

ЛЕДОРѢЗЫ.

СОСТАВИЛЪ

Н. РЫНИНЪ,

ИНЖЕНЕРЪ ПУТЕЙ СООБЩЕНІЯ.



С.-ПЕТЕРБУРГЪ.

Типографія Ю. Н. Эрлихъ, Садовая, № 9.

1903.

Печатано по распоряженію Института Инженеровъ Путей Сообщенія
ИМПЕРАТОРА АЛЕКСАНДРА І.

О Г Л А В Л Е Н И Е.

	СТРАН.
Предисловіе	V
Источники	VI
Введеніе	1— 2
Общее понятіе объ устояхъ, быкахъ и ледорѣзахъ.— Описаніе дѣятелей, отъ которыхъ зависятъ раціональныя формы ледорѣзовъ.	
Глава первая. Нѣкоторыя свойства проточной воды и дѣйствіе ея на ледорѣзъ	3— 3
Скорости теченія п различные матеріалы при этомъ переносимые (3).— Водорѣзы (5).— Размываніе (5).— Горизонты воды въ рѣкахъ и ихъ колебанія (7).— Сдвигающая сила воды (7).	
Глава вторая. Ледъ. Его виды, свойства и дѣйствіе на сооруженія.	9—31
Общая характеристика льда (9).— Почвенный ледъ.— Его образованіе и виды (10).— Рѣчной ледъ.— Его образованіе (10).— Физическія и механическія свойства (11).— Виды рѣчного льда (21).— Толщина (23).— Горизонты ледохода (24).— Разрушающая дѣятельность (25).— Озерной ледъ (26).— Морской ледъ.— Его образованіе (26).— Физическія и механическія свойства (27).— Виды льда: а) образовавшася при непосредственномъ замерзаніи морской воды и б) образовавшася на сушѣ (28).— Толщина (30).	
Глава третья. Главнѣйшіе матеріалы, примѣняемые для постройки ледорѣзовъ.	32—40
Камень (32).— Кирпичъ (35).— Бетонъ (36).— Стропильные растворы (36).— Каменная кладка (38).— Желѣзо, чугунокъ и сталь (39).— Дерево (39).	
Глава четвертая. Формы ледорѣзовъ вообще и причины, вліяющія на выборъ той или иной формы.	41—50
Ледорѣзы отдѣльные и быки-ледорѣзы (41).— Обозначенія (43).— Терминологія (43).— Очертаніе быка-ледорѣза въ планѣ (45).— Размывающее дѣйствіе воды. Опыты Durand Claye (45).— Дѣйствіе льда на быкъ и ледорѣзъ: статическое и динамическое (46).— Высота поднятія льдинъ на ледорѣзъ (46).— Шапки (47).— Устойчивость быка (58).	
Глава пятая. Формы каменных ледорѣзовъ	50—57
Поверхности, ограничивающія быкъ (50).— Поверхности, ограничивающія ледорѣзъ (53).— Ограниченія головы ледорѣза (53).— Ограниченіе рѣжущей части (54).— Ограниченія ядра ледорѣза (55).— Частные случаи (55).— Терминологія (56).— Ледорѣзы полные п не-	

полные. Ледоръзы постоянной шпринны, ушпряющіеся п съуживающіеся. Быкп-ледоръзы съ основаніемъ постоянной п непостоянной шпринны. Ледоръзы сммметричныя п несммметричныя (56).

Глава шестая. Правила построенія наружной формы каменных ледоръзовъ (графическій методъ) 58—92

Возможность образованія той пли лпой формы (58).—Примъры плавнаго очертанія поверхности ледоръза (58).—Теоремы, относящіяся къ построенію различныхъ формъ ледоръзовъ (61).—Возможныя комбинаціи п виды поверхностей, ограничивающихъ ледоръзъ (64).—Выборъ формы ледоръза (65).—Примъры построенія геометрическихъ формъ ледоръза (67).—Примъры I, II, III, IV, V, VI, VII (67—90).—Точность графического способа опредѣленія размъровъ ледоръза (91).

Глава седьмая. Опредѣленіе размъровъ каменных ледоръзовъ путемъ вычисленія (аналитическій методъ) 92—100

Примъръ аналитического опредѣленія главнѣйшихъ размъровъ ледоръза п быка (92).—Опредѣленіе площадей поверхности п объема ледоръза (100).

Глава восьмая. Правила разръзки кладки каменных ледоръзовъ. 100—113

Облицовка. — Быкъ (100). — Ледоръзъ (103). — Облицовка рѣжущей части. Соединеніе облицовки ядра ледоръза съ облицовкою быка. Облицовка ядра ледоръза (103—108).—Забутка (109).—Соединеніе забутки ледоръза п быка съ облицовкою ихъ (110).—Связи между камнями, притеска камней п укрѣпленіе рѣжущей части (111). Форма п вѣсъ камней (112).

Глава девятая. Исполнительные чертежи и другія данные проекта каменнаго ледоръза. 113—120

Комплекть чертежей (113).—Разверзаніе поверхностей. — Графическій способъ разверзанія (114).—Аналитическій способъ разверзанія (117).—Шаблоны п модели (118).—Примъненіе аксонометріи (118).

Глава десятая. Деревянные ледоръзы 120—133

Обція замѣчанія. Расположеніе деревянныхъ ледоръзовъ въ планѣ (121).—Форма п классификація ихъ (121).—Ледоръзы свайныя.—Кусты свай (палы) (122).—Ледоръзы безъ шпунтоваго огражденія. — Ледоръзы изъ одного ряда свай (122). — Ледоръзы изъ нѣсколькихъ рядовъ свай (123).—Ледоръзы на палахъ (127).—Ледоръзы со шпунтовымъ огражденіемъ (129).—Ледоръзы ряжевые. Ледоръзы ряжевые на сваяхъ (129).—Ледоръзы изъ ряжевыхъ ящиковъ безъ свай (132).

Глава одиннадцатая. Ледоръзы металлическіе и смъшанной конструкціи 133—143

Металлическій ледоръзъ соединенный съ быкомъ п неимѣющій собственнаго основанія (133).—Ледоръзы металлическіе п смъшанной конструкціи соединенные съ быкомъ п имѣющіе собственное основаніе (135).—Металлическіе ледоръзы отдѣленные отъ быка (138).—Жельзо-бетонные ледоръзы (142).

ПРЕДИСЛОВІЕ.

Въ технической литературѣ можно найти немного данныхъ о проектированіи ледорѣзовъ. Объясняется это тѣмъ, что въ странахъ, гдѣ ледорѣзы очень часто примѣняются вслѣдствіе сильнаго ледохода на рѣкахъ, напримѣръ, въ Россіи и въ Америкѣ, тамъ техническая литература вообще очень бѣдна. Гдѣ же техническая литература очень богата, напримѣръ, въ Германіи, Франціи и Англій, тамъ почти не встрѣчается данныхъ объ устройствѣ ледорѣзовъ, такъ какъ на рѣкахъ этихъ странъ не бываетъ сильнаго ледохода и ледорѣзы имѣютъ сравнительно небольшое примѣненіе.

Ввиду сказаннаго при составленіи этой монографіи приходилось пользоваться преимущественно отдѣльными замѣтками о ледорѣзахъ въ различныхъ журнальныхъ статьяхъ и въ пояснительныхъ запискахъ по сооруженію различныхъ желѣзныхъ дорогъ, альбомами этихъ сооружений, нѣкоторыми сочиненіями по мостовому дѣлу и строительному искусству и т. п.

Настоящее сочиненіе представляетъ собою опытъ систематическаго изложенія правилъ проектированія формъ и конструкціи ледорѣзовъ. Кромѣ того въ немъ отведено значительное мѣсто описанію льда, потому что въ технической литературѣ вообще и въ русской въ частности почти нѣтъ систематическаго описанія его свойствъ и видовъ, между тѣмъ какъ за послѣднее время онъ пріобрѣтаетъ въ технику все большее и большее значеніе, не только какъ вредный дѣятель, но и какъ полезный.

Н. Рынинъ.

С.-Петербургъ.

26 января 1903 года.

ИСТОЧНИКИ.

I. Вода. Ледъ.

- О. Д. Хвольсонъ. *Курсъ физики*. Т. I, II и III. С.-Петербургъ.
- A. Mousson. *Die Physik auf Grundlage der Erfahrung*. Zürich, 1871.
- Ө. Г. Зброжекъ. *Курсъ внутреннихъ водяныхъ сообщений*. С.-Петербургъ, 1898 г.
- Compte rendu des travaux du VIII congrès international de navigation. Paris, 1900.
- H. S. Hele-Shaw. *Surface resistance of water*. Investigation of the nature of surface resistance of water and of stream-line motion under certain experimental conditions. Engineering. 1898.
- С. Макаровъ. *Ермакъ во льдахъ*. Описаніе постройки и плаванія ледокола «Ермакъ» и сводъ научныхъ матеріаловъ собранныхъ въ плаваніи. С.-Петербургъ, 1901 г.
- Б. П. Васенко. *Ледъ*. Сборникъ Института Инженеровъ Путей Сообщенія Императора Александра I. Выпускъ L. С.-Петербургъ, 1899 г.
- Р. Зацвиліховскій. *Паровое движеніе по льду помощью паропыла*. Извѣстія Собранія Инженеровъ Путей Сообщенія. С.-Петербургъ, 1884 г.
- Линдлей. «Водостоки столичнаго города С.-Петербурга».

II. Вскрытіе и замерзаніе рѣкъ.

М. Рыкачевъ. *Вскрытіе и замерзаніе рѣкъ въ Россійской Имперіи*. С.-Петербургъ, 1886 г.

Вскрытіе и замерзаніе и продолжительность навигаціи съ 1890—1900 гг. на рѣкахъ, озерахъ и каналахъ Европейской Россіи и Сибири. Составлено въ I дѣлопроизводствѣ отдѣла водяныхъ и шосейныхъ сообщений Управленія водяныхъ и шосейныхъ сообщений и торговыхъ портовъ. С.-Петербургъ, 1901 г.

Свѣдѣнія объ уровнѣ воды на внутреннихъ водяныхъ путяхъ Россійской Имперіи по наблюденіямъ на водомѣрныхъ постахъ, учрежденныхъ Министерствомъ Путей Сообщенія за время съ 1881 по 1890 годъ. Т. I. *Бассейны Балтійскаго и Бѣлаго морей*. Съ атласомъ. Отдѣлъ водяныхъ и шосейныхъ сообщений Управленія водяныхъ и шосейныхъ сообщений и торговыхъ портовъ. С.-Петербургъ, 1901 г.

- Н. С. Максимовичъ.** *Условія образованія ледяного покрова на нашихъ рѣкахъ.* Журналъ министерства путей сообщенія. 1901 г.
- П. Ив. Третьяковъ.** *Туроханскій край. Его природа и жители.* С.-Петербургъ, 1871-г.
- К. Веселовскій.** *О климатъ Россіи.*
- Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens in technischer Beziehung.** 1902. Heft 6.

III. Строительные матеріалы и работы.

- В. И. Курдюмовъ.** *Матеріалы для курса строительныхъ работъ. Выпускъ I. Дерево.* Изданіе второе. С.-Петербургъ, 1898 г.
- Его же.** — — *Выпускъ IV. Каменная кладка.* С.-Петербургъ. 1899 г.
- Handbuch der Architektur.** 3 Theil. 1 Band.
- И. Мущкетовъ.** *Физическая геологія.* Курсъ лекцій, читанныхъ студентамъ горнаго института и института инженеровъ путей сообщенія. С.-Петербургъ. Т. I—1891 г. Т. II—1888 г.
- А. А. Иностранцевъ.** *Геологія.* С.-Петербургъ. Т. I. 1899 г.
- Н. Н. Ляминъ.** *Матеріалы для курса строительныхъ работъ. Выпускъ VI. Каменные строительные матеріалы.* С.-Петербургъ, 1899 (изданіе литографированное).
- С. Глинка.** *Каменные строительные матеріалы.* С.-Петербургъ. 1891 г.
- Н. Лахтинъ.** *О высприваніи каменныхъ строительныхъ матеріаловъ.* С.-Петербургъ, 1890 г.
- Н. Бѣлелюбскій.** *Замѣтка по вопросу о пробѣ каменныхъ матеріаловъ на морозъ.* Извѣстія собранія инженеровъ путей сообщенія. 1891 г.
- Его же.** *Механическая лабораторія 1875—1886 г.* С.-Петербургъ, 1881 г.
- Его же.** *Однообразное испытаніе строительныхъ матеріаловъ.* С.-Петербургъ, 1883 г.
- Опыты, произведенные въ Германіи надъ прочностью кладки, сложенной во время морозовъ.** Извѣстія собранія инженеровъ путей сообщенія. 1894 г.
- Д. Дьячевскій.** *Постройка моста черезъ р. Днипръ въ Екатеринославъ.* Сборникъ Инст. Инж. Пут. Сообщ. Выпускъ I. 1884 г.
- М. Ферстеръ.** *Металлическія конструкции гражданскихъ сооружений.* Переводъ съ нѣмецкаго. С.-Петербургъ. 1902 г.
- Е. О. Патонъ.** *Жельзные мосты, 1-й выпускъ I-го тома,* С.-Петербургъ, 1902 г.
- Его же.** *Данныя для проектированія верхняго строенія мостовъ.* С.-Петербургъ, 1902 г.

