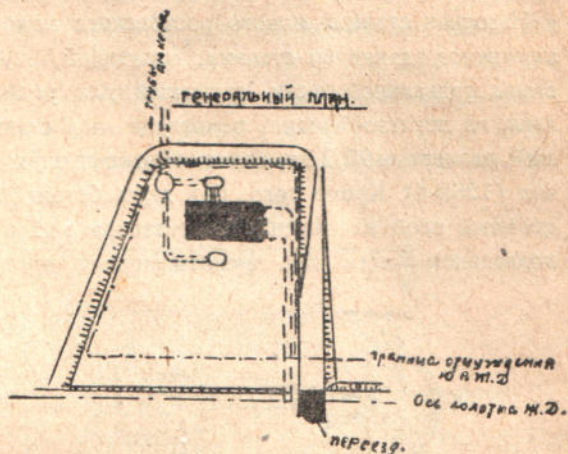
Черт. 123с.

вешен железобетонный потолок и подшит досками. В машинном здании установлено пока 6^б электронасосных агрегатов и сделаны фундаменты для 2 для расширения работы станции в будущем. Из установленных в настоящее время шести центробежных насосов, изготовленных Ленинградским Машиностроительным Зааводом, 4 подают 750 м³ в час, а 2—375 м³ в час; число оборотов насосов в мин. — 1450; манометрический напор — 40 м., коэффициент полезного действия — 0,67, перегрузка насосов + 5%. Установленные на одном валу с насосами электромоторы трехфазного тока, изготовленные ГЭТ'ом, соединены с ними посредством эластичной муфты; мощность электромоторов — 200 HP; число оборотов в мин. — 1 450, напряжение — 6 000. Электрический ток для электромоторов подается с центральной городской станции по двум проводам, но на случай повреждений на централи резервом служит старая паровая насосная станция, существующая около 30 лет. Для забора станцией воды из расположенных на возвышенности „Чумки“ 4 уравнильных резервуаров с каждой стороны станции устроено 2 колодца (из них

Для учета воды при каждом насосе и отдельно на двух магистралях установлены водомеры сист. Вольмана.

На станции устроено паровое отопление. Общая стоимость строящейся станции „Чумка“ достигает 500 000 рублей.

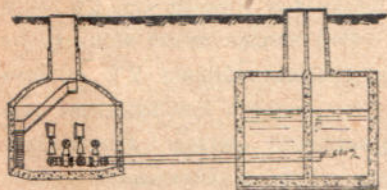
К типам насосных станций с электрическим оборудованием нужно отнести и береговую речную насосную станцию для нового водопровода в г. Ростове на Дону¹, построенную в 1929 г. на Зеленом Острове (ч. 124), на правом берегу Нахичеванской протоки (рукава р. Дона).



Черт. 125.

Вода этого рукава р. Дона сначала изливается в вырытый в грунте острова на правом берегу *ковш* — *отстойник* (конструкция которого была разработана на основании опытов, произведенных в Гидротехнической Лаборатории Донского Политехнического Института), а затем поступает в трубу, диам. 700 мм, длиной 30 м, в железобетонный колодезь диам. 2 м; из этого колодца труба переходит через р. Дон двойным дюкером, значительная часть которого сделана из стальных труб со стыками *Жибо* (Gibault), изготовленных немецким заводом Маннессмана (Mannesmann); общее протяжение дюкера, заложенного ниже ординара на глубине около 6 м.—641,5 м. Из дюкера вода поступает в распределительный колодезь, диаметром 7,88 м, глубиной 4,95 м, с задвижками, диам. от 700 до 400 мм, маневрируя кото-

— разрез —

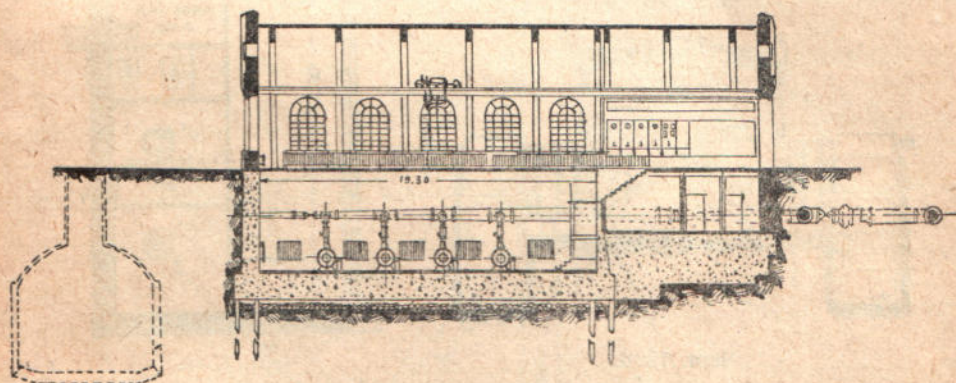


Черт. 126а.

¹ Водопровод и Канализация гор. Ростова на Дону с пригородами, изд. Ростовского на Дону Треста Водоканализация, 1929 г.

Оборудование машинного зала, площадью $14,5 \times 19,38$ м, состоит из 8 электронасосов, из конх для первой очереди установлены 4 двухступенчатых центробежных насоса тяжелого типа, изготовленных известной немецкой фирмой Клейн, Шанцлер и Беккер (Klein, Schanzler und Becker), производительностью 450—500 куб. м каждый, манометрической высотой подъема 96—104 м, числом оборотов в минуту—1 450, с коэффициентом полезного действия 0,75—0,77 м, сохраняющимся и при па-

продольный разрез по АА.

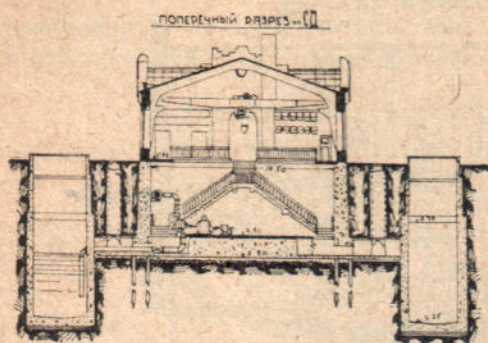


Черт. 126с.

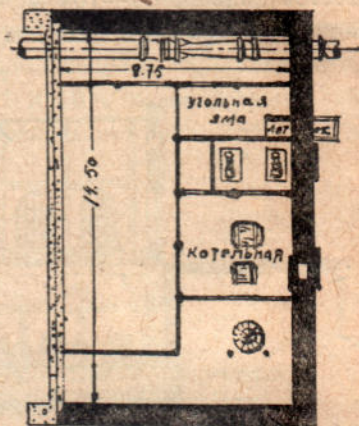
раллельной работе в общий напорный водопровод. В целях получения *необходимой высоты всасывания* машинный зал для насосов устроен в подвальном этаже здания (черт. 126е). Всасывающие трубы насосов помещены в 2 эллипсоидальных колодцах, размерами $4,25 \times 8,5$ м, разделенных вертикальной стенкой на две части; такая конструкция колодцев, снабженных лазами, позволяет поместить независимо от других колодцев всасывающую трубу для каждого насоса в отдельности во время первого периода работы насосной станции, что даст возможность в случае ремонта легко исключать каждый насос из работы; всасывающие трубы между стенами колодцев и стенами машинного здания уложены в бетонной галлерее, сечением $1,25 \times 1,25$ м (126d).

