

1936

Аннотация руково-
дства
Дата 2007

И. Терещенко
624.15
122

СООРУЖЕНІЕ

ВИНТОВЫХЪ И ЦИЛИНДРИЧЕСКИХЪ

БЕТОННЫХЪ СВАЙ.

85568

Ю. Ланге.

Оттискъ изъ Извѣстій Кіевскаго Политехническаго Института
Императора Александра II.

КІЕВЪ.

Тип. С. В. Кульженко, Пушкинская улица, домъ № 4.
1904.



Сооруженіе винтовыхъ и цилиндрическихъ бетонныхъ свай.

Въ послѣднее время начинаетъ пріобрѣтать популяриность среди строителей способъ бетонныхъ основаній подъ различнаго рода инженерныя и гражданскія сооруженія.

Основанія эти можно раздѣлить на два типа: 1) бетонный слой, 2) бетонныя сваи съ бетоннымъ же ростверкомъ.

Бетонный слой, сплошной или расположенный только подъ стѣнами, устраивается въ томъ случаѣ, когда материкъ лежитъ глубоко отъ поверхности земли и тяжелое сооруженіе приходится основывать на слабомъ грунтѣ.

Иногда въ бетонный слой закладываютъ желѣзные прутья или рельсы. Такъ основана, напр., церковь св. Николая въ Гамбургѣ (см. Бреннеке «Курсъ основаній и фундаментовъ»).

Основанія по второму типу имѣютъ цѣлью или передать давленіе материгу или противодѣйствовать осадкѣ и сдвигу сооруженій, развитіемъ силъ тренія. Какъ на примѣръ можно указать на фундаментъ подъ зданіемъ управленія Юго-Зап. ж. д. у насъ въ Кіевѣ. (См. докладъ инж. Киха на XVIII съѣздѣ инженеровъ службы ремонта ж. д. и статью Страуса, Инженеръ № 1 1902 г.).

Бетонныя основанія имѣютъ за себя много данныхъ: прочность, неизмѣняемость съ теченіемъ времени, удобство исполненія и пр., по-

этому вполне понятно вниманіе строителей къ этому роду основаній, и особенно къ основаніямъ на бетонныхъ сваяхъ.

Уже было предложено нѣсколько способовъ устройства бетонныхъ свай. Разсмотримъ ихъ.

I. Забивается деревянная свая, выдергивается, остающееся углубленіе заполняется бетономъ.

Недостатки способа: а) трудность выдергиванія деревянной сваи, б) при заполненіи углубленія бетономъ и трамбованіи послѣдняго обсыпается земля, и т. обр. можетъ не получиться сплошной бетонной сваи.

II. Французскій способъ. Ударами особаго рода бабъ пробивается углубленіе въ грунтъ, которое затѣмъ заполняется бетономъ.

Недостатки: а) трудность выдергиванія бабы, б) непримѣнимость способа при мокрыхъ и песчаныхъ грунтахъ.

III. Бурятъ отверстіе, опуская въ землю металлическую обсадную трубу; когда послѣдняя будетъ погружена до проектной глубины, заполняютъ ее бетономъ.

Недостатки: а) малое треніе такой сваи о грунтъ, б) значительная стоимость, т. к. обсадная труба остается въ землѣ, в) напрасно тратится работа на выниманіе земли.

IV-й способъ, предложенный инж. Страусомъ, отличается отъ предыдущаго тѣмъ, что при трамбованіи бетона вытаскиваютъ немного обсадную трубу; т. обр. устраняются первые два недостатка III-го способа, но остается третій, а именно, напрасно тратится работа на выниманіе земли, и приходится непроизводительно замѣнять объемъ вынутой земли бетономъ.

По опытнымъ даннымъ инж. Страуса на такую сваю идетъ бетона въ $2\frac{1}{2}$ — $3\frac{1}{2}$ раза больше, чѣмъ необходимо его для заполненія обсадной трубы. Если бы грунтъ не выбирался, то на сваю пошло бы $1\frac{1}{2}$ — $2\frac{1}{2}$ объема бетона, а въ среднемъ въ полтора раза меньше. Кромѣ того при сооруженіи бетонныхъ свай безъ выемки грунта должно получаться болѣе полное уплотненіе его.