IV. Форма и конструкція ледорѣзовъ.

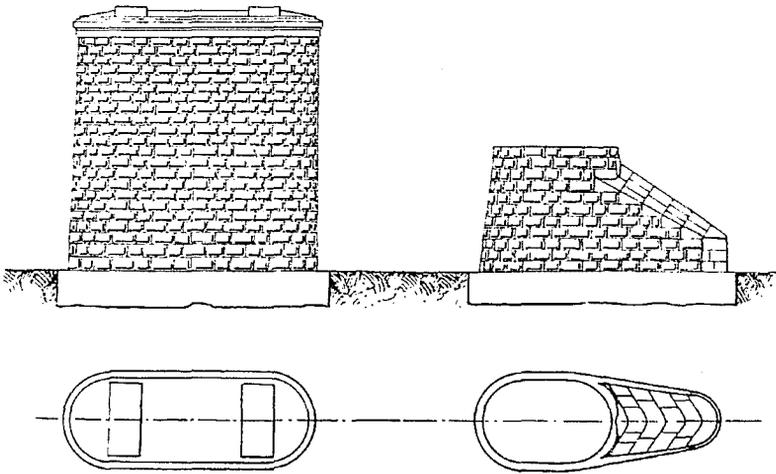
- В. И. Курдюмовъ.** *Курсъ начертательной геометріи. Отдѣлы I и II. Проекціи ортогональныя. Отдѣлъ III. Аксонометрія въ прямоугольныхъ и косоугольныхъ проекціяхъ.* С.-Петербургъ.

- Л. Николаи.** *Мосты.* Руководство, составленное по программѣ Института Инженеровъ Путей Сообщенія Императора Александра I. С.-Петербургъ, 1901 г.
- Л. Николаи.** *Краткія историческія данныя о развитіи мостового дѣла въ Россіи.* С.-Петербургъ, 1898 г.
- Петръ Усовъ.** *Строительное искусство.* Ручная книга для инженеровъ. С.-Петербургъ, 1859 г.
- М. Марей.** *Примыненіе фотографіи въ гидравликъ.* Переводъ съ французскаго. Извѣстія собранія инженеровъ путей сообщенія. 1894 г.
- Сооруженіе Средне-Сибирской желѣзной дороги 1893—1898 гг.** Сборникъ техническихъ условій, инструкцій и пояснительныхъ записокъ съ приложеніемъ типовыхъ и исполнительныхъ чертежей и альбома сооружений. Изд. М. П. С. С.-Петербургъ.
- Сборникъ пояснительныхъ записокъ и расчетовъ къ проектамъ по сооруженію новыхъ линій Общества Рязанско-Уральской ж. дороги 1892—1900 гг.** Т. I, II и III съ приложеніемъ альбома исполнительныхъ чертежей.
- Альбомъ пояснительныхъ чертежей Южно- и Сѣверно-Уссурійской желѣзной дороги 1891—94, 1894—97 гг.** С.-Петербургъ, 1900 г.
- Альбомъ искусственныхъ сооружений Западно-Сибирской желѣзной дороги.**
- Альбомъ исполнительныхъ чертежей Бѣлостокъ-Барановичскаго участка Польскихъ желѣзныхъ дорогъ.**
- Renewing railway viaducts in Scotland.** Engineering 1892. September.
- The Alton bridge.** Engineering 1896. October.
- Bonar bridge.** Engineering 1893. Aout and September.
- The Bellefontaine bridge.** Engineering 1895. September.
- Bridge over the river Volga, near Syzran, Batraki-Orenburg railway, Russia.** Engineering, 1880.
- The Memphis bridge.** *A report to George H. Neffleton, president of the Kansas city and Memphis railway and bridge company, by George S. Morison, chief engineer of the Memphis bridge.* New-York, 1894.
- Zeitschrift des Oesterreichischen Ing. und Archit.-Vereins.** 1902. № 40.
- В. Карапетовъ.** *О сопротивленіи движенію судовъ внутреннему плаванію.* Часть I. Сопротивленіе въ безграничной водѣ. С.-Петербургъ, 1902 г.
- Д. Менделѣвъ.** *О сопротивленіи жидкостей и о воздухоплаваніи.* С.-Петербургъ, 1890 г.
- Paul Christophe.** «Le béton armé et ses application». Paris 1902.
- Schweizerische Bauzeitung.** 1893. № 4.
- Zeitschrift des Architekten und Ingenieur Vereins für das Königreich Hannover.** Band XII. 1866.

ВВЕДЕНІЕ.

Общее понятіе объ устояхъ, быкахъ и ледорѣзахъ. — Описание дѣятелей
отъ которыхъ зависятъ рациональныя формы ледорѣзовъ.

При проведеніи какого-либо пути сообщенія очень часто приходится пересѣкать овраги, рѣки и другія углубленія на земной поверхности. При этомъ естественно возникаетъ необходимость въ устройствѣ такихъ искусственныхъ сооружений — *мостовъ*, которые давали бы возможность беспрепятственнаго сообщенія одного берега съ другимъ. При значи-



Черт. 1. — Ледорѣзъ отдѣленный отъ быка моста.

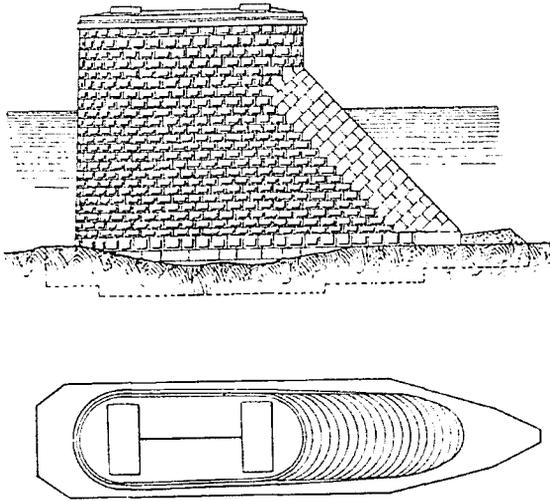
тельной ширинѣ рѣки или оврага приходится мостъ располагать обыкновенно на цѣломъ рядѣ промежуточныхъ опоръ, которыя называются *быками*. Въ мѣстахъ соединенія моста съ берегомъ, первый утверждается на особыхъ опорахъ, называемыхъ *устоями*.

Если на рѣкѣ, которую пересѣкаетъ дорога, существуетъ ледоходъ, то передъ быками вверхъ по теченію устраиваютъ особое приспособленіе для ломанія льда и уменьшенія вреднаго дѣйствія его ударовъ на быкъ. Приспособленія эти называются *ледорѣзами* и устраиваются они

или отдѣльно отъ быка (черт. 1) или составляютъ съ нимъ одно цѣлое (черт. 2).

Для того, чтобы яснѣе себѣ представить, какія очертанія и какую конструкцію должны имѣть ледорѣзы, необходимо разсмотрѣть тѣ силы, которыя могутъ на него дѣйствовать, и въ сопротивленіи которымъ состоитъ назначеніе ледорѣза.

Къ таковымъ силамъ слѣдуетъ отнести дѣйствіе проточной воды и, главнымъ образомъ, разрушительное дѣйствіе льда, который, ударяясь о



Черт. 2. — Ледорѣзъ соединенный съ быкомъ.

быкъ отдѣльными льдинами, горами или цѣлыми полями, не только можетъ выбивать отдѣльные камни изъ каменныхъ ледорѣзовъ и ломать бревна деревянныхъ, но даже способенъ сдвигать цѣлые быки и разрушать ихъ при отсутствіи ледорѣзовъ или при неправильномъ ихъ очертаніи и конструкціи.



ГЛАВА ПЕРВАЯ.

Нѣкоторыя свойства проточной воды и дѣйстви ея на ледорѣзъ.

Скорости теченія и различныя матеріалы при этомъ переносимыя.—Водорѣзы.—Размываніе.—Горизонты воды въ рѣкахъ и ихъ колебанія.—Сдвигающая сила воды.

Вода при своемъ теченіи въ рѣкахъ можетъ производить различныя дѣйствія на ледорѣзы. Она можетъ сглаживать и шлифовать поверхность камней каменныхъ ледорѣзовъ, изгибать стойки и насадки деревянныхъ ледорѣзовъ, наконецъ, при значительныхъ скоростяхъ, вода можетъ выворачивать камни изъ кладки и тѣмъ самымъ совершенно разрушить сооруженіе.

Въ проточной рѣчной водѣ находятся постоянно различныя минеральныя и органическія примѣси во взвѣшенномъ состояніи въ томъ или иномъ количествѣ въ зависимости отъ грунта, по которому протекаетъ рѣка, и отъ скорости теченія.

Въ таблицѣ 1-й приведены величины скоростей теченія, при которыхъ начинается перемѣщеніе частицъ грунта по дну и у поверхности воды.

Средняя скорость (*v*) теченія въ рѣчныхъ потокахъ вообще бываетъ разныхъ величинъ.

Если скорость *v* менѣе 2 фѣт. = 0,610 метр. въ сек., то теченіе принято называть слабымъ,

» » *v* отъ 2—4 фѣт. = 0,610—1,220 метр. въ сек., то теченіе принято называть умѣреннымъ,

» » *v* отъ 4—10 фѣт. = 1,220—3,048 метр. въ сек., то теченіе принято называть быстрымъ.

Въ порогахъ *v* достигаетъ до 15 фѣт. = 4,572 метр. въ сек. и болѣе.

Для примѣра приводимъ опредѣленныя въ нѣкоторыхъ мѣстахъ среднія скорости теченія различныхъ русскихъ рѣкъ (табл. 2).

Изъ таблицы 2-й видно, что скорости теченія въ рѣкахъ могутъ достигать значительной величины, и при такихъ скоростяхъ водою мо-

ТАБЛИЦА 1¹⁾.

Скорости течения, при которыхъ начинается перемѣщеніе частицъ грунта по дну и у поверхности.

Скорости течения.				Названія грунтовъ.	Фамилія ислѣдователя.
По дну.		У поверхности.			
мл.лм. въ сек.	футы въ сек.	мл.лм. въ сек.	футы въ сек.		
76	0,249			Мягкій черноземъ	Клодель.
80	0,262			Глина	Дюбуа.
80	0,262	150	0,492	Пловатая земля	Рейнаръ.
80	0,262			Тоже	Морандеъ.
100	0,328	200	0,656	Мелкій песокъ	Рейнаръ.
150	0,492	300	0,984	Наносная глина	Рейнаръ.
150	0,492			Глина	Морандеъ.
152	0,499			Слабая глина	Клодель.
160	0,525			Мелкій песокъ	Дюбуа.
200	0,656			Крупный песокъ	Дюбуа.
300	0,984			Хряцъ	Дюбуа.
300	0,984	600	1,968	Плотная глина и рѣчной песокъ . .	Рейнаръ.
300	0,984			Песокъ	Морандеъ.
305	1,000			Песокъ	Клодель.
500	1,640			Гальки діам. $d = 0,01$ метр.	Сенжонъ.
600	1,968			Щебень величиною съ яйцо	Дюбуа.
609	1,998			Гравій	Клодель.
610	2,001			Гравій	Морандеъ.
614	2,014			Кремнистый грунтъ	Клодель.
650	2,148	1.200	3,939	Хрящеватое дно	Рейнаръ.
910	2,953			Мелкій щебень	Морандеъ.
950	3,114			Щебень величиною въ кулакъ	Дюбуа.
1000	3,283	1 600	5,248	Дно покрытое гальками величиною въ куриное яйцо	Рейнаръ.
1000	3,283			Гальки діам. $d = 0,04$ метр.	Сенжонъ.
1218	4,002			Каменистый грунтъ	Клодель.
1220	4,005			Крупный щебень	Морандеъ.
1500	4,920	2.200	7,216	Конгломераты	Рейнаръ.
1500	4,920			Гальки діам. $d = 0,10$ метр.	Сенжонъ.
1520	4,986			Кремнистый конгломератъ	Клодель.
1800	5,904	2.700	8,856	Слоистыя горныя породы	Рейнаръ.
1830	6,007			Слоистыя горныя породы	Морандеъ.
1849	6,068			Скалистый грунтъ	Клодель.
2000	6,560			Гальки діам. $d = 0,17$ метр.	Сенжонъ.
2200	7,216			Булыжникъ діам. $d = 0,250$ метр. . .	Дюбуа.
3000	9,840			Скалистый грунтъ	Рейнаръ.
3049	10,004			Твердая скала	Клодель.
—	—	4.270	14,013	Скалистый грунтъ	Рейнаръ.

¹⁾ Составлена по даннымъ изъ соч. Николаи «Мосты», Зброжека «Вод. Сообщенія» Мухкетова «Геологія» и др.