4 электромотора для насосов—асинхронные, трехфазного переменного тока (50 пер. в сек.) напряжением 6 000 В с контактными кольцами, числом оборотов в 220 kW (270 HP), коэффициентом полезного действия—0,93. Электрическая энергия на станцию подается по 2 кабелям

высокого напряжения в 6 600, для чего в верхней части здания установлены 6 кабин высокого напряжения с масляными выключателями, рычажными приборами от щита, трансальтерами, предохранителями и измерительными приборами, установленными на мраморной распределительной доске; для освещения и питания моторов для вакуум-насосов сист. Эльмо¹,



Черт. 126 д.



Черт. 126 е.

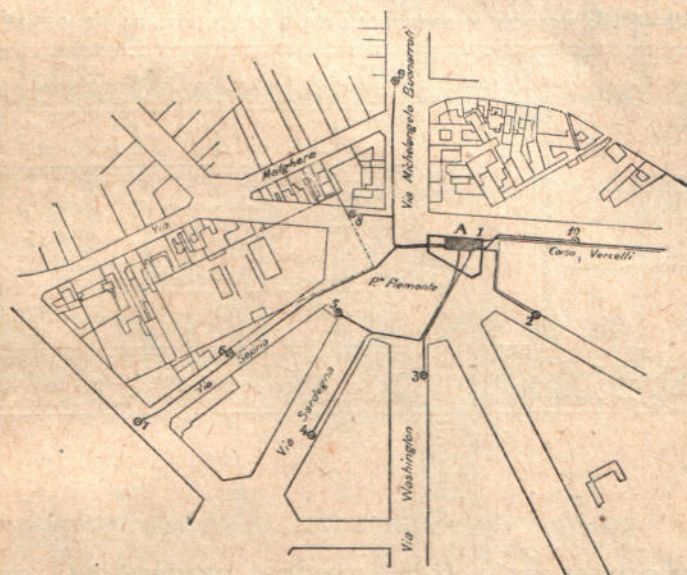
немецкого завода Сименс-Шуккерт (Siemens-Schuckert), служащих для разрежения во всасывающих линиях, и корпусом насоса перед пуском его в ход, установлен трансформатор 10 kW с 6 600 на 220/380 V. Питание станции электрической энергией производится кабельной линией, сечением 70 мм², длиной 5½ км., от 1-ой ГЭС, предполагаемой в будущем для присоединения к Доншахтоку. Камера для распределительных устройств размерами 9,1 м (длина) × 4,7 м (ширина) × 4,9 (высота) сделана по условиям техники безопасности из железобетона с толщ. стенок в 10 см; она разделена поперечными стенками для кабин толщ. 6 см. Для монтирования, ремонта и смены оборудования установлен мостовой кран пролетом 5,5 м.

Служебные помещения общей площадью 14,5 × 8,75 м (котельная для центрального отопления, угольные ямы, комнаты для заведующего и дежурных, уборная, гардеробная и пр.) также размещены в подвальном этаже насосной станции рядом с машинным залом (чер. 126е). Постройка бере-

¹ Азерьер, инж. О самовсасывающих центробежных насосах, „Сан. Техника“, 1929 г.

говой насосной станции г. Ростова с отсыпкой ее территории на уровень выше наивысшего горизонта воды в р. Дон обошлась в 614 203 руб.

Оригинальный пример насосной станции с электромоторами (ч. 127) представляет собой подземная станция для подъема артезианской воды из 10 скважин¹, устроенная в г. Милане на краю Пьемонтской Площади (Piazza Piemonte) на скрещении Корсо Верчелли (Corso Vercelli) и Виа Микел-

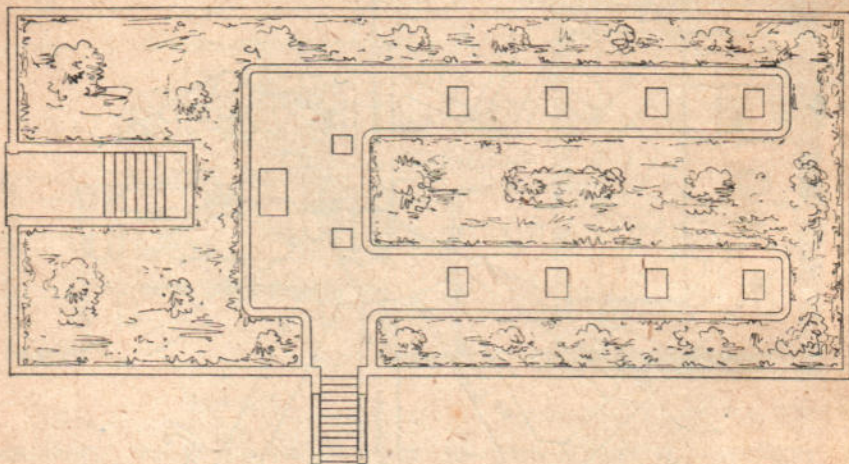


Черт. 127.

анджело Буонарроти (Via Michelangelo Buonarroti). Здесь, с целью не загромождать городской площади зданием насосной станции и понизить расположение насосов для возможности всасывания воды из артезианских скважин (глуб. от 36 до 60 м) станция сделана подземной с надстройкой над ней, высотой 2,3 м. Освещение станции помимо боковых окон через 11 верхних окон, закрытых толстыми стеклами типа Луксфер (Luxfer). Потолок насосной станции Корсо Верчелли представляет собой небольшой городской сквер, для пользования которым устроена лестница (чер. 128). Насосная станция (черт. 129a-f) состоит из машинного зала, трансформа-

¹ T. Minorini, Ing., Di Alcuni impianti per l'Acqua Potabile della città di Milano, II-Politecnico, 1907.

торной, помещений для служебного персонала, душевой, умывальной и клозета. В машинном зале на одной оси установлены два электромотора *A*, мощностью в 200 *HP*, 810—840 оборотов в мин., фирмы Броун и Бовери (*Brown and Boveri*) и два центробежных насоса *B* швейцарской фирмы Зульцер, мощностью в 185 *HP*; их производительность—200 л/сек, максимальный манометрический напор—52 м, число оборотов в мин. 810—815; насосы и электромоторы монтированы на одной общей