V. Въ 1902 г. во Франціи были произведены опыты забиванія ганѣе заготовленныхъ желѣзо-бетонныхъ свай.

Разрѣзъ ихъ показанъ на черт. а.

Приготавливались такія сваи недалеко отъ мѣста работъ, на временно устроенномъ бетонномъ заводѣ. Черезъ мѣсяцъ послѣ набивки сваю ставили подъ коперъ, надѣвали на нее особый наголовникъ и забивали въ землю. Къ сожалѣнію пока еще не выясненъ вопросъ: не уменьшается ли въ такихъ сваяхъ крѣпость бетона? но во всѣхъ случаяхъ забивки трещинъ замѣтно не было, и всѣ сваи удалось загнать въ землю.

По сравненію со способомъ инж. Страуса эти сваи имѣютъ съ одной стороны то преимущество, что уплотняютъ основанія, а съ другой за то уступаютъ послѣднимъ, т. к. бетонныя сваи инж. Страуса а) сооружаются непосредственно на мѣстѣ, въ землѣ. Подносъ матеріаловъ къ мѣсту работъ долженъ обходиться дешевле, чѣмъ переносъ готовой сваи, б) удары трамбовки гораздо слабѣ ударовъ бабы и, слѣд., не будутъ оказывать такого вліянія на грунтъ и окружающія сооруженія, в) сваи Страуса гораздо плотнѣ сидятъ въ грунтѣ, чѣмъ желѣзо-бетонныя и, слѣдовательно, могутъ принять болѣе значительную нагрузку.

VI. Изъ предыдущаго слѣдуетъ, что бетонныя сваи желательно набивать непосредственно на назначенномъ мѣстѣ, и предпочтительнѣе способъ безъ выемки грунта.

Для большаго распространенія давленія и развитія силъ тренія можно снабдить сваю винтовой лопастью.

Для сооруженія винтовыхъ бетонныхъ свай завинчиваемъ въ грунтъ металлическую обсадную трубу (см. черт. 1, фасадъ, черт. 2, видъ снизу, черт. 3, разрѣзъ по аб), имѣющую винтовыя лопасти (чугунныя черт. 7 и 14, клепанныя изъ листового желѣза или литыя изъ стали).

Завинчиваніе, или какъ говоритъ Ванковъ забиваніе, производимъ людьми, лошадьми или паровой машиной, помощью наголовника, который передаетъ сваѣ вращательное движеніе благодаря развивающимся силамъ тренія. (См. Ванковъ «Металлическія сваи» стр. 47—54, Курдюмовъ «Свайныя работы» стр. 87). Движеніе наголовнику передается рычагами.

На черт. 5 и 7 показаны двѣ конструкціи наконечника. Чтобы передать ему вращательное движеніе обсадной трубы, къ верхней ци-

цилиндрической его части прилиты 4 ребра $сс$ (см. черт. 3 и 4), которые входят въ соответствующія 4 пазы обсадной трубы. Т. к. наконечникъ закладывается въ трубу сверху, то въ началѣ эти пазы уширены (см. черт. 3); для удобства же трамбованія утолщеніе стѣнокъ совершается постепенно. Чтобы устранить вертикальное перемѣщеніе наконечника при завинчиваніи, въ послѣднемъ устроены 2 щеколды ($d d'$ —черт. 4—5), которые удерживаются сильными стальными пружинами въ соответствующихъ углубленіяхъ обсадной трубы.

Опытъ показываетъ, что при завинчиваніи металлическихъ свай больше всего изнашивается верхняя поверхность винта. Для уменьшенія этого изнашивания и для облегченія завинчиванія въ наконечникъ проводится при помощи нагнетательной трубы или прямо наливается вода, которая будетъ стекать на лопасть черезъ отверстія e, e и т. обр. при завинчиваніи сваи верхняя поверхность лопасти будетъ смочена. Чтобы черезъ эти отверстія (e, e) не забивалась земля, они направлены подъ тупымъ угломъ къ направленію вращенія (черт. 6).

Когда свая завинчена до проектной глубины, мы поворачиваемъ ее примѣрно на $1/2$ оборота въ обратную сторону, чтобы ослабить давленіе на щеколды, тянемъ кверху за жгутъ $d d' f$, привязанный къ ушку d и только проходящій черезъ ушко d' , и т. обр. размыкаемъ наконечникъ съ обсадной трубой (пружины gd примутъ положеніе gg'). Затѣмъ вытаскиваемъ наконечникъ помощью цѣпи $h h'$ и опускаемъ въ трубу порцію бетона примѣрно въ 3—4 куб. фута. Опусканіе можно производить въ набросъ или помощью ведра съ откиднымъ самооткрывающимся дномъ, что лучше покажетъ опытъ.