Т А Б Л И Ц А 2.

Опредѣленные въ нѣкоторыхъ мѣстахъ среднія скорости теченія различныхъ рѣкъ.

Названія рѣкъ.	Среднія скорости въ секунду.		Откуда взяты данныя.
	Метр.	Фут.	
Нева у Петербурга	1,155	3,79	С.-Петербургск. Городск. Управа. „Условія для составленія конкурснаго проекта Дворцоваго моста въ С.-Петербургѣ“.
Нева	1,300	4,27	Геологія Мушкетова.
Волга	1,400	4,59	Геологія Мушкетова.
Днѣпръ у Кіева	1,494	4,90	Л. Николан „Мосты“ изд. 1901 г.
Енисей у Красноярска	2,118	6,951	„Сооруженіе Средне-Сибирской ж. дор.“ Изд. Мпн. Пут. Сообщ.

гутъ перекатываться по дну и переноситься довольно крупныя гальки и камни (см. таблицу 1-ю).

При неудачномъ выборѣ очертанія быка и ледорѣза въ планѣ перемѣщающіяся частицы постоянно будутъ болѣе или менѣе сильно ударять о поверхность ледорѣза, царапать ее и способствовать ея разрушенію; вода же будетъ подмывать основаніе быка.

Для уменьшенія истирающаго дѣйствія воды на ледорѣзъ и размывающаго — на грунтъ вслѣдствіе стѣсненія быками живого сѣченія рѣки, ледорѣзу въ планѣ придаютъ заостренную или закругленную форму.

Въ мѣстностяхъ, гдѣ бываетъ сравнительно не сильный ледоходъ, или гдѣ происходитъ значительное колебаніе горизонтовъ воды, переднюю (верховую) часть быка ограничиваютъ цилиндрическими или коническими поверхностями, или же просто плоскостями съ рѣзущимъ ребромъ вертикальнымъ или мало отклоняющимся отъ вертикали (черт. 3 а, в и с).

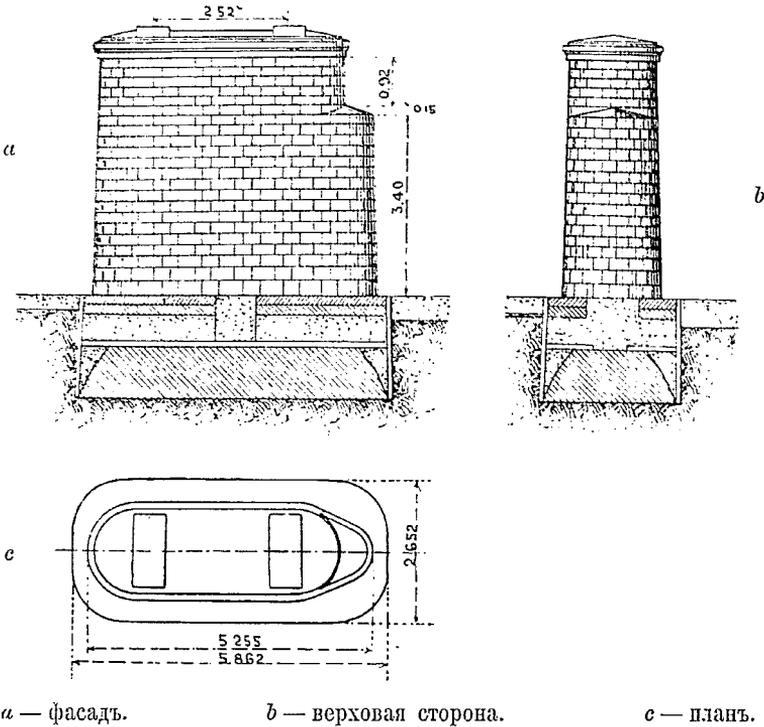
Подобнаго рода устройство рѣзущихъ частей быка казалось бы особенно примѣнимымъ въ различныхъ южныхъ рѣкахъ безъ значительнаго ледохода, и тогда правильнѣе было назвать эту заостренную или закругленную часть быка *водорѣзомъ*, каковое названіе и существуетъ для нея въ Англии и Америкѣ (cut-water).

Для опредѣленія высоты передней—водорѣзной части быка, необходимо знать положеніе наивысшаго и наимнѣйшаго горизонтовъ воды въ рѣкѣ. Колебанія горизонтовъ воды въ рѣкѣ бываютъ весьма различными и зависятъ отъ многихъ причинъ: времени года, характера русла, уклона рѣки въ данномъ мѣстѣ и т. п.

Въ таблицѣ 3-й показаны для примѣра разности горизонтовъ наивысшихъ и наинизшихъ водъ въ нѣкоторыхъ рѣкахъ.

Помимо указаннаго дѣйствія на поверхность ледорѣза и быка частицы переносимыхъ водою, послѣдняя прямымъ своимъ дѣйствіемъ можетъ сдвигать слабо укрѣпленные камни въ облицовкѣ ледорѣза.

Опредѣлимъ приблизительно наибольшій размѣръ камня, который можетъ быть сдвинутъ теченіемъ по слѣдующимъ даннымъ:



a — фасадъ. *b* — верховая сторона. *c* — планъ.

Черт. 3. — Каменный быкъ съ ледорѣзомъ моста черезъ р. Вѣлюю на Средне-Сибирской жел. дорогѣ.

a — линейные размѣры камня (предполагается камень кубической формы) въ саженихъ;

v — скорость воды въ сажен. въ секунду;

γ — вѣсъ кубич. сажени воды въ пудахъ;

γ_1 — вѣсъ кубич. сажени камня въ пудахъ;

f — коэффициентъ тренія камня по мокрымъ камнямъ;

g — ускореніе силы тяжести въ сажен. въ секунду.

При указанныхъ обозначеніяхъ сила теченія, стремящаяся сдвинуть камень выразится въ видѣ

$$a^2 \gamma \frac{v^2}{2g} \text{ пудовъ, } \dots \dots \dots (a),$$

ТАБЛИЦА 3.

Наблюдавшіяся разности горизонтовъ наивысшихъ и наимнзшихъ водъ въ нѣкоторыхъ рѣкахъ.

Названія рѣкъ.	Разности между наивыш. и наимнзш. горизонтами.		Откуда взяты данныя.
	Метр.	Фут.	
Нева у С.-Петербурга	3,00	9,84	Изъ наблюдений сдѣланныхъ при постройкѣ Троицкаго моста въ СПБ. въ 1898—1901 годахъ.
Уссури (Южно-Уссурийская ж. д.)	4,069	13,23	Альбомъ исполнительныхъ чертежей Южной и Сѣверной Уссурийской ж. дор. Изд. Мин. Пут. Сообщ. Тамь-же.
Имаѣт (Сѣв.-Уссурийская ж. д.)	4,288	14,07	
Бугъ (Сѣдлецъ-Малопинская ж. д.)	4,288	14,07	Николаи «Мосты», изд. 1901 г.
Нева у С.-Петербурга	4,889	16,04	Линдлей «Водостоки столичнаго города С.-Петербурга».
Иртышъ (Зап.-Сибирская ж. д.)	7,361	24,15	Альбомъ искусственныхъ сооружений Западно-Сибирской ж. д.
Днѣпръ у Кіева	7,788	25,55	Николаи «Мосты», изд. 1901 г.
Ял (Средне-Сибирская ж. д.)	8,812	28,91	«Сооруженіе Средне-Сибирской жел. дор.» Изд. Мин. Пут. Сообщ.
Уфа (Самаро-Златоустовск. ж. д.)	8,854	29,05	Николаи «Мосты». Изд. 1901 г.
Енисей у Красноярска (Средне-Сибирская ж. д.)	9,481	31,15	«Сооруженіе Средне-Сибирск. ж. д.» Изд. Мин. Пут. Сообщ.
Ия (Средне-Сибирская ж. д.)	10,177	33,39	Тамь-же.
Мста (Николаевская ж. д.)	11,180	36,68	Поданный проектъ желѣзнаго моста черезъ р. Мсту въ архивѣ Никол. ж. дороги.
Томь (Средне-Сибирская ж. д.)	12,268	40,25	«Сооруженіе Средне-Сибирск. ж. д.» Изд. Мин. Пут. Сообщ.
Волга (Батраки-Оренбургск. ж. д.)	13,015	42,70	Engineering, 1880 g.
Волга	20,000	65,62	Compterendu des travaux du VIII-e congrès internationale de navigation. (Paris, 1900).

при чемъ теченіе предполагается направленнымъ перпендикулярно одной изъ граней камня.

Сила же тренія, сопротивляющаяся этому движенію будетъ

$$f\gamma_1 a^3 \text{ пудовъ} \dots \dots \dots (b)$$

Приравнивая выраженія (a) и (b), получимъ уравненіе, изъ котораго можно опредѣлить (a):

$$a^2 \gamma \frac{v^2}{2g} = f\gamma_1 a^3 \dots \dots \dots (1)$$

Для примѣра опредѣлимъ размѣры камня кубической формы при слѣдующихъ данныхъ:

$$\begin{aligned} v &= 3 \text{ саж. въ сек.} \\ \gamma &= 600 \text{ пуд.} \\ \gamma_1 &= 1200 \text{ »} \\ f &= 0,6 \\ g &= 4,6 \text{ саж. въ сек.} \end{aligned}$$

Подставляя эти значенія въ уравненіе (1), получаемъ, что размѣръ

$$a = \frac{\gamma v^2}{f \gamma_1 2g} = \frac{600 \cdot 3^2}{0,6 \cdot 1200 \cdot 2 \cdot 4,6} = 0,81 \text{ саж.}$$

Вѣсъ такого камня будетъ

$$0,81^3 \cdot 1200 = \approx 640 \text{ пудовъ.}$$

Если предположить скорости $v = 1$ саж. въ сек., то по формулѣ (1) длина реберъ камня будетъ $a = 0,09$ саж. и вѣсъ камня 0,91 пуда.

Если предположить скорости $v = 0,5$ саж. въ сек., то по формулѣ (1) длина реберъ будетъ $a = 0,011$ саж. и вѣсъ камня 0,0016 пуда.

Въ болѣе общемъ случаѣ размѣры камня могутъ быть провѣрены по формулѣ

$$a \cdot b \cdot c \cdot \gamma_1 \cdot f = ab \cdot \gamma \cdot \frac{v^2}{2g}, \quad \dots \quad (2)$$

гдѣ a, b, c — линейные размѣры камня въ саженяхъ, причѣмъ теченіе предполагается направленнымъ перпендикулярно къ площадкѣ, линейные размѣры которой a и b .

Остальныя буквы имѣютъ тѣ же значенія, что и въ уравненіи (1).

Нѣкоторые ученые (Дюбуа и Дюшемень) предлагаютъ въ лѣвую часть уравненія (1) вводить въ видѣ множителя еще особый коэффициентъ (около 1,45—1,47) для тѣлъ, имѣющихъ форму куба. Очевидно это будетъ служить въ запасъ прочности.

Какъ видно изъ предыдущаго, вліяніе скоростей теченія на величину камней не велико, и увеличивать поэтому размѣры камней, основываясь только на разрушающемъ вліяніи скорости теченія не представляется рациональнымъ.

Вопросъ о точномъ опредѣленіи сопротивленія движенію воды погруженнаго въ нее тѣла, каковымъ является быкъ съ ледорѣзомъ, принадлежитъ къ числу весьма сложныхъ, причѣмъ для болѣе точнаго опредѣленія можно пользоваться данными опытовъ и теоріи сопротивленія движенію судовъ.

Напримѣръ Д. Бернулли, Даламберъ, Эйлеръ и др. при рѣшеніи задачи объ опредѣленіи сопротивленія движенію плавающихъ тѣлъ, пользова-

лись таковымъ же методомъ, т. е. разсматривали твердое тѣло неподвижнымъ, а жидкость двигающейся ему навстрѣчу съ тою же скоростью, съ какою на самомъ дѣлѣ тѣло движется въ неподвижной жидкости, хотя Дюбуа изъ своихъ опытовъ получилъ, что, когда движется тѣло, то сопротивленіе получается вообще меньшее, часто даже на одну четверть, сравнительно съ тѣмъ случаемъ, когда движется жидкость; однако это объясняется тѣмъ, что относительное движеніе частицъ жидкости относительно тѣла въ обоихъ случаяхъ неодинаково. Еслибы Дюбуа одинъ разъ двигалъ тѣло въ бассейнѣ, а другой разъ поставилъ бы бассейнъ съ водою, напр., на колеса и двигалъ его относительно тѣла, закрѣпленнаго неподвижно, то результатъ въ обоихъ случаяхъ былъ бы одинъ и тотъ же. Между тѣмъ Дюбуа подвергалъ тѣло дѣйствию струй свободно текущаго потока, упуская изъ виду измѣненіе сопротивленія тѣла отъ измѣненія величины происходящихъ при этомъ скоростей струекъ потока.