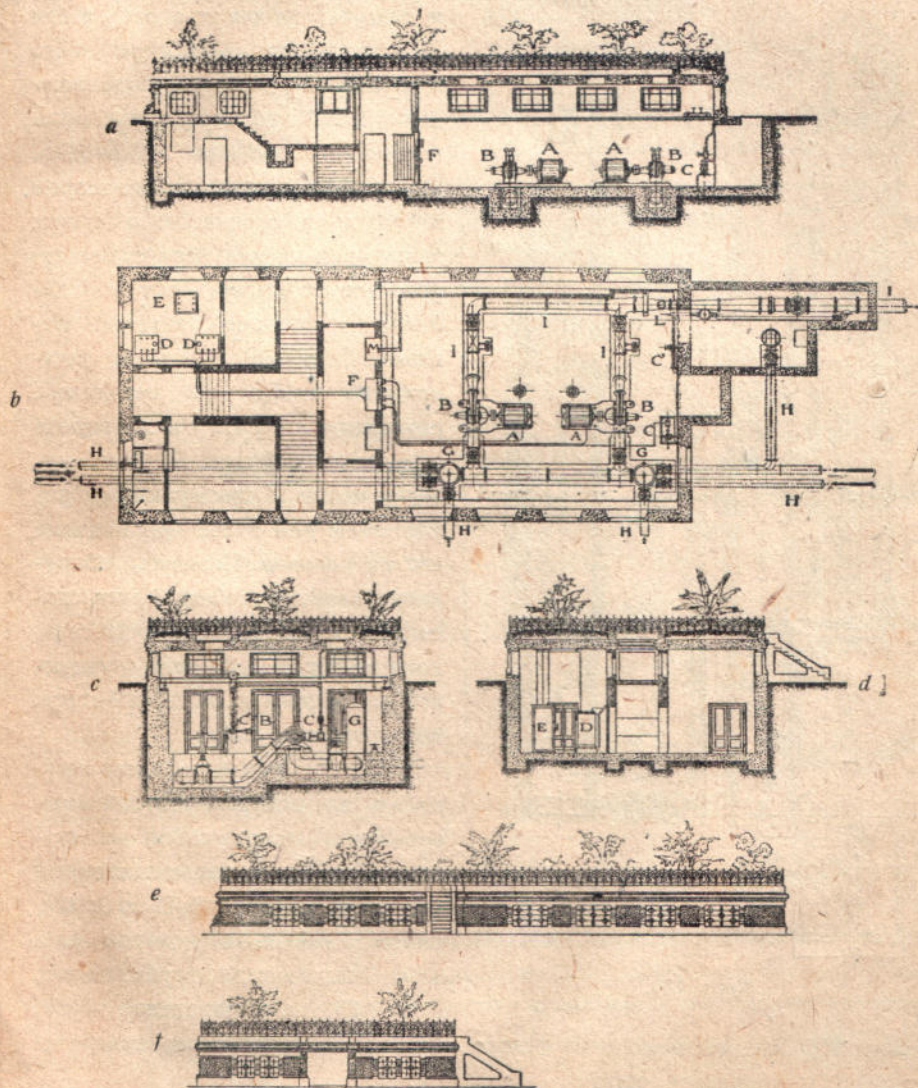
Черт. 128.

плите. Всасывающие трубы *H* из отдельных скважин при подведении к насосам соединяются и освобождаются от воздуха в ящиках *g*, откуда вытягивается воздух специальными насосами *C*; перед ящиками *g* и *у* насосов всасывающие трубы снабжены задвижками. От каждого насоса *B* идут напорные трубы *I*, соединяющиеся в одну общую напорную трубу: они также снабжены задвижками в целях выключения любого из насосов из работы. На общей напорной трубе установлен водмер типа Вентури со ртутным счетчиком *M* в здании. В трансформаторном помещении трансформаторы *D*, преобразующие трехфазный ток высокого напряжения городской станции с 8600 *V* в 500 *V*, и добавочные трансформаторы *F*. По стенам здания перемещается подвижной кран.

Интересную конструкцию *небольшой электронасосной станции* представляет собой установка в г. Николаеве¹, сделанная для подъема грун-

¹ Краткий отчет по постройке николаевского водопровода, 1909 г.

товой воды из колодца большего диаметра и непосредственного нагнетания ее прямо в сеть. Как видно из черт. 130, насосная станция состоит из двух колодцев, из коих правый, сделанный из местного камня, опу-



Черт. 129.

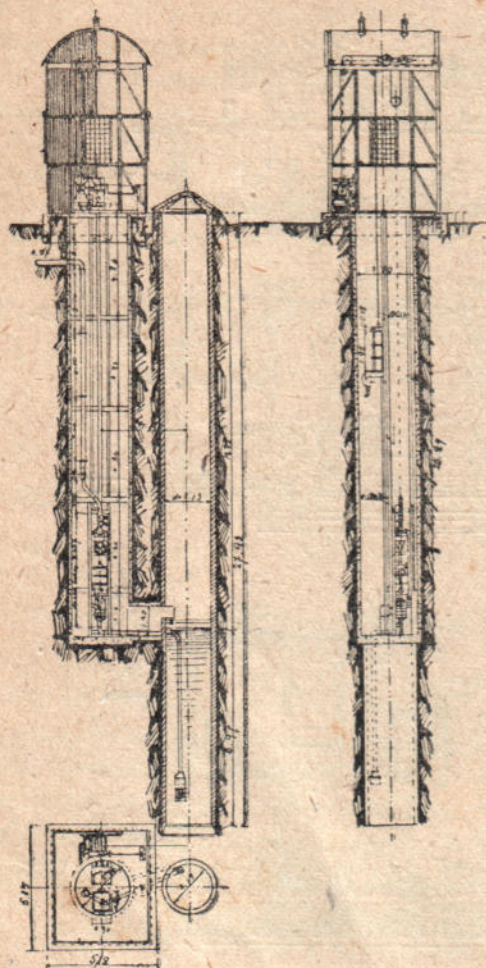
щенный на ноже, диам. 2,13 м, глубиной 2,92 м, служит для сбора грунтовой воды, поступающей через дно и стенки колодца, а левый

диам. 2,27 м, глубиной 19,8 м, из железобетона для установки в нем вертикального пятиступенчатого центробежного насоса, поднимающего 1250 куб. м в сутки, мощностью в 59 HP, с 1280 обор. в мин. и манометрическим напором в 93 м и соединенного с ним эластичной муфтой четырехмагнитного электромотора; над железобетонным колодцем возведен железный павильон, в котором установлены подъемные механизмы, размерами 5,3×4,8×8 м; высота павильона выбрана в 8 м, для того, чтобы было возможно поместить в нем насос при подъеме его из колодца. Павильон оборудован двойной лебедкой, приспособленной для работы от 10 сильного электромотора или вручную, как для спуска и подъема насоса, так и каретки лифта.

Железобетонный колодезь и колодезь для сбора грунтовой воды соединены между собой на глубине 19,17 м железобетонным туннелем, высотой 1,47 м и шириной 7,46 м, в котором уложена всасывающая труба насоса, диам. 150 мм; напорная труба,

диам. 200 мм, по выходе из сухого колодца присоединяется непосредственно к городской сети.

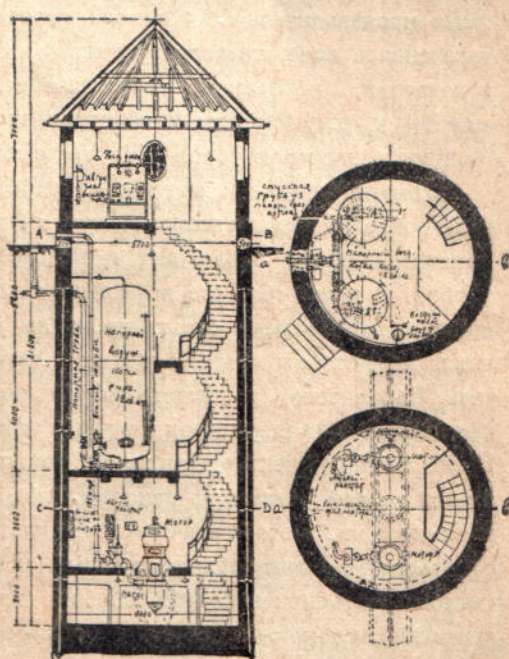
Устройство насосной станции в отдельном колодце является важным



Черт. 130.

с санитарной точки зрения, так как при эксплуатации водосборный колодезь является изолированным, что обеспечивает чистоту воды; очистка водосборного колодца от скопляющегося на дне его песку не требует подъема электронасоса и разборки труб. Кроме того, этот колодезь заканчивается особой конусообразной покрывкой, обеспечивающей сток атмосферных осадков в сторону. Для передачи электрического тока с городской станции к насосной станции проложены двойные специальные провода, сечением 50 кв. мм, с целью обеспечения ее электрической энергией. Общая стоимость всех работ по устройству насосной станции Николаева, включая в нее и стоимость подведения электрической энергии, определена в 29 202 руб. 56 коп.