Трубы соединяемъ въ раструбъ, болтами. Два способа показаны на черт. 3. Направо болтъ вставленъ изнутри и имѣетъ гайку, налѣво завинченъ снаружи. Первый способъ гораздо надежнѣе и проще, т. к. при немъ не нужно въ отверстіяхъ трубы и раструба устраивать нарѣзку. Для вкладыванія давно уже употребляется слѣдующій способъ. Особые, употребляемые для такихъ случаевъ, болты съ ушками на длинныхъ веревочкахъ привязываются къ палкѣ (удилищу), опускаются въ трубу и подводятся къ отверстию. Черезъ послѣднее же проволочнымъ крючкомъ зацѣпляютъ за ушко и вводятъ болтъ въ отверстіе.

Число болтовъ, конечно, должно быть рассчитано.

Опущенный бетонъ трамбуемъ бабою до полученія болѣе или меньше звонкаго звука. При трамбованіи наблюдаемъ, чтобы въ трубѣ всегда былъ бетонный слой 1—1½ фута высотой (такъ называемая пробка) для того, чтобы стволъ сваи не прервался бы слоемъ земли. Наиболѣе удобный типъ трамбовки показанъ на чертежѣ, желательный вѣсъ ея пудовъ 6—10. Если на тарелку такой трамбовки и попадетъ камень, то онъ не послужитъ препятствіемъ для поднятія и опусканія ея.

Когда опущенный бетонъ затрамбуемъ, начинаемъ постепенно вывинчивать сваю; при чемъ наблюдаемъ, чтобы въ трубѣ всегда была бетонная пробка не менѣе ½ фута высотой. Сынемъ новую порцію бетона, трамбуемъ ее, все время вывинчивая трубу.

Конечно, винтовая лопасть обсадной трубы будетъ оставлять въ землѣ (если грунтъ не плавунъ или песокъ) пустоту, которая немедленно же будетъ заполняться бетономъ. Если мы такимъ образомъ дойдемъ до верху, то получимъ заложенную въ грунтѣ винтовую бетонную сваю. Лопасть будетъ извиваться по всей высотѣ ея. Затѣмъ обсадная труба и наконечникъ могутъ быть употреблены въ другомъ мѣстѣ.

На черт. 7 показано другое устройство для удержанія наконечника отъ перемѣщенія по вертикали: наконечникъ насаженъ на деревянную 4-хъ вершковую сваю, черезъ верхній конецъ которой пропущенъ болтъ 11', проходящій и черезъ обсадную трубу.

Если діаметръ винтовой лопасти будемъ постепенно уменьшать и сдѣлаемъ = діаметру обсадной трубы, то ширина лопасти получится = 0. Такую сваю надо уже забивать. Конструкція ея будетъ немного проще предыдущихъ. Устройство для сооруженія цилиндрическихъ бетонныхъ свай безъ выемки грунта показаны на чертежахъ 9—13.

На деревянную сваю, снабженную чугуннымъ коническимъ башмакомъ, снизу одѣваемъ чугунное (черт. 8—10) или желѣзное (черт. 12—13) кольцо *ik*, а сверху желѣзную обсадную трубу. Чтобы впоследствии было легче орудовать съ обсадной трубой, кольца *i*, *k* имѣютъ діаметръ на 4—5 сант. большій діаметра обсадной трубы. Чтобы при забиваніи деревянная свая увлекала за собой обсадную трубу, въ пер-

вой дѣлаемъ коническую зарубку сант. въ три, въ которую закладываемъ дубовыя клинья и стягиваемъ ихъ однимъ или двумя желѣзными обручами.

Чтобы верхъ дер. свай не скололся, онъ стянуть надъ зарубкой желѣзнымъ кольцомъ.

Звенья обсадной трубы соединяемъ муфтами.