Теоретическое рѣшеніе вопроса объ опредѣленіи полного сопротивленія движенію воды ледорѣза съ быкомъ является еще болѣе сложнымъ, нежели для судовъ, такъ какъ при этомъ приходится принимать во вниманіе измѣненіе скоростей и характера движенія струй потока не только отъ очертанія самого быка съ ледорѣзомъ, но и отъ характера дна. Аналогичный случай изъ движенія судовъ можно было бы себѣ представить, если плоскодонное судно плыветъ по водѣ почти касаясь своимъ дномъ дна рѣки. Но ни теорій, ни опытовъ для опредѣленія сопротивленія движенію подобнаго судна не существуетъ.

ГЛАВА ВТОРАЯ.

Ледъ. Его виды, свойства и дѣйствіе на сооруженія.

Общая характеристика льда.—Почвенный ледъ. Его образованіе и виды.—Рѣчной ледъ. Его образованіе. Физическія и механическія свойства. Виды рѣчного льда. Толщина. Горизонты ледохода. Разрушающая дѣятельность.—Озерной ледъ.—Морской ледъ. Его образованіе. Физическія и механическія свойства. Виды льда: а) образовавшагося при непосредственномъ замерзаніи морской воды и б) образовавшагося на сушѣ. Толщина.

Ледъ есть твердое кристаллическое тѣло, которое можетъ образоваться или вслѣдствіе прямого замерзанія воды при температурѣ ниже 0° С., или же вслѣдствіе преобразования снѣга отчасти подъ вліяніемъ прониканія замерзающей воды, но главнымъ образомъ подъ вліяніемъ давленія. Разные виды льда, происшедшіе тѣмъ или инымъ образомъ, отличаются другъ отъ друга структурою, мощностью, формою и другими

свойствами. Ледъ, происходящій отъ непосредственнаго замерзанія воды, можно раздѣлить на нѣсколько разновидностей, а именно: *почвенный ледъ*, *рѣчной ледъ*, *озерной ледъ* и *морской ледъ*. Изъ нихъ первый образуется внутри земной коры изъ воды, проникающей и циркулирующей въ горныхъ породахъ, а остальные—на поверхности земли изъ воды рѣкъ, озеръ и морей.

Ледъ, происходящій отъ преобразованія снѣга, особенно подъ вліяніемъ давленія, образуетъ на сушѣ ледяные покровы и потоки, называемые *ледниками* или *глетчерами*.

Образованіе льда изъ воды можетъ начинаться или отъ дна или отъ поверхности водяного пространства, смотря по характеру теченія воды, строенію ложа, по которому она протекаетъ, температуры, плотности воды и т. п.

Разсмотримъ разные виды льда въ отдѣльности.

Почвенный ледъ, какъ было упомянуто выше, образуется внутри земной коры изъ воды проникающей туда съ поверхности земли.

Изъ наиболѣе характерныхъ образованій почвеннаго льда можно указать на *вѣчно мерзлый слой* залегающій на нѣкоторой глубинѣ подъ поверхностью земли въ странахъ, гдѣ средняя годовая температура ниже 0° С. Кромѣ того, въ нѣкоторыхъ подземныхъ пещерахъ, благодаря пониженной температурѣ, вызванной исключительными мѣстными условіями, происходятъ особые образованія льда на подобіе сталактитовъ и сталагмитовъ. Подобныя пещеры называются *пещерами-ледниками*.

На сѣверѣ Сибири очень часто встрѣчаются, такъ называемая, *накидки*. Это ледъ образовавшійся изъ воды рѣкъ или озеръ, прошедшей черезъ трещины въ днѣ иногда на довольно далекое разстояніе отъ водяного бассейна и выступившей на поверхность земли.

Затѣмъ на сѣверѣ Америки, Сибири и на прилегающихъ островахъ залегаютъ особые *ледяные слои*, представляющіе собою настоящую геологическую формацію. Эти слои нерѣдко бывають обнаружены и перемежаются со слоями другихъ породъ.

Почвенный ледъ не оказываетъ прямого дѣйствія на выборъ очертанія и конструкціи ледорѣзовъ. Однако, какъ факторъ, способствующій разрушенію горныхъ породъ, заслуживаетъ вниманія. Породы пористыя, пропитанныя водою, могутъ отъ дѣйствія мороза дать трещины и даже совершенно рассыпаться въ порошокъ, такъ какъ вода, превращаясь въ ледъ въ трещинахъ и пустотахъ породъ, увеличивается съ необыкновенной силою приблизительно въ $\frac{1}{11}$, часть своего объема при температурѣ 0° С.

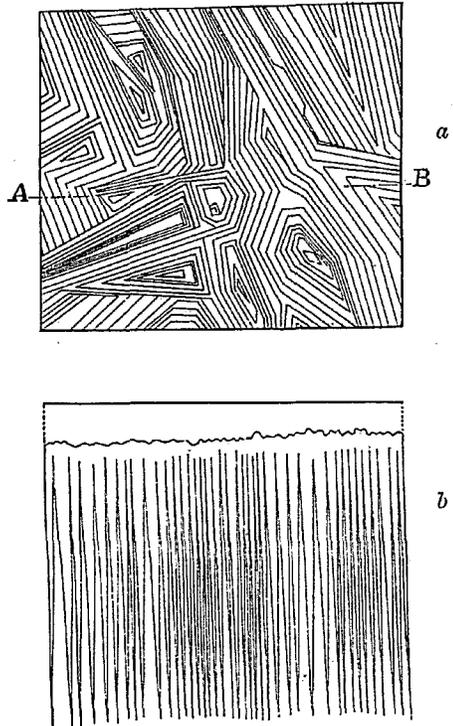
Рѣчной ледъ представляетъ собою агрегатъ шестоватыхъ кристалловъ, которые, сростаясь параллельно, располагаются длинною осью пер-

пендикулярно къ поверхности замерзанія. Понятіе о строеніи рѣчного льда можетъ дать черт. 4 (*a* и *b*), изображающій горизонтальный (*a*) и вертикальный (*b*) разрѣзы куска рѣчного льда, откуда видно, что ледяная кора приблизительно на $\frac{2}{3}$ толщины состоитъ изъ плотной ледяной массы, а послѣдняя треть, обращенная къ водѣ, состоитъ изъ вертикально-стоящихъ тоненькихъ пластинокъ.

Образованіе рѣчного льда происходитъ слѣдующимъ образомъ. При температурѣ ниже 0° С. подѣ испаряющимъ дѣйствіемъ вѣтра охлажденная и потому болѣе плотная вода опускается съ поверхности рѣки до самого дна до тѣхъ поръ, пока вся ея масса не получитъ максимальной плотности, что бываетъ при температурѣ 4° С. На поверхности же вода вслѣдствіе охлажденія становится все болѣе и болѣе легкой и, наконецъ, замерзаетъ, начиная отъ береговъ, образуя, такъ называемые, *забереги*, представляющіе собою слои очень тонкаго льда, который мало по малу распространяется къ серединѣ рѣки и увеличивается въ толщинѣ.

Правильное шестовато - агрегативное строеніе рѣчного льда нарушается отчасти примѣсью такъ называемаго *грунтового льда*, который образуется на днѣ рѣки благодаря болѣе быстрому охлажденію минеральныхъ частицъ. Этотъ ледъ облегаетъ мелкіе камушки и песчинки и, достигнувъ нѣкоторой толщины, поднимается вверхъ, увлекая съ собою много минеральныхъ частицъ.

Физическія свойства рѣчного льда.—Плотность чистаго рѣчного льда при температурѣ 0° С. колеблется въ предѣлахъ приблизительно отъ 0,91674 до 0,9177, тогда какъ при той же температурѣ вода имѣетъ плотность большую, именно, 0,9188, что и является причиною плавучести льда. Относительно вліянія температуры рѣчной ледъ представляетъ нѣкоторыя особенности. Извѣстно, что почти всѣ тѣла при повышеніи температуры расширяются, увеличиваясь въ объемѣ. Рѣчной же и вообще прѣсноводный ледъ обладаетъ этимъ свойствомъ лишь до температуры



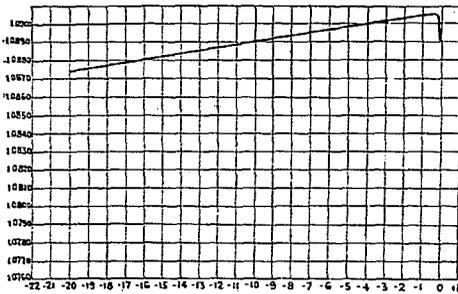
Черт. 4. — Строеніе рѣчного льда.
a — горизонтальный разрѣзъ.
b — вертикальный разрѣзъ.

приблизительно— $0,5^{\circ}$ С.; при дальнѣйшемъ же повышеніи температуры до 0° С. онъ начинаетъ сжиматься. На черт. 5 изображена кривая измѣненій объема прѣсноводнаго льда въ зависимости отъ измѣненій температуры отъ -22° до $+1^{\circ}$, при чемъ по оси абсциссъ отложены температуры въ градусахъ Цельзія, а по оси ординатъ объемы.

Коэффициентъ линейнаго расширенія льда равенъ 0,0000518 (Schumacher, Pohrt и Moritz), или 0,0000528 (Plücker и Geissler) для температуръ между -1° и -27° С.

Коэффициентъ кубическаго расширенія льда при низкой температурѣ по Plücker'у равняется 0,0001585. (Хвольсонъ въ III томѣ «Курса физики» даетъ цифру 0,000105).

Чтобы представить себѣ нагляднѣе вліяніе линейнаго сжатія льда въ природѣ, замѣтилъ, что 1 километръ рѣчнаго льда при пониженіи температуры отъ -5° С. до -20° С. укоротится болѣе чѣмъ на $\frac{3}{4}$ метра, при условіи, что ледъ по всей своей длинѣ однороденъ.



Черт. 5. — Кривая измѣненій объемовъ прѣсноводнаго льда при измѣненіяхъ температуры.

Хотя повышение температуры льда и не сопровождается его таяніемъ, но оно, какъ видно изъ черт. 5, сопровождается механическими эффектами — его расширеніемъ и сжатіемъ (давленіе предполагается въ 1 атмосферу, т. е. обыкновенныя условія въ рѣкахъ). При этомъ, когда ледъ сжимается при температурѣ нѣсколько ниже 0° С. (черт. 5), то онъ таетъ, но растаявшая вода превращается снова въ ледъ, если она неподвергается больше давленію, которое понижаетъ температуру таянія.

Теплопроводность льда по изслѣдованію Рива (La Rive) равна 1,76 теплопроводности стекла, иными словами, въ 1 секунду черезъ ледяную пластинку въ 1 миллиметръ толщины и въ 1 квадр. метръ площадью можетъ проходить при разности температуръ ея сторонъ въ 1° С. количество тепла 0,23 калорій; по изслѣдованіямъ же Форбса—0,223 большихъ калорій въ направленіи параллельномъ оптической оси и 0,213 въ направленіи перпендикулярномъ къ ней.

Теплопроводность плотно слежавшагося снѣга 0,507 (Хьелштремъ).

Количество теплоты, необходимой для нагрѣванія 1 грамма льда на 2° С. равно количеству теплоты необходимому для нагрѣванія 1 грамма воды на 1° С., иными словами, специфическая теплота льда = $\infty 0,5$.

Хотя повышение температуры льда и не сопровождается его таяніемъ, но оно, какъ видно изъ черт. 5, сопровождается механи-

Теплоемкость льда приблизительно въ 2 раза меньше теплоемкости воды и равняется по Дезэну 0,504. Въ оптическомъ отношеніи ледъ—двупреломляющее и оптически относное тѣло. Электричество проводить плохо (проводимость при -15°C . равна $2154,1^{-18}$, а при 0° — $2366,1^{-17}$).

Въ магнитномъ отношеніи ледъ является діаманитнымъ. Скорость звука во льдѣ 2900 метр. въ секунду. По кристаллическому строенію принадлежитъ къ гексаганальной системѣ (къ полногранному или рамбадрическому отдѣленіямъ).

Таяніе льда въ обыкновенныхъ условіяхъ, т. е. подъ давленіемъ одной атмосферы, происходитъ при температурѣ 0°C , причеъ на расплавленіе грамма льда при 0°C . поглощается 79,25 (Person)—80 (Dessains) малыхъ калорій теплоты (скрытая теплота плавленія). При пониженіи же температуры льда количество теплоты, необходимой для его плавленія при той же температурѣ будетъ

Температура въ град. С.	Число калорій.
— $2,8^{\circ}$	77,85
— $5,0^{\circ}$	76,75
— $6,5^{\circ}$	76,00

Процессъ таянія заключается въ томъ, что глыба льда распадается на отдѣльные иглообразные кристаллы, длиною иногда до 1 фута и болѣе. Если таяніе льда происходитъ въ водѣ, то нижняя поверхность льдины принимаетъ типичный видъ, называемый *ледяными кружевами*.