Иное решение для подъема небольшого количества грунтовой воды достигнуто в устройстве *маленькой автоматической электрической насосной станции* в немецком городе Сенгейм (Senheim) с населением в 5 500 чел.¹. При максимальной норме потребления воды в 100 л. на человека в сутки общий суточный расход города в момент постройки определяется в 550 куб. м, а в будущем в 700 куб. м. Добывание грунтовой воды производится в двух штейнгутовых трубчатых колодцах, помещенных над дном шахтных колодцев, глубиной 15 м; трубчатые колодцы, диам. 650 мм, защищены от вымывания частиц грунта на глубину около 10 м, особой трубой, диам. 1 000 мм. Между колодцами, находящимися друг от друга на расстоянии около 30 м, расположена насос-



Черт. 131.

станция. Между колодцами, находящимися друг от друга на расстоянии около 30 м, расположена насос-

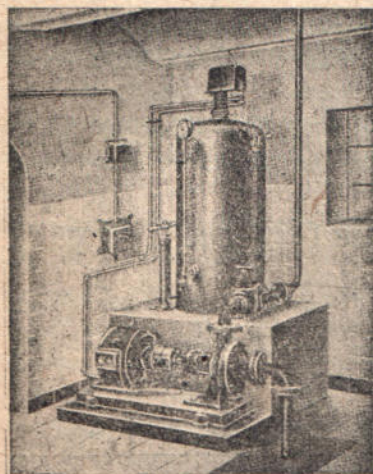
¹ Lueger-Weyrauch, Die Wasserversorgung der Städte, Bd II, 1916.

ная станция (черт. 131), к которой проведены всасывающие трубы от колодцев в галлерее, допускающей свободный проход. Насосная станция представляет собой слегка конический опускной колодезь, диам. внизу в 6 м и глубиной 14,80 м. В нижней центральной части колодца по ее краям установлены 2 вертикальных центробежных насоса, приводимые в движение электромоторами; в центре же колодца оставлено место для третьего агрегата на случай расширения. Производительность каждого из насосов—55 куб. м час, манометрическая высота подъема—100 м; такая производительность одного насоса, удовлетворяя все потребности населения в воде, позволяет держать второй насос в резерве. Колебания в давлении, достигающие в нормальное время 10 м, а во время пожаров еще 10 м, регулируются 2 воздушными котлами, емкостью в 12 куб. м. Мощность электромоторов—50 HP, а напряжение—220 V.

Автоматические выключатели из работы электромоторов помещены в надстройке колодца; автоматические приборы для пуска электромоторов помещены внизу около них и непосредственно соединены с напорной трубой. В надстройке же помещены главная распределительная доска, на которой расположены вольтметр подле умформера для трехфазного тока и для каждого агрегата амперметр, ручной выключатель и предохранитель. Кроме того, у каждого мотора имеются маленькие распределительные доски с амперметром, ручным выключателем и предохранителем. Провода для электромоторов из свинцовых кабелей, армированных железной лентой. Диаметры напорных линий от насосов—125 мм, которые по выходе из насосной станции соединяются в общий провод, диам. 150 мм, с которым связаны оба воздушные котла; выход сжатого воздуха из котлов в сеть при заметном падении давления защищен автоматическими вентилями; кроме того, для пополнения запаса воздуха в котлах установлен автоматический воздушный насос. В целях обеспечения водонепроницаемости шахтного колодца, он снаружи и внутри обмазан специальным составом и, кроме того, облицован кафельными плитками. Так как по временам грунтовые воды поднимаются выше уровня пола, на котором стоят центробежные насосы, то самый пол сделан отдельно от стенок колодца путем устройства его на железобетонных пилонках; кольцевой промежуток между стенками шахты и полом залит водонепроницаемой обмазкой.

Эта насосная станция построена известной немецкой фирмой Шевен в Дюссельдорфе (H. Scheven in Düsseldorf).

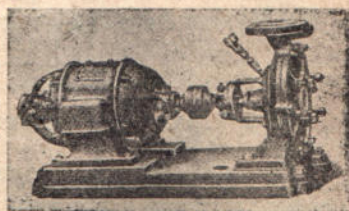
При постройке в крупных центрах высоких домов (дом „Известий“ в Москве, дом Госпромышленности в Харькове) или расположении высо-



Черт. 132.

ких домов на возвышенностях (Киев), в которых отметка верхнего этажа над поверхностью улицы достигает 30—50, должен возникать вопрос о специальном водоснабжении этих зданий, так как держать всю городскую сеть под избыточным напором было бы экономически невыгодно. Для этой цели прибегают к установке специальных насосов для подкачки в верхние этажи немного ниже линии наименьшего напора воды в городской магистрали. Предельным положением является помещение насоса в подвале здания (напр., б. дом Гинзбурга, высотой около 32 м. на крутой Институтской улице в Киеве). Насос начинает работать при пуске через особые вы-

ключательные краны электрического мотора; в некоторых установках заменяют выключательные краны выключательными резервуарчиками с поплавком, который при наполнении резервуара выключает мотор от работы и, наоборот, включает его при опорожнении; эти перемещения поплавка совершаются так быстро, что вода быстро поступает к водоразборным домовым приборам (черт. 132). В тех случаях, когда напор в городской сети очень мал или когда желают обеспечить здания большой стоимости от пожара (напр., театр, почтамт), представляется полезным установить на верху здания особые баки в помещении, защищенном от мороза. Такие насосы в



Черт. 133.

Германии конструируются многими фирмами: Вейзе сыновья в Галле (Weise Söhne, Halle), Сименс-Шукерт в Берлине (Siemens-Schuckert, Berlin) Клейн, Шанцлер и Беккер во Франкентале (Klein, Schanzler u. Becker, Frankental) и др. Установка последней

фирмы состоит из электромотора и центробежного насоса на одном валу, автоматического выключателя и воздушного котла.¹

При водопотреблении давление воздуха в котле падает, и насос начинает работать; обратно, при максимальном давлении работа насоса прекращается. Эти автоматические установки „Клейнод“ (Kleynod) (помимо водоснабжения высоких домов являются пригодными для водоснабжения отдельных зданий (дач, гостиниц, санаторий и т. п.) и небольших селений. Установка насоса „Клейнод“ с высотой подъема до 50 м вместе с электромотором показана на черт. 133.

Для характеристики насосов „Клейнод“ (тип *Ек*), приводим данные об их работе в следующей таблице.

ТАБЛИЦА XX.