Всю описанную систему забиваемъ въ землю обыкновеннымъ копромъ. При погруженіи свай пространство между конусомъ и кольцомъ заполнится землей, и такимъ обр. можно рассчитывать на получение одного сплошного конуса. Дойдя до проектной глубины, вытаскиваемъ деревянную сваю съ насаженнымъ на нее башмакомъ и работы ведемъ также, какъ при способѣ Страуса, т. е. сыпемъ порцію бетона, утрамбовываемъ его, поднимаемъ обсадную трубу помощью зажима и домкратовъ, наблюдая при этомъ, чтобы въ обсадной трубѣ была пробка изъ бетона не меньше $\frac{1}{2}$ фута высотой. Когда труба поднята, сыпемъ порцію бетона, трамбуемъ его, поднимаемъ обсадную трубу, сыпемъ бетонъ и т. д. На каждую сваю придется заготовливать особое кольцо, т. к. при поднятіи обсадной трубы оно остается въ землѣ. Считая вѣсъ его фунтовъ 10, можно полагать, что оно не будетъ стоить дороже 40 коп.

Когда обсадная труба будетъ вытащена изъ земли, то, если грунтъ былъ однороденъ, получится цилиндрическая бетонная свая. Если же грунтъ былъ слоистый, изъ прослоекъ различно сопротивляющихся сдвигу, то въ болѣе слабыхъ прослойкахъ свая получитъ нѣкоторое утолщеніе.

На черт. 17 показанъ способъ сооруженія винтовыхъ бетонныхъ свай съ выемкой грунта. Производство работъ подобно предыдущему.

Такія сваи слѣдуетъ примѣнять тамъ, гдѣ нельзя рассчитывать на уплотненіе грунта.

Соединяя послѣдніе три способа сооруженія свай со способомъ Страуса, получимъ слѣдующую таблицу:

Цилиндрическія	{ съ выемкой грунта (Страуса) безъ выемки.
Винтовыя	{ съ выемкой безъ выемки.

Сравнивая цилиндрическія сваи Страуса съ предложенными здѣсь, видимъ, что первыя имѣютъ то преимущество, что могутъ быть съ успѣхомъ сооружаемы по близости сооруженій безъ вреда для послѣднихъ, вслѣдствіе малаго вѣса трамбовки и незначительнаго удара при трамбованіи бетона; за то тамъ, гдѣ по близости постройки нѣтъ сооруженій, лучше употреблять цилиндрическія сваи безъ выемки грунта т. к. 1) при забиваніи обсадной трубы грунтъ уплотняется, что не можетъ быть при погруженіи обсадной трубы буреніемъ, 2) забить сваю легче, чѣмъ погрузить обсадную трубу буреніемъ, 3) получится экономія на бетонѣ, т. к. приходится трамбовать сваю въ грунтѣ, предварительно уплотненномъ.

При слабыхъ грунтахъ и тяжелыхъ, дорогихъ сооруженіяхъ можно примѣнять винтовые сваи, какъ выдерживающія болѣе значительную нагрузку.

Полагая, что такая свая стремится перемѣститься, замѣчаемъ, что она увлечетъ за собой грунтъ, заключенный между лопастями, и, слѣд., поверхность тренія такой сваи будетъ относиться къ поверхности тренія цилиндрической сваи, какъ наружный діаметръ лопасти относится къ діаметру цилиндрической сваи т. е. какъ 2 или 3 къ единицѣ. Если же конецъ винта заложенъ въ материкѣ, то передача давленія происходитъ по площади въ 4—9 разъ большей.

Пока нѣтъ данныхъ изъ строительной практики, трудно что либо сказать о стоимости винтовыхъ бетонныхъ свай. На первый взглядъ кажется, что онѣ обойдутся дороже цилиндрическихъ; но тоже самое мнѣ казалось относительно деревянныхъ свай, между тѣмъ на дѣлѣ бывають случаи, когда, напр., деревянные винтовые сваи обходятся дешевле обыкновенныхъ, забиваемыхъ копромъ. Такія сваи были примѣнены инженеръ-поручикомъ Воронцовымъ-Вельяминовымъ II на пристройкѣ пристани въ рейдѣ города Баку. Скажемъ о нихъ нѣсколько словъ, т. к. въ технической литературѣ трудно встрѣтить описаніе подобныхъ свай.