Особенно интенсивнымъ таяніе бываетъ во время теплыхъ весеннихъ дней, когда помимо непосредственнаго дѣйствія солнца на рѣчной ледъ, послѣдній таетъ подъ вліяніемъ теплоты лучеиспускаемой берегами и скрытой теплоты испаренія воды. Послѣ же заката солнца нагрѣтые берега продолжаютъ лучеиспускать теплоту. Вслѣдствіе этого обыкновенно таяніе льда начинается у береговъ, гдѣ образуются каналы воды. Кромѣ того, таяніе у береговъ ускоряется вліяніемъ ручьевъ сравнительно теплой воды сбѣгающей съ поверхности земли.

Какъ факторъ, еще способствующій таянію льда, слѣдуетъ отмѣтить влажность воздуха. Если количество влаги достигаетъ до 4,88 грамма въ 1 куб. метрѣ воздуха, то ледъ дѣйствуетъ на нее какъ сосудъ съ холодной водою, внесенный въ теплую комнату, т. е. осаждаеъ ее и производитъ росу; а изъ каждаго грамма росы, осаждающей на поверхность льда, выдѣляется такъ много теплоты, что она въ состояніи расдо 7,67 граммовъ льда.

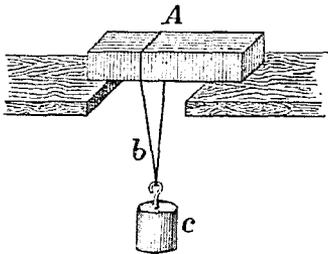
Таяніе льда можетъ происходить при температурѣ и ниже 0°C , если давленіе выше атмосфернаго. Такъ при давленіи 16,8 атм. ледъ таетъ при $-0,129^{\circ}\text{C}$. При давленіи же въ 120 атм. — при температурѣ -1° .

Доказательствомъ можетъ служить опытъ перерѣзыванія куска льда проволокой, къ концамъ которой подвѣшенъ грузъ (черт. 6).

Проволока можетъ пройти черезъ всю толщю куска, и ледъ не сломается, такъ какъ вода, образующаяся въ мѣстѣ давленія подь проволокой, тотчасъ же надь проволокой замерзаетъ.

Если между двумя кусками льда находится тонкій слой воды, или если два куска льда имѣющіе одинаковую температуру сдавлены между собою, то оба куска соединяются въ одинъ. Это явленіе называется *смерзаніемъ* льда. Оно напоминаетъ спаиваніе металловъ, что происходитъ при температурѣ плавленія.

При сильномъ холодѣ ледъ обладаетъ твердостью стекла, при -50° С. самый лучший напильникъ отламываетъ съ трескомъ тонкія, острия мелкія пластинки или даже только распыляетъ ледъ; еще при температурѣ 15° и 20° С. нельзя кататься на конькахъ, потому что коньки не рѣжутъ, а скользятъ по льду. Отъ 10° до 0° С. ледъ скоблится ножомъ, становится мягкимъ, гибкимъ и пластичнымъ, не теряя кристаллическихъ свойствъ.



Черт. 6. — Опытъ, показывающій пониженіе температуры плавленія льда при повышеніи давленія.

Характерно отношеніе льда къ медленно и быстро дѣйствующимъ на него силамъ. Подь вліяніемъ первыхъ онъ обнаруживаетъ свойства пластичности, напимѣръ изъ ледяныхъ брусевъ можно связывать узлы; наоборотъ, при быстромъ дѣйствіи силы ледъ обнаруживаетъ хрупкость трескается и ломается. Пластичностью льда можно объяснить его таяніе подь вліяніемъ увеличенія давленія и замерзаніемъ по прекращеніи его.

Цвѣтъ льда бываетъ различнымъ, въ зависмоти отъ содержанія въ немъ воздуха или различныхъ примѣсей. Обыкновенный цвѣтъ рѣчного льда—блѣдно-голубой или синеватый, причиною чего является присутствіе внутри массы льда пузырьковъ воздуха. Сѣрый цвѣтъ льда объясняется присутствіемъ песчинокъ (грунтовый ледъ), пыли и другихъ примѣсей. Напимѣръ на Волгѣ отличаютъ отъ собственно волжскаго льда голубоватаго цвѣта, еще камскій ледъ, цвѣтъ котораго грязно-сѣрый.

Ледъ обладаетъ способностью испаряться, хотя и въ слабой степени. Это явленіе особенно замѣтно, если помѣстить кусокъ льда подь колоколъ воздушнаго насоса.

Если обозначимъ черезъ

p —упругость паровъ воды въ милл. ртутнаго слаба

p' — » » льда » » »

t —температуру въ градусахъ С.,
то зависимость между давленіемъ паровъ и температурой выразится слѣ-
дующей таблицей (таб. 4).

ТАБЛИЦА 4.

Зависимость между давленіемъ паровъ воды и льда и температурою.

t° С.	Для воды p въ мм.	Для льда p' въ мм.		Кѣмъ данныя получены.
		Наблюд.	Вычисл.	
0°	4,640	4,640	—	Фишеръ.
0°	4,600	4,600	—	Juhlin.
— 2°	4,010	3,940	—	Фишеръ.
— 2°	3,995	3,916	3,918	Juhlin.
— 4°	3,450	3,321	3,318	Juhlin.
— 5°	3,220	3,060	—	Фишеръ.
— 6°	2,973	2,808	2,804	Juhlin.
— 10°	2,558	2,374	2,366	Juhlin.
— 10°	2,250	2,030	—	Фишеръ.

Коэффициенты тренія льда по льду, льда по песку и по камню являются величинами весьма перемѣнными и зависятъ отъ вида поверхности льда и трущихся о него предметовъ, такъ что трудно дать для нихъ какія либо цифровыя данныя; что же касается до коэффициента тренія льда по желѣзу, то его принимаютъ равнымъ отъ 0,016 до 0,032 въ зависимости отъ состоянія трущихся поверхностей.

Вѣсъ 1 куб. сажени льда при температурѣ 0° С. равняется приблизительно

$$593 \times 0,9175 = 544 \text{ пуда,}$$

или 1 куб. метръ льда вѣситъ около 918 киллограммовъ (вѣсъ 1 куб. сажени воды при температурѣ 4° С. принять 593 пуда).

Вѣсъ 1 куб. сажени загрязненнаго льда съ примѣсями доходитъ иногда до 552 пудовъ (по Урочному Положенію) или 1 куб. метра—936 киллогр., что соотвѣтствуетъ плотности льда 0,93.

Принимая цифру 552 найдемъ, что подъемная сила 1 куб. сажени льда равняется

$$593 - 552 = 41 \text{ пудамъ,}$$

или 1 куб. метра—70 киллогр.

Иными словами льдина объемомъ въ 1 куб. сажень можетъ плавать на поверхности воды съ грузомъ до 41 пуда.

Опредѣлимъ глубину погруженной части плавающей льдины.

Пусть толщина льдины, имѣющей форму параллелепипеда, будетъ a метр. (черт. 7), ширина и длина— b и c метровъ, и, наконецъ, x —глубина погруженной части.



Черт. 7.

Такъ какъ, по закону Архимеда, вѣсъ вытѣсненной тѣломъ воды долженъ быть равенъ вѣсу самого тѣла, то

$$x. b. c. 1000 = a. b. c. 930, \text{ откуда} \\ x = 0,93 a$$

Слѣдовательно для плавающего рѣчного льда отношеніе надводной части къ подводной равняется

$$\frac{100 - 93}{93} = \frac{7}{93} = 0,0753.$$

Конечно, чѣмъ чище ледъ, тѣмъ это отношеніе больше, при одной и той же температурѣ.

Такъ при плотности льда въ 0,9188 это отношеніе равняется

$$\frac{10000 - 9188}{9188} = \frac{812}{9188} = 0,0884.$$

Механическія свойства рѣчного льда. — Разсмотримъ теперь механическія свойства рѣчного льда. Модуль упругости льда зависитъ отъ его свойствъ, именно, отъ его температуры, состава, строения и т. п., и потому величина его измѣняется въ широкихъ предѣлахъ, именно между 4300 и 12600 килогр. на кв. сант. при оттепели и между 12900—25600 килогр. на кв. сант. при опытахъ, производившихся въ морозное время.

Франкенгеймъ ¹⁾ даетъ цифру 54100 килогр. на кв. сант. (21300 пуд. на кв. д.); по Трубриджу она можетъ достигать до 77109 кил. на кв. сант.

Сопротивленія льда на разрывъ, раздробленіе и изгибъ опредѣлялись различными учеными. Данныя относительно этихъ сопротивленій помѣщены въ таблицахъ 5, 6 и 7.

Приборы, которые служили для испытанія льда въ механической лабораторіи института инженеровъ Путей Сообщенія, были слѣдующія: для испытанія на разрывъ—приборъ Михаэлиса (черт. 8), для испытанія на раздробленіе — прессъ (черт. 9) и для испытанія на изгибъ — приборъ Михаэлиса (черт. 10 a и b).

¹⁾ *Mousson* „Die Physik“ 1871, т. I стр. 204.

ТАБЛИЦА 5.

Сопротивление прѣсноводнаго льда на разрывъ.

t° С. при опытѣ.	Временное сопротивл.		Примѣчанія.	Экспериментаторъ.
	килогр./см. ²	пуд./дм. ²		
0°	7—8	2,76—3,15	—	Шумахеръ, Морницъ, Мозели.
—5°	12,30	4,84	Образцы были заморожены въ мѣдныхъ формахъ. Вода изъ р. Невы.	Лабораторія Инст. Инж. Пут. Сообщ.
—5°	13,30	5,23	Образцы были заморожены въ металлическихъ формахъ.	A. Frühling.
—15°	17,63	6,95	Образцы были заморожены въ мѣдныхъ формахъ. Вода изъ р. Невы.	Лабораторія Инст. Инж. Пут. Сообщ.

ТАБЛИЦА 6.

Сопротивление прѣсноводнаго льда на раздробленіе.

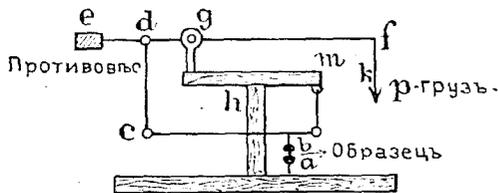
t° С. при опы- тахъ.	Временное сопротивленіе.		Примѣчанія.	Экспериментаторы и сочиненія, откуда данныя взяты.
	килогр./см. ²	пуд./дм. ²		
—5°	10,40	4,10	Образцы кубической формы пригото- влены изъ чистаго льда р. Прегеля .	A. Frühling.
— 7,9°	24,20—36,50	9,53—14,38	Образцы въ формѣ параллелепипеда получены, отъ замораживанія рѣч- ной воды	C. Макаровъ.
— 7,9°	50,8	20,00	Образцы кубической формы получены отъ замораживанія рѣчной воды .	C. Макаровъ.
—10°	26,775	10,55	Образцы замораживались въ чугу- нныхъ формахъ. Вода р. Невы. По- ложеніе кубиковъ при испытаніи такое-же, какъ и при заморажи- ваніи	Лабораторія Инст. П. П. С.
—12,5°	23,60	11,27	Тоже	Тоже.
—12,5°	37,20	14,66	Образецъ выпиленъ изъ льда р. Невы. Положеніе образца при опытѣ та- кое-же, какъ и въ естественныхъ условияхъ	Тоже.
—17,5°	16,90	6,70	Образцы выпилены изъ невскаго льда. Давленіе при опытѣ было нап- равлено перпендикулярно слоямъ за- мерзанія	Тоже.
—18,8°	20,00	7,90	Образцы выпилены изъ невскаго льда. Давленіе параллельно слоямъ за- мерзанія	Тоже.
—18,8°	54,95	21,65	Образцы замораживались въ чугу- нныхъ формахъ. Вода р. Невы. По- ложеніе образцовъ при опытѣ та- кое-же, какъ и при замораживаніи.	Тоже.
Не указ.	28,56	11,25	Рѣчной ледъ	Тоже. Николаи «Мосты», изд. 1901 г.
Не указ.	63,48	25,00	Прѣсноводный ледъ	W. Zudlow (Аме- рика).

ТАБЛИЦА 7.

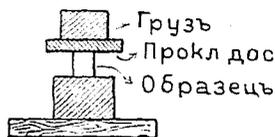
Сопротивленіе прѣсноводнаго льда на изгибъ.

t° С. при опы- тахъ.	Временное сопротивл.		Примѣчанія.	Экспериментаторъ.
	килогр./см. ²	пуд./дм. ²		
-1° до -2°	16,30	6,41	Образцы вышлены изъ льда рѣки Прегезя	A. Frühling.
-1° до -4°	8,60	3,38	Тоже	Тоже.
-18,7°	32,295	12,71	Образцы вышлены изъ льда рѣки Невы	Лабораторія И. И. П. С.
-18,7°	34,44	13,60	Образцы заморозены въ чугунныхъ формахъ. Вода р. Невы	Тоже.

Устройство прибора Михаэлиса для испытанія льда на разрывъ состоитъ въ слѣдующемъ (черт. 8). Въ *k* находится нагрузка *p*, которая при помощи рычага *fe*, вращающагося около неподвижной оси *g*, передается черезъ стержни *dc* и *cb* двумъ находящимся въ *a* захватамъ, между которыми помѣщается испытываемый кусокъ льда въ формѣ восмерки.