Число оборотов в мин.	1 450	1 800	2 000	2 200	2 400	2 650	
Прозв. в час прибл.	миним.	6—22	6—28	6—30	6—30	6—33	6—38
	макс.	6—24	6—30	6—33	6—35	6—38	6—40
Выс. подъема воды	миним.	7,0—2,2	10,7—3,2	13,0—5,8	16,3—5,5	19,8—7,8	27,8—11,0
	макс.	11,3—5,1	18,2—5,7	23,4—17,1	28,6—10,8	34,5—14,7	47,0—26,1
Требуем. сила в HP, приб.	миним.	0,6—0,7	0,85—0,85	1,0—1,42	1,3—1,3	1,63—2,10	2,25—4,50
	макс.	1,0—1,45	1,55—1,8	1,85—2,50	2,45—3,9	3,2—5,3	4,15—8,60

§ 8. Насосные станции со смешанным оборудованием

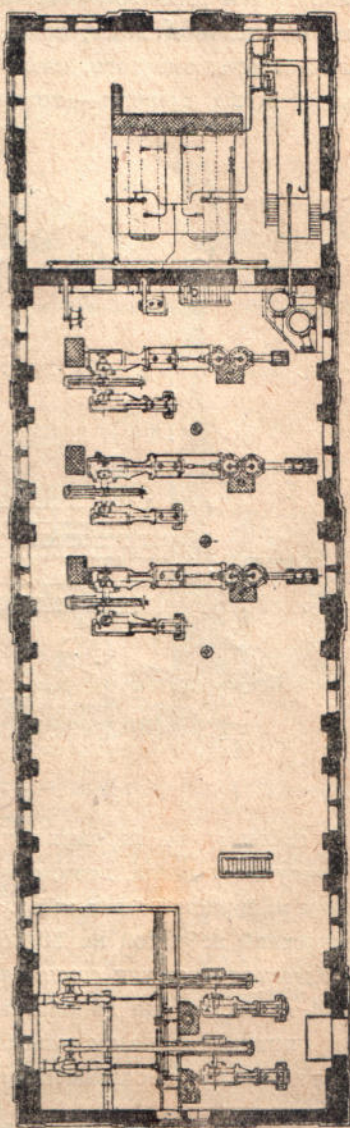
Примерами станций со смешанным оборудованием являются по преимуществу те насосные станции, в которых *первый* подъем из источника водоснабжения и *второй*—из резервуара для сбора очищенной на фильтрах воды, *совмещены в одном здании.*

К таким установкам можно отнести насосную станцию Днепропетровска и Москвы.

¹ Journ. f. Gasbel. und Wasserversorgung, 1913.

Насосная станция Днепропетровска¹ имеет для первого подъема (черт. 134а-с) 2 центробежных насоса, поставленных для возможности всасывания воды в колодце, устроенном в здании, и 5 поршневых насосов для второго подъема; производительность каждого из насосов 1-го подъема—675 куб. м/час, а 2 подъема—337,5 куб. м; число последних насосов увеличено с целью выравнивания потребления воды в различные часы дня. Вследствие нахождения Днепропетровска в районе Донбаса для оборудования насосной станции были выбраны паровые машины. Насосная станция состоит из машинного зала, площ. $48 \times 18 = 964$ кв. м и котельной, площ. $14,3 \times 18 = 257,4$ кв. м; высота машинного здания (от пола до низа стропил)—9 м, высота котельной—8 м.

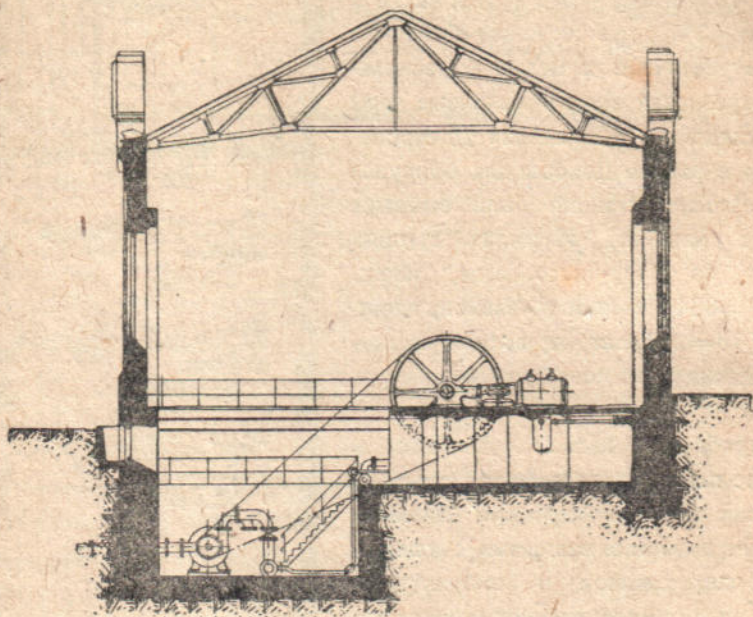
Центробежные насосы приводятся в действие посредством ременной передачи 2 малыми одноцилиндровыми горизонтальными паровыми машинами с клапанным распределением и конденсацией мятого пара (с индикаторной мощностью в 56 HP каждый). Для 5 поршневых насосов установлены 5 паровых машин Компаунд с клапанным распределением и инжекторной конденсацией мятого пара. Кроме того, в здании установлены компрессора и динамомашин для электрического освещения, для которых имеется небольшая вертикальная паровая



Черт. 134а.

¹ Гениев Н. Е., проф., Городские водопроводы, 1929 г.

машина. В котельном отделении установлены два паровых котла, поверхностью нагрева по 232 м^2 каждый, с *рабочим* давлением в $10,5 \text{ атм.}$, с наибольшей паропроизводительностью в 4100 кг каждый. Для подогрева питательной воды, подаваемой насосами Вортингтона, установлен экономайзер; кроме того, котлы снабжены пароперегревателями. В подвальном этаже станции — конденсаторы и трубопроводы. Для регулиро-



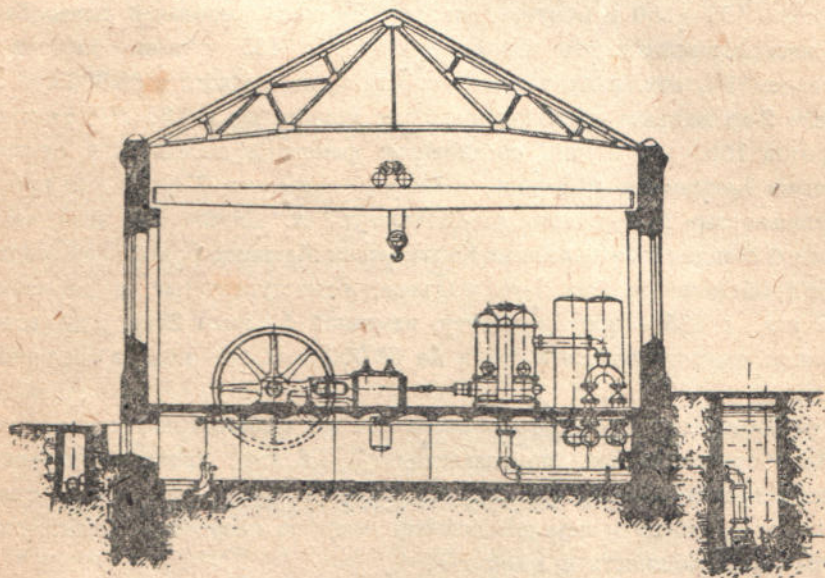
Черт. 134b.

вания давления на паровых линиях в машинном отделении установлены два воздушных котла, диам. около $1,25 \text{ м}$ и высотой— $3,5 \text{ м}$. Для обслуживания машинного отделения установлен мостовой кран, пролетом $16,1 \text{ м}$, с подвижной лебедкой на 10 тонн .

Рублевская насосная станция, служащая для водоснабжения г. Москвы с 1904 г., постепенно дополняла свое оборудование и в настоящее время может считаться *типом установки со смешанным оборудованием*, так как в двух ее зданиях установлены паровые насосы, дизель-насосы и электронасосы.¹

¹ Гущин Н. И., инж., Водоснабжение г. Москвы, 1926.

В каждом насосном здании имеются машины 1-го подъема воды из реки Москвы, установленные в подземной части для уменьшения высоты всасывания, и машины 2-го подъема для подачи очищенной воды в город. Первая (старая) насосная станция оборудована паровыми машинами (4 первого подъема и 4 второго подъема) тройного расширения с 4 цилиндрами, число оборотов 60 в минуту. Паровые машины снабжены центральным



Черт. 134с.