Приготавливаются сваи слѣдующимъ образомъ: тонкій конецъ бревна обтесывается конусомъ, потомъ берутъ ремень, шириною въ 2 дюйма, и обергивають имъ конецъ сваи въ два съ половиною оборота. Растояніе между краями ремня (т. е. шагъ винта) берутъ вершка въ 2—3, по ремню чертятъ на сваѣ карандашомъ винтовая линія, потомъ счи-

мають ремень и выдалбливають въ бревнѣ желобъ, глубиною въ 1 дюймъ, по направленію начерченныхъ линий. Затѣмъ берутъ напиленные куски двухъ-дюймовыхъ досокъ, вытесываютъ изъ нихъ ободки въ 5 дюймовъ шириною, вкладываютъ эти ободки въ винтовую вырѣзку сваи и прибиваютъ къ ней семи-дюймовыми гвоздями. При этомъ, разумѣется, нужно провертывать буравцемъ дыры для гвоздей въ доскахъ, иначе онѣ расколятся. Выпускъ диска вверху дѣлается въ 4 дюйма, къ низу уменьшается и въ концѣ закругляется; также округляются и края всего диска. На каждый дискъ идетъ $1\frac{1}{2}$ арш. двухъ-дюймовыхъ досокъ и 20 семи-дюйм. гвоздей.

Одинъ плотникъ можетъ свободно приготовить подобнымъ образомъ три сваи въ день.

Если въ грунтѣ, въ который завинчивается свая, попадется щебень или ракушка, то на конецъ сваи набивается желѣзный башмакъ. Воронцовъ-Вельяминовъ говоритъ, что «при песчаномъ, глинистомъ и иловатомъ грунтѣ, подобныя сваи завинчиваются очень легко и скоро. При такихъ грунтахъ свая завинчивается въ 20 минутъ шестью рабочими; среднимъ числомъ можно положить, что шесть человекъ, съ устройствомъ подмостокъ, могутъ ввинтить шесть свай въ день». (Инженерный журналъ 67 г., Описание рейда города Баку и производства работъ по устройству набережной и пристаней).

Интересно сравненіе расходовъ на обдѣлку и завинчиваніе винтовой сваи, по Бакинскимъ цѣнамъ 67 года, съ расходомъ на сваю, забитую копромъ на глубину 5 аршинъ.

Для обдѣлки каждой сваи нужно:

$1\frac{1}{2}$ арш. 2" доски	40 коп.
20 гвоздей семи-дюймовыхъ	10 »
$\frac{1}{3}$ плотника	34 »
Для завинчиванія сваи 1 рабочій	40 »

Всего . . . 1 р. 24 коп.

для забивки же сваи копромъ нужно 30 человекъ рабочихъ, и они могутъ вбить 6 свай въ день; слѣд., на каждую сваю приходится пять рабочихъ, а потому забивка каждой сваи обойдется 2 руб., т. е.

на 76 коп. дороже противъ завинчиванія свай, не считая при этомъ стоимости устройства копра и покупки бабы, набиваніе желѣзныхъ бугелей на сваи и заостриваніе свай; кромѣ того устройство подмостокъ въ этомъ случаѣ должно быть прочнѣе, такъ какъ въ этомъ послѣднемъ случаѣ онѣ должны выдерживать тяжесть копра и 30 человекъ рабочихъ, тогда какъ при завинчиваніи свай подмостки держатъ только 6 человекъ. Принявъ всѣ эти обстоятельства въ расчетъ, Воронцовъ-Вельяминовъ говоритъ, что каждая свая вбитая копромъ обойдется цѣлымъ рублемъ дороже завинченной.

Что касается до устойчивости и прочности, то опять таки преимущество остается на сторонѣ винтовыхъ свай, потому что при завинчиваніи не происходитъ сотрясенія окружающаго грунта и самой сваи, отчего не разрушается сила сцѣпленія какъ грунта, такъ и фибръ самой сваи, какъ это бываетъ, хотя и въ малой степени, при ударѣ бабы о сваю; главное же преимущество винтовыхъ свай заключается въ значительной величинѣ сопротивленія ихъ углубленію и выдергиванію.

Производство работъ настолько оправдало всѣ вышеизложенныя соображенія, что по дешевизнѣ, легкости и удобству этого способа, можно рекомендовать во всѣхъ случаяхъ, гдѣ только грунтъ позволяетъ, вмѣсто вбиванія свай, завинчивать сваи съ деревянными или металлическими винтовыми наконечниками.