Черт. 8. — Приборъ Михаэлиса для испытанія на разрывъ.



Черт. 9. — Прессъ для испытанія на раздробленіе.

Рычагъ *cb* можетъ вращаться вокругъ неподвижнаго шарнира *b*. Нижний захватъ въ *a* также неподвиженъ. При указанномъ устройствѣ, если опустить конецъ *f* рычага *fe*, то верхній захватъ въ *a* будетъ подниматься и разрывать образецъ.

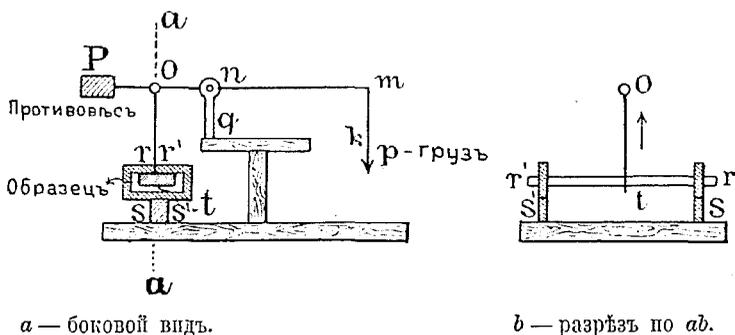
Въ *e* помѣщенъ противовѣсъ, служащій для приведенія системы въ равновѣсіе, когда образецъ не заложенъ въ захваты.

Схема дѣйствія прибора для испытанія льда на раздробленіе понятна изъ чертежа (черт. 9).

Наконецъ, приборъ Михаэлиса для испытанія льда на изгибъ (черт. 10) состоитъ изъ рычага *mt*, къ концу *m* котораго приложенъ дѣйствующій грузъ *p*. Рычагъ этотъ можетъ вращаться вокругъ неподвижной оси *n*. Сила *p* при помощи рычаговъ *to* и *ot* передается къ серединѣ *t* образца *rr'*

(черт. 10, *b*), который заложен между двумя захватами *s* и *s'*, прикрепленными къ подставкѣ прибора.

При опредѣленіи сила машины ледокола «Ермакъ» было признано необходимымъ сдѣлать рядъ опытовъ надъ испытаніемъ крѣпости льда, каковыя и были приведены вице-адмираломъ С. Макаровымъ въ Нью-кастлѣ, и результаты которыхъ приведены выше. Производство опытовъ на изломъ льда состояло въ слѣдующемъ. Опытъ велся въ холодильной



Черт. 10.— Приборъ Михаэлиса для испытанія на изгибъ. Схематическія изображенія приборовъ, служившихъ для испытанія льда.

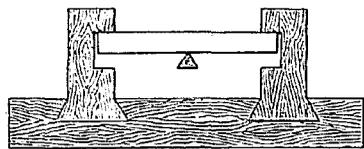
камерѣ. Брусокъ вкладывался въ станокъ (черт. 11), и на середину этого бруска производилось давленіе угломъ деревянной призмы. Величина давленія измѣрялась пружиннымъ динамометромъ.

Испытанія на раздавливаніе, результаты котораго приведены выше, были сдѣланы въ Дургамской высшей технической школѣ (Англія). Давленіе производилось испытательнымъ рычажнымъ приборомъ; бруски льда, приготовленные передъ тѣмъ въ холодильной камерѣ, сохранялись въ холодѣ до самого момента постановки ихъ въ станокъ.

При пробѣ на раздавливаніе обнаружилась необходимость между щеками прессы и поверхностью льда помѣщать прокладки изъ фланели и дерева, которыя уравнивали давленіе, не допуская щекамъ прессы давить на случайно выдающіяся неровности льда.

Приводимъ далѣе нѣсколько примѣровъ, характеризующихъ крѣпость льда въ его естественномъ состояніи на рѣкѣ.

По опытамъ полковника Палибина, произведеннымъ на рѣкѣ Окѣ близъ г. Серпухова, по льду толщиною въ 2,02 вершка могутъ проходить ряды пѣхоты съ большими интервалами. При толщинѣ льда въ 4,5 вершка можно уже перевозить 24-фунтовыя орудія, а при толщинѣ въ $6\frac{3}{4}$



Черт. 11.— Приборъ для испытанія льда на изломъ.

На мѣстахъ, гдѣ ледъ не толще 0,20 саж., были уложены поперечины изъ 6-ти саженныхъ бревенъ 6 верш. толщины (срѣзанныхъ съ двухъ сторонъ на $\frac{1}{2}$ верш.) на разстояніи 0,50 с. ось отъ оси; поверхъ нихъ укладывались 2 прогона такихъ же размѣровъ, на разстояніи 0,60 с. другъ отъ друга, слѣдующая пара укладывалась въ разбѣжку рядомъ съ первой парой (слѣдовательно на разстояніи 0,85 с. центръ отъ центра), при чемъ концы прогоновъ заходили другъ отъ друга на 1 саж. Поверхъ послѣднихъ производилась укладка узкоколейныхъ рельсовъ на шпалахъ широкой колеи. Шпалы съ прогонами, а послѣдніе съ поперечинами скрѣплялись скобами. Подбивка производилась снѣгомъ съ заливкою водой; въ мѣстахъ, гдѣ толщина льда была болѣе 0,70 саж., укладывались поперечины 3-хъ саженныя. Мѣсто соединенія ледяного пути съ землянымъ, измѣняющееся съ измѣненіемъ ледостава, требовало при пониженіи воды очистки обнажившейся части землянаго полотна отъ льда; при повышеніи воды — дополнительной укладки верхняго строенія для пути по льду; послѣднее обстоятельство въ виду незначительныхъ размѣровъ повышенія воды въ теченіе сутокъ (отъ 0,1 до 0,02 с.) на практикѣ не представляло особыхъ затрудненій.

Длина переправы по льду въ зависимости отъ горизонта ледостава колебалась въ предѣлахъ отъ 636,67 до 1111,67 саж.

Виды рѣчного льда. Разсмотримъ теперь виды льда, который образуется въ рѣкахъ. По времени образованія льдинъ различаютъ *осенній* и *весенній* ледъ. Первый образуется, какъ было уже упомянуто выше, изъ мелкихъ ледяныхъ кристалловъ осенью при пониженіи температуры. Второй — весенній образуется отъ разрушенія сплошного льда подъ вліяніемъ повышенія температуры весною. Размѣры и дѣйствіе весенняго льда бывають гораздо значительнѣе осенняго.

Какъ было указано выше, начальная стадія образованія на рѣкахъ осенняго льда представляетъ собою отдѣльные *шестоватые ледяные кристаллы*, которые образуются при температурѣ ниже нуля. При продолжающемся стояніи температуры воды ниже нуля, отдѣльныя ледяные кристаллики начинаютъ спаиваться въ большія или меньшія группы, которыя у береговъ задерживаются, образуя пленки льда, такъ называемыя *забереги*, постепенно утолщающіяся и крѣпнущія; другія же, будучи увлечены теченіемъ, сталкиваясь и ударяясь другъ о друга, обсыпаются, смерзаются и дѣлаются видимыми на рѣкѣ въ формѣ небольшихъ тонкихъ пластинокъ съ обломанными въ видѣ снѣжинокъ краями. Это явленіе, предшествующее настоящему осеннему ледоходу, называютъ явленіемъ *сала*.

На сибирскихъ рѣкахъ обращаетъ на себя вниманіе своими размѣрами такъ называемая *шуга*. Это скопленіе плывущихъ по рѣкѣ небольшихъ льдинъ, образовавшихся посредствомъ смерзанія частицъ льда; по-

слѣднія же получаютъ свое начало у дна рѣки около камней и скаль, которые охлаждаются быстрее и сильнее поверхности воды, и гдѣ течение слабѣе. Достигая нѣкоторой величины, частицы льда поднимаются на поверхности одни, или съ прилегающими камешками и, смерзаясь, образуютъ шугу.

Шуга часто образуется послѣ холодныхъ сѣверныхъ вѣтровъ, которые даже могутъ скрѣпить ледъ. При переменнѣ же направленія вѣтра на южный этотъ ледъ расходится и плыветъ внизъ по теченію; при этомъ въ Сибири онъ также называется шугою.

Какъ видно изъ предыдущаго, главнѣйшее *отличіе сала отъ шуги* состоитъ въ томъ, что первое плыветъ по поверхности рѣки, а вторая—заполняетъ иногда все поперечное сѣченіе рѣки, находясь въ водѣ во взвѣшенномъ состояніи.

Мало-по-малу при пониженіи температуры размѣры отдѣльныхъ льдинокъ увеличиваются, идетъ сначала мелкій ледъ, затѣмъ крупнѣе. Это явленіе носитъ названіе *осенняго ледохода*. Появленіе осенняго ледохода въ холодное и позднѣе время года послѣ бывшихъ заморозковъ совпадаетъ обыкновенно съ пониженіемъ горизонта воды въ рѣкѣ, такъ какъ благодаря болѣе раннему сковыванію льдомъ малыхъ ручьевъ, ключей и иногда подземныхъ источниковъ, расходъ воды сразу уменьшается.

Вслѣдствіе пониженія горизонта воды, на мелководныхъ мѣстахъ льдины, сталкиваясь другъ съ другомъ, задерживаются о неровности дна или треніемъ о дно и забиваютъ рѣку сплошь до дна, образуя *заторы* или *зажоры* ¹⁾.

Если гдѣ-нибудь на рѣкѣ имѣется отмель, то льдины, набѣгая на нее, останавливаются и на отмели образуется масса остановившихся и надвинувшихся другъ на друга льдинъ. Это явленіе на сѣверѣ называется *стамухою* ²⁾.

Иногда въ мѣстахъ поворота рѣки при сильномъ вѣтрѣ и ледоходѣ, (главнымъ образомъ при весеннемъ) образуется скопленіе льдинъ. Одна изъ нихъ наскакиваетъ на другую; образуются довольно высокія плавушія горы льда, называемыя *торосами*.

Торосы, повидимому, представляютъ собою нагроможденіе льдинъ, не особенно крѣпко смерзшихся между собою. Дѣйствительно, если въ первый моментъ набѣга одной льдины на другую смерзаніе и происходитъ, то при этомъ верхняя поверхность нижней льдины, имѣющей слѣжный покровъ и весьма низкую температуру, приляжетъ къ нижней поверхности верхней льдины, которая имѣетъ температуру воды. Черезъ нѣкоторый

¹⁾ Зажоры иногда образуются также на крутыхъ поворотахъ рѣки, гдѣ движеніе льдинъ замедляется. Образованіе загоръ можетъ быть какъ осенью, такъ и весной.

²⁾ Могутъ образоваться во время весенняго и осенняго ледоходовъ.

промежутокъ времени мѣсто спайки приметъ среднюю температуру, причемъ холодная поверхность должна немного расшириться, а болѣе теплая—сжаться. Результатомъ этого будутъ трещины, которыя ослабятъ спайку льда, образующаго торось. Отъ торосовъ отличаютъ *набивной ледъ*, который образуется такъ же, какъ и торосы, но въ меньшихъ размѣрахъ.

При наступленіи значительныхъ холодовъ осенній ледоходъ прекращается, и образуется *сплошной ледяной покровъ*, въ которомъ однако попадаются мѣстами пространства свободной воды, такъ называемыя *полянны*.

При сильномъ вѣтрѣ, который давитъ на ледяную поверхность при незначительной толщинѣ сплошного льда, послѣдній можетъ быть взломанъ, и тогда образуется такъ называемый *блмчатый ледъ*, т. е. сравнительно небольшія тонкія льдины. Весною при таяніи рѣчного сплошного льда на поверхности послѣдняго образуются пруды воды, которая при пониженіи температуры ниже 0° замерзаетъ (ночью) и образуетъ *наледь*¹⁾, причемъ послѣднія обыкновенно не примерзаютъ къ матерому льду вслѣдствіе увеличенія объема воды пруда при замерзаніи.

Наконецъ еще различаютъ для каждой данной мѣстности *собственный ледъ*, т. е. такой, который тутъ же и образовался, и *наносный ледъ*, который принесенъ теченіемъ съ другихъ мѣстъ.

Упомянемъ еще о явленіи связанномъ съ замерзаніемъ рѣкъ. Во время сильныхъ морозовъ ледъ покрывается слоемъ воды выступающей изъ трещинъ на его поверхности, что въ Сибири называется *черной водою*. Слой этотъ доходитъ иногда до 1½ аршина, и образуемыя имъ наледи иногда препятствуютъ сообщенію по рѣкѣ.

Поверхность рѣчного льда рѣдко бываетъ совершенно чистою. Обыкновенна она покрыта болѣе или менѣе глубокимъ снѣгомъ, что представляетъ собою добавочную нагрузку на ледъ, увеличивая при движеніи его разрушающее дѣйствіе. Всѣхъ 1 куб. саж. рыхлаго снѣга равняется около 58 пуд. или 1 куб. метра около 100 килограммовъ (точнѣе 97,8 килогр.).