конденсатором двойного устройства: вспрыскивающим и поверхностным. Плунжера паровых насосов непосредственно соединены с поршневыми штоками паровых машин. Паровые насосы 1-го подъема (производительностью в 240 дейст. *HP*) подают в сутки до 200 000 куб. м., а 2-го подъема (производительностью в 567 дейст. *HP*) — до 175 000 куб. м. Котельное отделение станции состоит из 13 паровых котлов Ланкаширского типа по 85 кв. м поверхности нагрева с рабочим давлением 12 атм. и 2 котлов системы Бабкок и Вилькокс с пов. нагрева в 255 кв. м каждый, с тем же давлением пара. Все котлы снабжены пароперегревателями для перегрева пара до 320°C, для подогрева воды установлены два экономайзера. Отопление котлов производится нефтяными остатками,

для хранения которых установлено 5 нефтяных баков, общей емкостью в 5 000 тонн.

Все паровые насосы построены Коломенским Заводом.

Во второй (новой) насосной станции сделано двойное оборудование для обоих подъемов: там установлены Дизель-насосы и электро-насосы. Дизеля 1-го подъема—трехцилиндровые, мощностью в 375 HP, с числом оборотов 150—160 в минуту приводят ременной передачей центробежные насосы швейцарского завода Зульцер, с 435 числом оборотов и давлением $1\frac{3}{4}$ атм. и производительностью для каждого в 60 000 куб. м. Дизеля 2-го подъема шестицилиндровые, мощностью в 750 HP, с числом оборотов 150—160 в мин., соединенные ременной передачей с центробежными насосами, с 545 обор. в минуту, давлением $7\frac{1}{2}$ атм. и производительностью для каждого до 45 000 куб. м. Дизеля для этой части насосной станции изготовлены на Коломенском Машиностроительном заводе.

Центробежные насосы 1-го подъема, одноступенчатые, с давлением до 2 атм., с 485 оборот. в минуту, немецкой фабрики Егер, производительность каждого насоса в сутки до 60 000 куб. м., насосы соединены с мотором в 400 HP.

Центробежные насосы 2-го подъема той же фабрики двухступенчатые с 585 оборотами в мин. при давлении $7\frac{1}{2}$ —8 атм., производительность каждого насоса—50 000 куб. м/сут.; находящийся на одном валу с насосом электромотор и передающий ему энергию посредством эластичной муфты имеет мощность в 1 100 HP.

Электрическая энергия для Рублевской станции получается с Кожуховской станции Каширской электропередачи.

**СПИСОК ГЛАВНЕЙШИХ ИСТОЧНИКОВ, ПОСЛУЖИВШИХ
ДЛЯ НАСТОЯЩЕГО СОЧИНЕНИЯ.**

1. Хедер I., Насосы и компрессоры, 1903.
 2. Dariès, prof., Distributions d'eau, 1909.
 3. Краткий отчет по постройке Николаевского городского водопровода, 1909.
 4. Napocq C., Ing., Les pompes centrifuges à haute pression, 1909.
 5. H. Weihe und O. Berndt, Die Baumaschinen, Handb. der Ingenieure Wissenschaften, 1910.
 6. Prof. Lueger und prof. Weyrauch, Die Wasserversorgung der Städte, II Abt., 1916.
 7. S. Heinemann, Leitfaden und Normal- Entwürfe für die Ausstellung und Ausführung von Wasserleitungsprojektion für Landgemeinden, 1922.
 8. Бурдаков А. А., Из практики с центробежными насосами, 1923.
 9. Егуже Поршневые насосы, 1924.
 10. Swindin, The modern theory of pumping, 1924.
 11. Матиссен Г., проф., и Фукслохер, инж., Насосы, 1927.
 12. Есьман И. Г., проф., Центробежные насосы, 1927.
 13. Карпов В. А., инж., Ветросиловые установки, 1927.
 14. Краиц, Современные центробежные насосы, 1929.
 15. Водопровод и канализация в Ростове на Дону с пригородами, 1929.
-

СОЧИНЕНИЯ ПРОФ. В. Ф. ИВАНОВА.

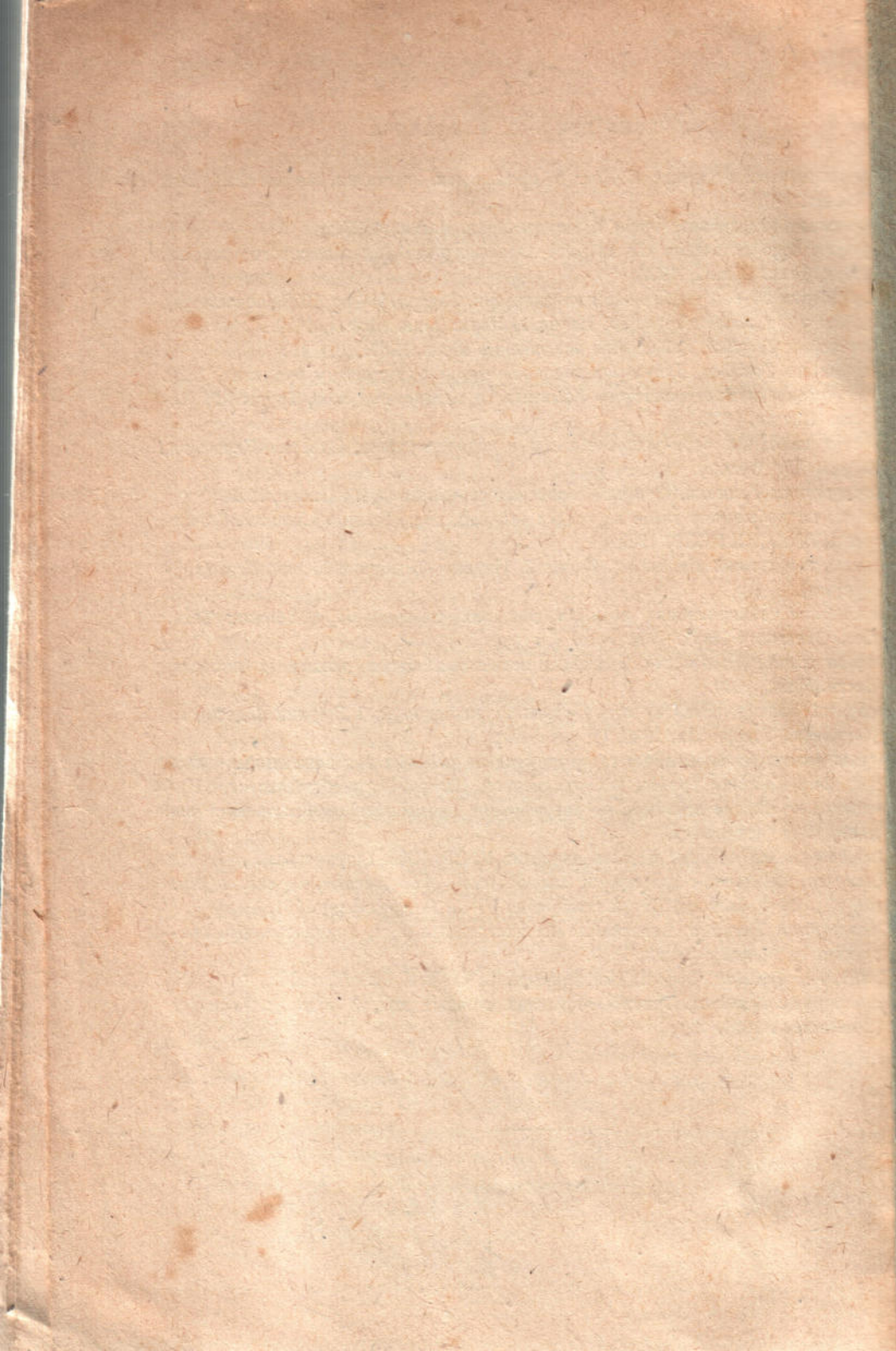
1. Симплонский туннель, Изв. Собр. Инж. П. С., 1901.
2. Главная насосная станция СП-Бургского водопровода, Журн. М. П. С., 1902.
3. Технический обзор составления нормального метрического сортамента чугунных водопроводных труб, Журн. М. П. С., 1903.
4. Записка об определении весов труб с раструбными и фланцевыми соединениями, Журн. М. П. С., 1903.
5. Канализация железнодорожных станций, Труды VI Водопроводного Съезда, 1903, Журн. М. П. С., 1903.
6. Краткий отчет о VI Водопроводном Съезде, Изв. Собр. Инж. П. С., 1903.
7. О введении водомеров на СП-Бургском водопроводе, Журн. О-ва Охр. Нар. Здрав., 1904.
8. О водоснабжении поселков и городов, лежащих близ станций ж.-д., Труды VII Водопр. Съезда, 1905.
9. Водоснабжение гор. Нанси грунтовой водой, Изв. Киев. Полит. Института, 1907.
10. Краткий отчет о VIII Водопроводном Съезде, там же, 1907.
11. О спуске сточных вод в водные протоки, Труды VIII Водопров. Съезда, 1907.
12. Исследование влияния экономических условий на начертание водопроводной и оросительной сети, диссертация на звание адъюнкта Санитарной Техники, Изв. КПИ, 1908.
13. О Высшем санитарно-инженерном образовании, Труды IX Водопров. Съезда, 1909.
14. Итоги IX Водопроводного Съезда, Изв. КПИ, 1909.
15. Санитарная техника, Устройство водопроводов и водостоков в домах, 1909
16. О загрязнении и самоочищении водных протоков, Гор. Дело, 1911.
17. Способы предварительной обработки сточных вод, Труды X Водопроводного Съезда, 1911; Изв. КПИ, 1911.
18. Водоснабжение и канализация городов на Дрезденской Международной Гигиенической Выставке, Гор. Дело, 1912.
19. Санитарная техника, Канализация населенных мест, 1911.
20. О приготовлении искусственной грунтовой и артезианской воды, Труды 2-го Южно-Рус. Мелиор. Съезда, Труды 11 Съезда деятелей по Прикл. Геологии, 1912.
21. О стоимости водопроводной воды, Гор. Дело, 1912.