При завинчиваніи металлическихъ свай для Вунейльскаго моста на р. Вѣнѣ каждая партія рабочихъ въ 16 человекъ въ теченіи дня клала на мѣсто двѣ сваи. Средняя глубина проникновенія въ землю была 3 саж., грунтъ былъ съ среднимъ сопротивленіемъ, а въ нѣкоторыхъ мѣстахъ представлялъ значительныя трудности. Подъ каждый изъ трехъ быковъ было заложено по 17 свай. Металлическія части обошлись 12994 фр., работа и временныя лѣса 5071 фр. Считая франкъ 40 коп. получаемъ стоимость каждой сваи около 140 руб.

Бетонныя цилиндрическія сваи обошлись бы, вѣроятно, по 10 р. пог. саж. (цѣны инж. Страуса) т. е. каждая свая 30 руб., винтовая же, можетъ быть, немножко дороже...

Во всякомъ случаѣ, для постройки Вунейльскаго моста винтовыя металлическія сваи, были примѣнены взамѣнъ кессоновъ и дали значительную экономію.

Производство работъ при завинчиваніи свай показано на черт. 17—19. Различныя конструкціи наголовниковъ представлены на черт. 20—22.

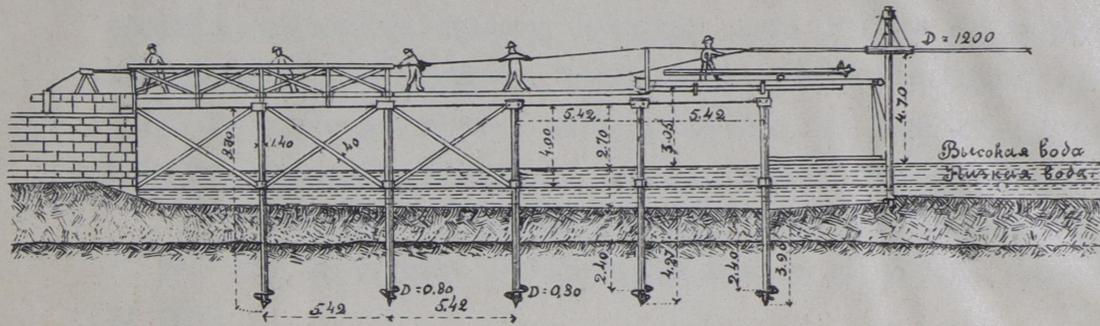
Мы нарочно распространились тутъ о деревянныхъ и металлическихъ винтовыхъ сваяхъ, которыя, какъ видимъ, съ успѣхомъ примѣняются въ постройкахъ, чтобы на примѣрахъ показать, что иногда болѣе сложныя на первый взглядъ приемы, въ данномъ случаѣ завинчиваніе свай вмѣсто вбиванія, даютъ лучшіе результаты.

Относительно же выбора матеріала свай (дерево, бетонъ, чугунъ, сталь) мы не будемъ распространяться, т. к. бетонъ говоритъ самъ за себя.

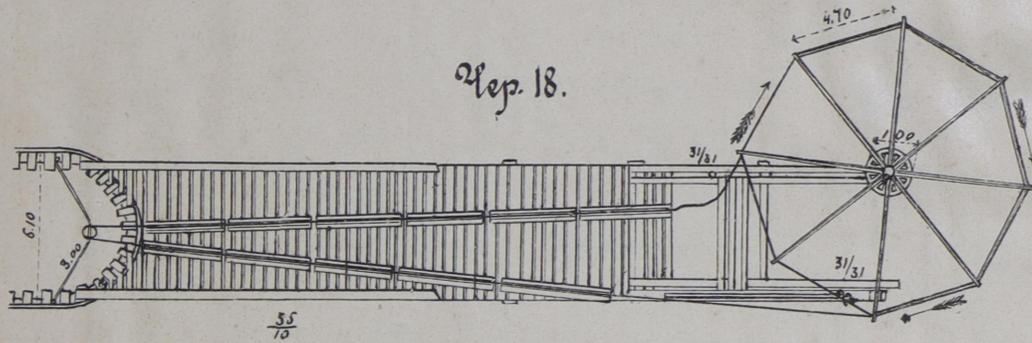
Юр. Ланге.

Забиривание бай.