Толщина рѣчного льда колеблется въ широкихъ предѣлахъ—отъ толщины плывущаго по рѣкѣ сала въ нѣсколько миллиметровъ и площадью въ нѣсколько кв. милл. до толщины около 1 саж. (болѣе 2 метровъ) передвигающихся по рѣкѣ цѣлыхъ полей льда. Напримѣръ въ низовьяхъ р. Енисея наблюдалась толщина льда до 1 саж. (2,134 метра). На рѣкѣ Невѣ ледъ бываетъ толщиною до 0,5 саж. (1 метр.). На рѣкѣ Удѣ на Средне-Сибирской ж. дорогѣ наблюдался наибольшій размѣръ льдинъ

¹⁾ Наледями въ Сибири и въ другихъ сѣверныхъ странахъ еще называютъ образованія изъ снѣга, встрѣчающіяся въ долинахъ. Они образуются въ мѣстахъ, гдѣ бываютъ сугробы—снѣгъ не вполне таетъ лѣтомъ и постепенно переходитъ въ ледъ снизу отчасти подъ влияніемъ давленія выше лежащаго снѣга, отчасти потому, что тамъ снѣгъ защищенъ бывасть отъ солнца.

$5 \times 10 \times 0,6$ саж. вѣсомъ до 1.619 пудовъ. При расчетѣ ледорѣзовъ Енисейскаго моста размѣры льдины принимались $50 \times 150 \times 0,6$ саж. Слѣдуетъ замѣтить, что въ данномъ мѣстѣ рѣки ледъ достигаетъ наибольшей толщины не въ самыя суровыя зимы, а напротивъ того, когда нѣсколько смѣнъ оттепелей и морозовъ растопляютъ и затѣмъ замораживаютъ снѣгъ, который покрываетъ ледъ.

Въ Россіи, повидимому, не дѣлалось систематическихъ наблюдений по опредѣленію толщины льда различныхъ рѣкъ и зависимости ея отъ температуры или отъ такъ называемаго количества мороза, за единицу котораго принимаютъ *градусодень*, что соотвѣтствуетъ морозу въ 1° С. продолжавшемуся въ теченіи однѣхъ сутокъ.

Горизонты ледоходовъ на одной и той же рѣкѣ бываютъ различной высоты. При проектированіи ледорѣзовъ необходимо знать наивысшій и наинизшій горизонты ледохода. На нѣкоторыхъ рѣкахъ наивысшіе горизонты весенняго и осенняго ледохода немного отличаются по высотѣ отъ соотвѣтственныхъ наивысшихъ горизонтовъ весеннихъ и осеннихъ водъ (бассейны сѣверныхъ морей). На другихъ рѣкахъ весенніе и осенніе ледоходы происходятъ при соотвѣтственныхъ низкихъ горизонтахъ весеннихъ и осеннихъ водъ. Причиною этому является то обстоятельство что въ рѣкахъ бассейновъ сѣверныхъ морей, напримѣръ на Енисей, верховья вскрываются ранѣе низовьевъ, и поэтому въ низовьяхъ образуется подпоръ и избытокъ воды; ледъ взламывается и несется здѣсь поэтому при сравнительно высокомъ горизонтѣ. Обратное явленіе происходитъ въ рѣкахъ бассейновъ южныхъ морей, т. е. въ рѣкахъ текущихъ съ сѣвера на югъ. Напримѣръ на р. Уралѣ, гдѣ сначала вскрываются низовья, а потомъ верховья, весенній ледоходъ происходитъ при сравнительно низкомъ горизонтѣ воды. Конечно здѣсь большую роль, кромѣ направленія самихъ рѣкъ, играютъ расположеніе ихъ притоковъ, характеръ мѣстности и другія причины.

Разность горизонтовъ осенняго и весенняго ледоходовъ въ данномъ мѣстѣ рѣки бываетъ различной. На р. Днѣпрѣ у Кіева она наблюдалась до 2,10 саж. (4,48 метр.), на рѣкѣ Енисей у Красноярска эта цифра достигала до 3,90 саж. (8,30 метр.), на р. Невѣ у Петербурга эта разность наблюдалась въ 1,0 саж. (2,13 метр.)¹⁾

Времена вскрытія—*ледоплава* и замерзанія—*ледостава* рѣкъ и продолжительности ледяного покрова для каждой данной мѣстности колеблются въ нѣкоторыхъ предѣлахъ. Для Россійской Имперіи имѣются карты, на которыхъ мѣста одновременныхъ вскрытій, замерзаній и мѣста имѣющія одинаковую продолжительность ледяного покрова соотвѣтственно

¹⁾ Изъ наблюдений, сдѣланныхъ при постройкѣ Троицкаго моста въ СПб. въ 1898—1901 гг.

соединены кривыми; первыя кривыя называются—*изотаксами*¹⁾, вторыя—*изопектиссами*²⁾ и третьи—*изопагами*³⁾; эти карты составлены Рыкачевымъ. Болѣе подробныя данныя находятся въ изданіяхъ Управленія Водяныхъ и Шоссейныхъ Сообщеній и Торговыхъ портовъ.

Согласно производившимся на рѣкахъ наблюденіямъ о порядкѣ вскрытія и замерзанія рѣкъ найдено, что вообще вскрываются сначала малыя рѣки, затѣмъ большія, потомъ каналы и, наконецъ, озера. Замерзаютъ же сначала каналы, затѣмъ малыя рѣки, потомъ большія и, наконецъ, озера.

Систематическихъ наблюденій надъ скоростями ледохода на русскихъ рѣкахъ не производилось. При расчетѣ быка моста черезъ р. Енисей у Красноярска скорость движенія льдинъ была принята 1 футъ въ 1 сек. (0,305 метр. въ 1 сек.). Вообще же скорость движенія льдинъ въ данномъ мѣстѣ рѣки колеблется въ широкихъ предѣлахъ. Она зависитъ отъ скорости теченія рѣки, отъ размѣровъ и вѣса льдины, отъ ударовъ сосѣднихъ льдинъ. Напримѣръ, на нѣкоторыхъ сибирскихъ рѣкахъ при величинѣ льдинъ въ 4—5 кв. саж. наблюдалась скорость ихъ движенія до 8 футъ (2,48 метр.) въ секунду. Однако слѣдуетъ замѣтить, что въ началѣ ледохода, когда льдины имѣютъ наибольшіе размѣры, и когда ледъ идетъ сплошной массой, скорость ледохода незначительна—около 0,5 фута (0,16 метр.) въ секунду.

Разрушающая дѣятельность рѣчного льда весьма разнообразна и особенно проявляется во время весенняго ледохода въ сѣверныхъ рѣкахъ. О силѣ напора льдинъ свидѣлствуютъ многочисленныя поврежденія и даже разрушенія, наблюдаемыя на многихъ мѣстахъ рѣкъ почти каждую весну.

На рѣкѣ Св. Лавренція въ Америкѣ зимою ледъ сковалъ каменные быки моста. При вскрытіи рѣки мостъ силою ледохода былъ разрушенъ и одинъ изъ обломковъ устоя былъ отнесенъ на 7 миль отъ своего прежняго мѣста.

На рѣкѣ Сяси, впадающей въ Ладожское озеро, наблюдались явленія срѣза льдомъ чугунныхъ тумбъ, служившихъ для причаливанія судовъ.

Въ Монреалѣ (Канада) льдина однажды унесла до 50 кв. фут. (4,65 кв. метр.) каменной набережной.

Иногда льдины несутъ на себѣ значительное количество камней и гальки. Напримѣръ на р. Енисей наблюдалась льдина, которая несла на себѣ до 3 куб. метровъ песку и гальки.

Ударяясь о какія либо препятствія, о берегъ, о дно или о мостовой

1) отъ греческихъ словъ ἴσος—равный и τέχω—плаваю.

2) » » » ἴσοπτητικός—равноотвержденный.

3) » » » ἴσος—равный и παγός—все отвердѣвшее.

быкъ, льдина со вмержшими камнями и пескомъ способна произвести па нихъ борозды, царапины и др. поврежденія.

При сильномъ ледоходѣ ледъ производитъ особыя накопленія камней и земли по берегамъ рѣки, называемыя въ Сибири *кекурами* и *коргами*. Кекурами называютъ валы изъ валуновъ, галекъ и песку образованныя льдинами, которыя при высокой водѣ и при заторахъ надвигаются на берегъ и, взрывая его, двигаютъ передъ собою массы камней и песку перпендикулярно къ линіи берега. Коргами называютъ образованія подобнаго же характера, т. е. изъ камней и песка, но образующія собой небольшія косы, идущія отъ берега и происшедшія благодаря взрыванію льдинами дна рѣки и подыманію впередъ взрытаго матеріала. Такимъ образомъ движеніе коргъ происходитъ параллельно линіи берега.

Относительно истирающаго дѣйствія льдинъ слѣдуетъ замѣтить, что разрушенію льдомъ подвергаются главнымъ образомъ наклонныя поверхности сооружений и береговъ, тогда какъ на вертикально спускающихся утесахъ царапинъ не замѣчается. Это можетъ объясняться отчасти тѣмъ, что камни и гальки вмержшіе въ льдину, края которой вертикальны, находятся преимущественно съ нижней стороны ея, и если льдина ударится о наклонную поверхность, то на послѣдней и останутся слѣды удара камней.

На рѣкахъ, гдѣ происходятъ сильныя колебанія горизонтовъ воды, когда рѣки уже покрылись льдомъ, послѣдній, примерзая къ камнямъ быковъ, устоевъ и набереженъ, способенъ выворачивать изъ своихъ гнѣздъ камни сооружений. Напримѣръ, на рѣкѣ Фонтанкѣ въ С.-Петербургѣ часто можно видѣть большіе пласты льда примерзшіе къ камнямъ быковъ и набереженъ и висящіе на воздухѣ, тогда какъ вода опустилась значительно ниже, и уже образовался новый слой льда подъ тѣмъ, который былъ выломанъ благодаря пониженію горизонта. На многихъ быкамъ мостовъ черезъ р. Фонтанку видны камни, измѣнившіе свое первоначальное положеніе, а нѣкоторые даже вывалились изъ своихъ гнѣздъ.

Озерный ледъ по своимъ свойствамъ и способу образованія вообще сходенъ съ рѣчнымъ. Въ глубокихъ озерахъ ледъ образуется только у поверхности озера, такъ какъ рѣзкія колебанія температуры происходятъ только въ верхнихъ слояхъ воды. Мелкія же озера промерзаютъ иногда до дна. Температура замерзанія соленыхъ озеръ пропорціональна крѣпости раствора: чѣмъ больше солей, тѣмъ она ниже. Нагроможденія льда и тороса на озерахъ достигаютъ болѣе значительной величины чѣмъ на рѣкахъ, благодаря болѣе сильному дѣйствию вѣтра. Напримѣръ въ Америкѣ въ проливѣ между озерами Мичиганъ и Гуронъ наблюдались нагроможденія въ 12 фут. толщины (3,66 метр.).

Морской ледъ. Въ открытыхъ моряхъ находятся два сорта льда:

одинъ образуется при непосредственномъ замерзаніи морской воды, другой—приносится съ материковъ.

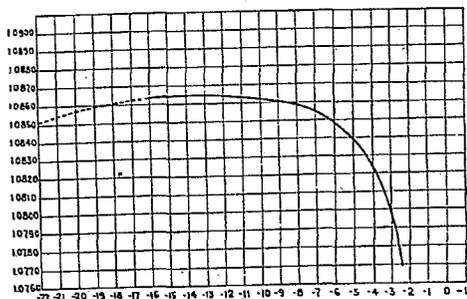
Въ глубокихъ моряхъ образованіе льда происходитъ на поверхности воды, въ мелкихъ же (заливахъ, бухтахъ и т. п.) кромѣ того ледъ образуется и со дна, какъ и въ рѣкахъ (такъ называемый грунтовый ледъ).

При замерзаніи соленой воды соль выдѣляется, но часть ея механически запутывается во льдѣ. Пока температура льда не измѣняется, до тѣхъ поръ эта соль остается во льдѣ, но когда температура повышается, то соль вымывается водою, и въ массѣ льда появляются тонкіе пустые или наполненные водою каналцы.

Въ зависимости отъ содержанія соли въ водѣ температура замерзанія воды измѣняется, понижаясь съ увеличеніемъ процентнаго содержанія соли. Хотя наибольшая плотность морской воды бываетъ приблизительно около $-3,7^{\circ}\text{C}$., но замерзаніе ея происходитъ при $-2,5^{\circ}\text{C}$. Сначала образуется кашеобразная масса изъ отдѣльныхъ игольчатыхъ кристалловъ, которые затѣмъ смираются въ тонкій эластичный покровъ. При полномъ покоѣ вода не замерзаетъ даже при температурѣ низшей $-3 - 4^{\circ}\text{C}$.; однако малѣйшее движеніе воды производитъ сразу массу льда. Этимъ объясняется моментальное обмерзаніе кораблей.