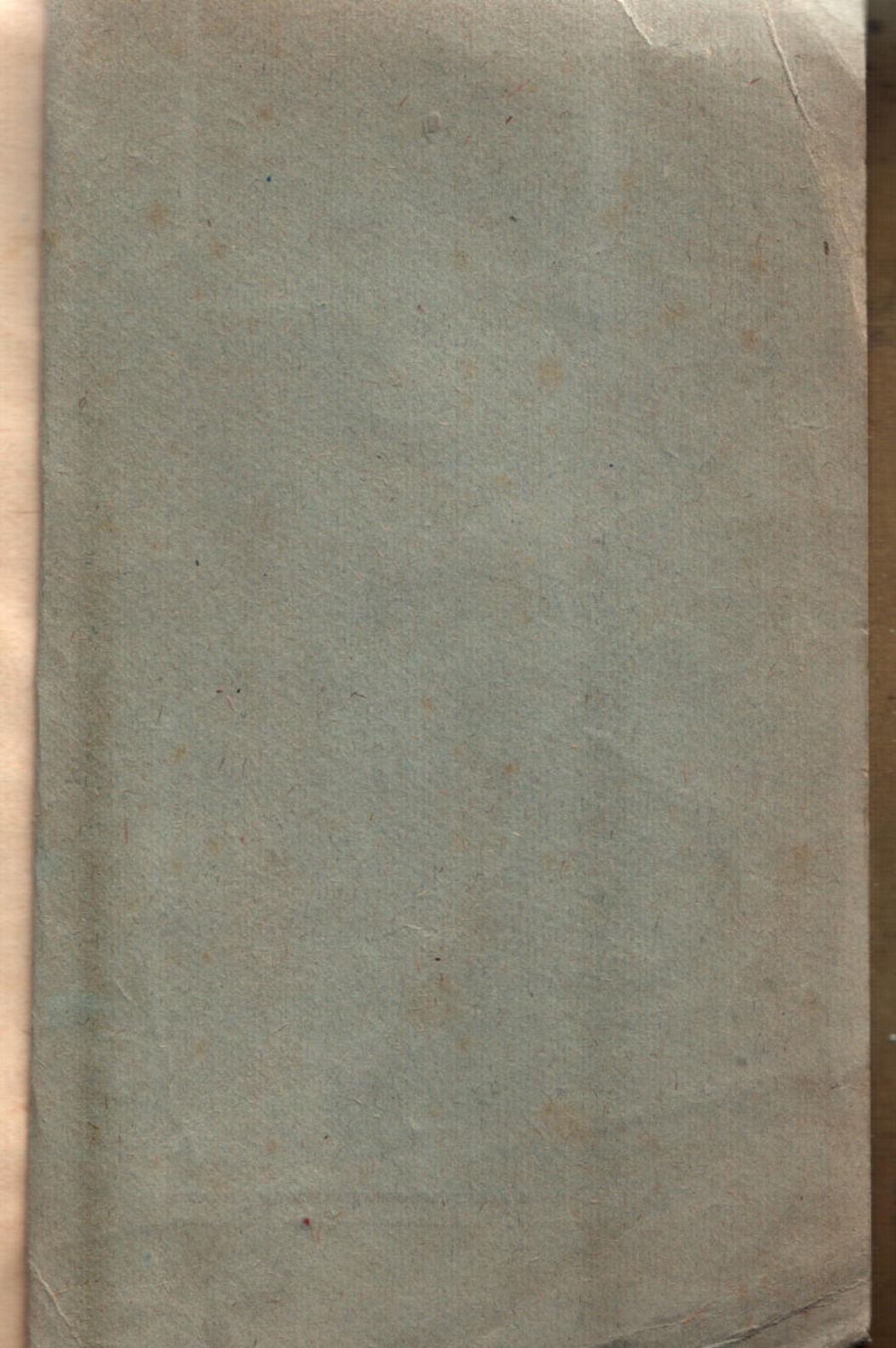
22. К вопросу об Институте Земско-Городского благоустройства, Изв. Киев. Ком. Инст., 1913.
23. Краткий исторический обзор развития способов очистки сточных вод, Город. Дело, 1913.
24. Об организации технической части при Городских Управах, Город. Дело, 1913.
25. *Планировка городов в связи с водоснабжением и канализацией*, Изв. Киев. Полит. Инст., Гор. Дело, 1913.
26. Таблицы для подбора диаметров водопроводных труб по формуле Гангилье-Куттера, 1913.
27. *Санитарная техника*, Материалы для составления смет по канализации населенных мест, 1913.
28. О движении сточной воды через капельные окислители, Труды XI Водопр. Съезда, 1913.
29. О санитарных Бюро домов, Труды Съезда по борьбе с эпидемиями юга России, 1913.
30. *Санитарная техника*, Очистка городских сточных вод, 1914.
31. Водоснабжение и канализация поселков, 1915.
32. Материалы по водоснабжению г. Киева, Изв. КПИ, 1915.
33. Об удалении и уничтожении твердых отбросов в г. Киеве, Изв. Киев. Гор. Думы, 1913.
34. Водоснабжение г. Камышина грунтовой водой, I изд., 1915.
35. Подвижные душевые бани для войск системы проф. В. Ф. Иванова, Изв. Киев. Гор. Думы, 1915.
36. Школьные бани в Германии, Вестн. Инж., 1916.
37. О санитарном благоустройстве лечебных местностей, Труды I Съезда по улучш. лечеб. местн., 1916.
38. О технических отделениях Академии Наук, Зап. Киев. Отд. Технич. О-ва, 1916.
39. Записка о преподавании Санит. Техники на инженерном отделении Киевского Полит. Ин-та, Всерос. Гиг. Выставка, 1913.
40. Об испытании водомеров сист. Вольмана, Труды Гидрогеологической Комиссии при Киевск. Гор. Упр., 1916.
41. Основные данные для составления проектов водоснабжения и канализации, Инжен., 1917.
42. Водоснабжение г. Камышина грунтовой водой, 2 изд., 1917.
43. О подготовке специалистов по санитарной технике, Труды I Съезда по благоустр. населенных мест, 1920.
44. Об организации Санитарно-Технического Отделения в Киев. Политехн. Институте, Труды XII Вод. Съезда, 1922.
45. К вопросу о санитарном благоустройстве сел и деревень, Екатерин. Медицин. Журн., 1923.
46. О банях в селах и деревнях, Общее Дело, Киев, 1923.
47. О санитарном благоустройстве городов Украины, Общее Дело, 1923.
48. О санитарном отделении при Украинской Академии Наук, Харьков, 1923.