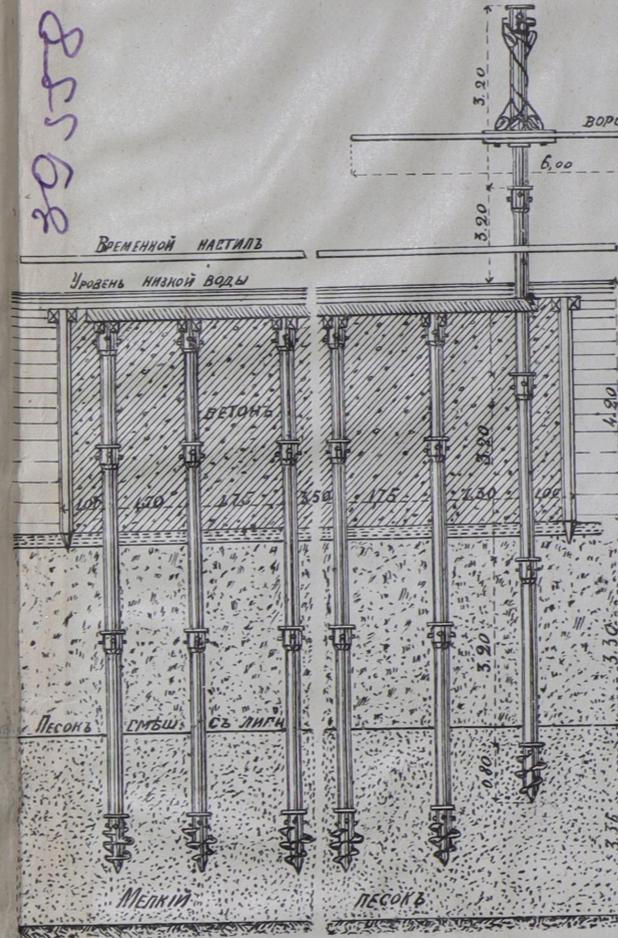
Чер. 17.



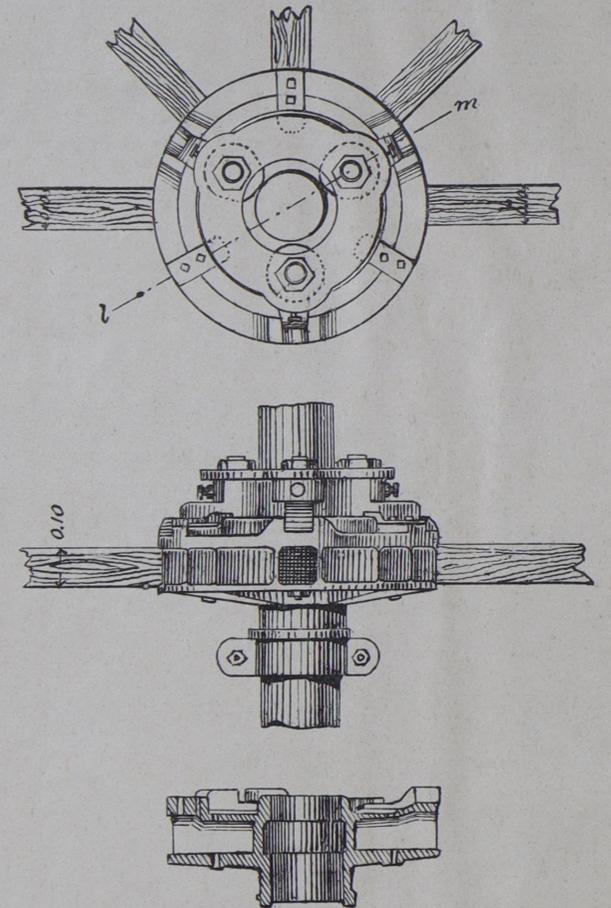
Чер. 18.



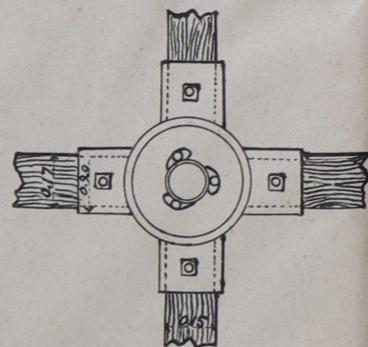
Чер. 19.



Чер. 22.



Чер. 21.



Чер. 20.