49. Геологическое описание г. Киева, Труды Ком. по планировке Киева, 1923.
50. Описание Киевского крепостного водопровода, там же, 1923.
51. Описание Киевской коммунальной канализации, там же, 1923.
52. Описание Днепровского водопровода станц. Киев, ЮЗЖД, там же, 1923.
53. Об организации удаления твердого мусора к городским свалкам, там же, 1924.
54. О развитии водоснабжения в Киеве в пределах новой городской черты.
55. Новая теория для движения подземных вод к артезианским скважинам, колодцам и галлереям, Доклад Исслед. Каф. Гидрогеологии к 1-му Всерос. Гидрологическому Съезду, 1924.
56. Сбор дождевой воды цистернами, Наука и Техника (Одесса) и доклад Иссл. Каф. Гидрологии, 1925.
57. *Рабочее жилищное строительство, Города-сады и поселки для рабочих*, Ленинград, Акад. Изд., 1925.
58. *Жилища для рабочих и способы их осуществления в СССР*, Одесса, Изд. Полит. Инст., 1925.
59. Основные принципы для устройства речных водосборных сооружений, Докл. Исслед. Каф. Гидрол., 1924.
60. Опыт сравнения пригородов-садов и городов-садов, Одесса, Вестн. жилищ. коопер., 1925.
61. Основания для постройки пригородов-садов и городов-садов, там же, 1925.
62. Основания для выбора источника водоснабжения населенных мест, Труды XIII Водопр. Съезда, 1925.
63. Защита Одесского порта от пожаров, Доклад на производ. вечере в ОПИ, 1925.
64. Краткий отчет о 1 Международном Санитарно-Техническом Конгрессе в Лондоне, Наука и Техника, 1925.
65. Всасывающие, напорные и самотечные линии, Наука и Техника, 1925.
66. Об устройстве завода для керамиковых труб в Одессе, там же, 1925.
67. К вопросу об устройстве водоснабжения и канализации в городах-садах, Стр. Пром., 1926.
68. Добывание воды из озер, Сан. Тех., Москва, 1926.
69. *Санитарная Техника*, Канализация населенных мест, 2 изд., 1926.
70. Добывание воды из рек, Стр. Пром., 1926.
71. Влияние улучшения качества питьевой воды на распространение водяного происхождения, Наука и Техника, 1927.
72. Очищения жильної та артезійської води від заліза та марганцу, Науково-Технічний Вісник, 1927.
73. Водоснабжение и канализация поселков, Энциклопедия Строителя, том VIII, 1927.
74. Сельское водоснабжение Одесского Округа в техническом, санитарном и пожарном отношениях, Секция Сельского Водоснабжения Пост. Бюро Вс. Вод. и Сан. Техн. Съездов, 1927.
75. Групповое водоснабжение сел и городов Одесского и Николаевского районов, Стр. Пром., 1927, Труды XIII Вод. Съезда 1927.

76. Об устройстве в Одессе С.-Хоз. и промышлен. выставки, Труды XIII Вод. Съезда, 1927.
77. Подземная Гидравлика, очерк 1, Научно-Техн. Вестн., 1927.
78. Групове водопостачання сіл та міст Одеського та Миколаївського районів, Наук. Техн. Вісник, 1927.
79. Справочник по водоснабженню и канализации, Академ. И—во, 1929 (печатається).
80. Нариси з підземної гідравліки, Нарис 1, Наук. Техн. Вісник, 1929.
81. *Санітарна Техніка*, Каналізація залюднених місць, 1930.
82. *Санітарна Техніка*. Будівництва водопроводів та водостоків у будинках, 1930.
83. О деятельности Всеукраинского Комитета по охране водоемов, Труды XIV Водопр. Съезда, 1929.
84. Проект народной бани-водолечебницы в рабочем районе Одессы—Пересыпи, Труды XIV Водопр. Съезда, 1929.
85. *Санитарная Техника*, Очистка городских сточных вод, II издание, 1929.
86. Опытты по добыванню газом из осадка сточных вод, Технич. Новости, Бюллетень НТУ ВСНХ УССР, 1929.
87. Нариси з підземної гідравліки, Нарис 2, Науково-Технічний Вісник, 1930 (друкується).
88. Визначення найкорисніших розмірів рівняних резервуарів, I Збірник Техн. Сек. Одеського Наук. Товариства (друкується) 1930.
89. Оценка теории Дюпюи для движения подземных вод в осадочных породах, Вестн. Инж., 1930.
90. Историчні нариси розвитку водопостачання закордоном, I Збірник Одеського Наукового Товариства, 1930, (друкується).
91. Новые опытты по добыванню газом из осадков сточных вод кожевенных заводов, 2-ой Сборник Трудов Всеукраинского Научно-Исследовательского Института по охране водоемов от загрязнения промышленными сточными водами, 1930 (печатається).
92. Охорона сіл від пожежі, Держвидавництво УРСР, 1930 (друкується).
93. *Эмпергер*, Санітарно-гідротехнічні залізобетонні спорудження, перекл. з нім. під ред. В. Ф. Іванова, Держвидавництво УРСР (друкується) 1931.
94. *Санитарная Техника*. Водоснабжение населенных мест, Водоподъемные приборы и насосные станции, 1930.
95. *Санітарна Техніка*. Водопід'ємні прилади та смокові станції, 1930.
96. *Санитарная Техника*, Очистка городских сточных вод, 3 издание, Госиздат (печатається), 1931.







Цена 3 р. 50 к.

С ЗАКАЗАМИ ОБРАЩАТЬСЯ ПО АДРЕСУ:
Книгосплавка, Книжный сектор—Харьков, Горьковский пер., 2.