Физическія свойства льда, образовавшагося при непосредственномъ замерзаніи морской воды. Удѣльный вѣсъ морского льда по Бунзену 0,91674. По наблюденіямъ, сдѣланнымъ на ледокодѣ Ермакъ, эта цифра можетъ доходить до 0,848.

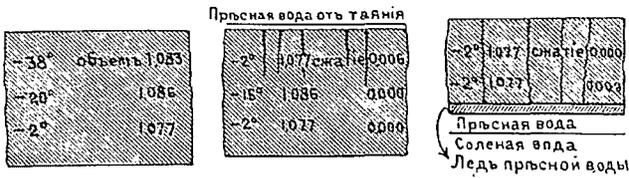
Принимая удѣльный вѣсъ морской воды 1,028, получимъ, что плавающія массы плотнаго льда возвышаются надъ водою только на $\frac{1}{3} - \frac{1}{10}$ своей толщины; если ледъ пористъ то—на $\frac{1}{7} - \frac{1}{8}$; съ камнями же еще меньше. По наблюденіямъ на Ермакъ пловучесть морского льда доходила до $\frac{1}{6} - \frac{1}{15}$. По своему составу, за исключеніемъ содержанія солей, и по характеру строенія морской ледъ мало отличается отъ рѣчного и озерного. Въ отношеніи же къ измѣненіямъ температуры онъ отличается отъ послѣдняго. Именно, морской ледъ при измѣненіи температуры отъ 0° до -15°C . расширяется, а при дальнѣйшемъ пониженіи температуры—сжимается. На черт. 13 изображена кривая измѣненіи единицы объема морского льда при измѣненіи температуры отъ 0° до -22°C .



Черт. 13. — Кривая измѣненіи единицы объема морского льда при измѣненіяхъ температуры.

Этимъ свойствомъ морского льда объясняется присутствіе на немъ весною массы трещинъ. Дѣйствительно, пусть ледъ въ концѣ зпмы имѣетъ толщину 2 метра (черт. 14), предположимъ далѣе, что на поверхности онъ имѣетъ температуру -38° , въ серединѣ -20° и внизу -2° — температуру воды. При такихъ условіяхъ нижній край льда находится въ состояніи соотвѣтствующемъ объему 1,077, середина льда—въ состояніи соотвѣтствующемъ объему 1,086 и верхній край—1,083. Если при оттепели температура верхняго края будетъ -2° , то объемъ соотвѣтствующій этой температурѣ будетъ 1,077. Благодаря этому и произойдетъ рядъ трещинъ.

Цвѣтъ морского льда бываетъ различный. Встрѣчается чистый и грязный ледъ; послѣднее объясняется присутствіемъ берегового пла. Цвѣтъ



Черт. 14.— Растрескиваніе морского льда.

льда въ зависимости отъ количества пузырьковъ воздуха, находящихся въ порахъ его, бываетъ кобальтовый, бутыльно-зеленоватый, матово-бѣлый и др. оттѣнковъ.

Отдѣльныя льдины имѣютъ иногда слоистое сложеніе, что происходитъ благодаря тому, что льдина при своемъ плаваніи попадаетъ въ мѣста, гдѣ морская вода имѣетъ другую соленость, почему образовывается новый слой льда другой плотности.

Механическія свойства морского льда. Ледъ образовавшійся изъ соленой воды имѣетъ большую вязкость, но значительно меньшую крѣпость, чѣмъ ледъ прѣсноводный; кромѣ того зимній морской ледъ крѣпче лѣтняго. Капитанъ «Фрама» Свердрупъ считаетъ, что полярный соленоводный ледъ на 60% слабѣе прѣсноводнаго. Въ нижеслѣдующей таблицѣ 8 помѣщены коэффициенты сопротивленія малосоленоводнаго и соленоводнаго морского льда раздробленію и изгибу.

Виды льда, образовавшагося при непосредственномъ замерзаніи морской воды. Ледъ, образовавшійся при непосредственномъ замерзаніи морской воды образуетъ ледяные покровы или *ледяныя поля* болѣе или менѣе значительной величины, причемъ различаютъ *ледъ отногодоваый и старый*. У экваторіальной границы морской ледъ представляетъ мягкую рыхлую массу и называется *рыхлымъ плавучимъ льдомъ*, у сѣвера же, гдѣ онъ обладаетъ значительною плотностью, онъ называется *плотнымъ плавучимъ льдомъ*.

Т А Б Л И Ц А 8.

Сопротивленіе ¹⁾ морского льда на раздробленіе и изгибъ.

Сортъ льда.	Наименованіе пенькатыннй.	t° С. при онытахъ.	Временное сопротивленіе.		Примѣчанія.	Экспериментаторъ.
			килогр./см. ²	пуд./дм. ²		
малосоленоводн.	раздробл.	—30°	23,70—35,40	8,40—12,60	Образцы получены отъ замораживанія морской воды, взятой изъ устья р. Тайнгъ. Образцы получены отъ замораживанія морской воды съ примѣсью рѣчной.	С. Макаровъ.
т о ж е.	тоже.	—28,75°	17,70—21,60	6,30— 7,70		
соленоводный.	тоже.	—26,25°	13,40—14,80	4,75— 5,33		
т о ж е.	тоже.	—30°	18,00—23,60	6,40— 8,40		
малосоленоводн.	изгибъ.	поуказ.	4,00— 9,10	1,45— 3,30		
т о ж е.	тоже.	поуказ.	2,70—15,30	0,98— 5,50		
соленоводный.	тоже.	+0,4	5,10	1,85		
т о ж е.	тоже.	—1,2	4,20	1,52		
т о ж е.	тоже.	+0,2	14,8	5,33		

Въ антарктическомъ морѣ ледяныя поля въ теченіе многихъ лѣтъ достигаютъ большой мощности. Отрывающіяся отъ нихъ большія ледяныя массы достигаютъ размѣровъ въ длину до 5¹/₂ километровъ, въ высоту надъ водою до 60—70 метровъ и общей высоты до 400 метровъ. Эти горы носятъ названіе *флюеберговъ*.

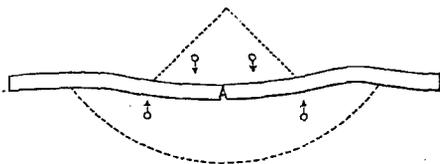
Въ большихъ ледяныхъ поляхъ вслѣдствіе разности температуры воды и воздуха, вслѣдствіе движенія самого поля и подъ вліяніемъ давленія вѣтра происходятъ трещины. Вода выступившая черезъ нихъ замерзаетъ и производитъ сжатіе ледяного поля. Послѣднее отъ этого ломается на болѣе или менѣе значительныя льдины.

Въ моряхъ, какъ и въ рѣкахъ, отдѣльныя льдины подъ вліяніемъ вѣтра и при встрѣчи какой либо преграды надвигаются другъ на друга и образуютъ *тороса*. По наблюденіямъ сдѣланнымъ на «Ермакъ» наибольшій торось достигалъ высоты надъ водою до 6,7 метр. (22 фут.). Въ описаніи путешествія барона Врангеля можно найти указанія о высотѣ тороса въ 21,33 метра (70 фут.) надъ поверхностью воды. Торось въ поперечномъ сѣченіи обыкновенно имѣетъ видъ треугольника. Пусть

¹⁾ Величины временного сопротивленія льда на изгибъ опредѣлены по формулѣ $R = \frac{2}{3} \cdot \frac{W}{b} \cdot \frac{Z}{h^2}$ (гдѣ Z —длина бруска льда, b —его ширина, h —высота и W —ломающій грузъ). Такъ какъ эта формула содержитъ въ себѣ рядъ допущеній, то на величины временныхъ сопротивленій изгибу слѣдуетъ смотрѣть, какъ на сравнительныя только между собою.

высота тороса 18 футов¹⁾. Если предположить, что боковыя стороны треугольника идут под углом 45° къ основанію, то длина основанія будетъ 36 фут., и площадь треугольника 324 кв. фут. Если предположить, что отношеніе высоты надводной части тороса къ глубинѣ подводной равняется $\frac{1}{3}$, то тогда для поддержанія вѣса льда тороса слѣдуетъ под нимъ нагромоздить треугольникъ площадью въ 5 разъ больше, т. е. 1620 кв. фут. Такой треугольникъ при той же покатости его боковыхъ сторонъ будетъ имѣть высоту 40 фут. и основаніе 80 фут. Прибавляя 12 фут. на толщину сплошного льда, получимъ глубину тороса въ 52 фут. Между тѣмъ, еслибы мы имѣли дѣло съ цѣльной льдиною высотой надъ водою 18 футовъ, то глубина ея при той же плавучести была бы $18,5 = 90$ фут.

Сплошной ледъ, представляющій связь тороса, будетъ въ центрѣ нагроможденія испытывать большее давленіе сверху, а по бокамъ будетъ подвергаться большимъ давленіемъ снизу. Поэтому поверхность его должна принять форму выгнутую внизъ (черт. 15).



Черт. 15. — Схема полярнаго тороса.

Полярные торосы, такъ же какъ и рѣчные, состоятъ изъ глыбъ льда, плохо спаянныхъ между собою, если спайка льдинъ происходитъ надъ водою. Если же торось образуется во

время сильныхъ морозовъ, и спайка льдинъ происходитъ подъ водою, то тогда торось является очень крѣпкимъ. Торось въ поперечномъ своемъ сѣченіи представляетъ рядъ льдинъ, промежутки между которыми надъ поверхностью воды заполнены снѣгомъ, а подъ нею—водою. Въ финскомъ заливѣ наблюдались тороса полной высоты 33 фута (10,06 метр.) съ отношеніемъ надводной части къ подводной 1:3,8.

Иногда на льдинахъ образуются вѣрообразныя формы бороздъ, происходящія отъ того, что льдина, обтаивая при дѣйствии солнца, крѣпится подъ дѣйствиемъ своей тяжести около нѣкоторыхъ осей.

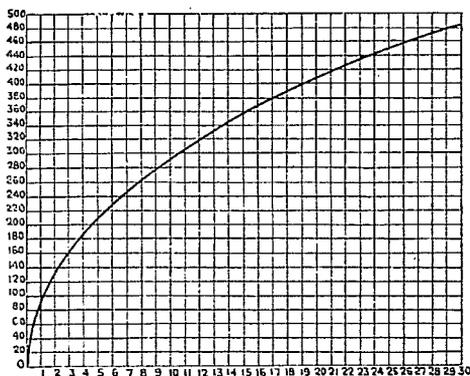
Толщина морского льда, образовавшагося при непосредственномъ замерзаніи воды. Увеличеніе толщины морского льда можетъ происходить при температурѣ выше $-2,5^\circ$ С. Объясняется это слѣдующими обстоятельствами. Когда подъ вліяніемъ тепла, морской ледъ таетъ сверху, то образующаяся отъ таянія прѣсная вода уходитъ сквозь трещины подъ ледъ, и такъ какъ она легче соленой воды, то она остается подъ льдомъ и замерзаетъ тамъ, ввиду того, что температура ея замерзанія 0° . Поэтому толщина льда, уменьшенная таяніемъ сверху, увеличивается снизу.

Ледяныя поля могутъ состоятъ изъ льда одногодвалаго и стараго.

¹⁾ С. Макаровъ. «Ермакъ во льдахъ».

На черт. 16 изображена кривая Вейпрехта, выражающая зависимость между толщиной ледяного покрова и количеством мороза. По оси абсцисс отложены тысячи градусо-дней по Реомюру, а по оси ординат толщина льда в сантиметрах.

Расчет предельной толщины льда в данном мѣстѣ по системѣ Вейпрехта дѣлается слѣдующимъ образомъ. Предположимъ ¹⁾, что въ ледовитомъ океанѣ количество мороза равно 5000 градусо-днямъ, а таяніе льда въ лѣто по толщинѣ — одинъ метръ. Согласно диаграммѣ (черт. 16) при 5000 градусо-дняхъ въ первую зиму образуется ледяной покровъ въ 209 сант., за лѣто толщина льда уменьшится на 1 метръ, слѣдовательно останется 109 сант., что соотвѣтствуетъ 1350 градусо-днямъ. Прибавивъ къ этому числу 5000 градусо-дней, получимъ 6350. Этой величинѣ соотвѣтствуетъ толщина льда 234 сант., каковая и будетъ въ концѣ второй зимы. Продолжая вычисленіе далѣе, получимъ при заданныхъ условіяхъ предельную толщину льда 2,60 метр. (8,5 фут.). Въ полярныхъ моряхъ наблюдалась толщина сплошного льда въ 12 фут. (3,68 метр.) и даже до 26,02 фут. (7,93 метр.) по наблюденіямъ, сдѣланнымъ на Ермакѣ.



Черт. 16. — Кривая Вейпрехта выражающая зависимости между количеством мороза и толщиной льда.

Морской ледъ, образовавшійся на сушѣ. Разсмотримъ теперь главнѣйшія формы льдинъ плавающихъ по морю и образованіе которыхъ происходитъ на сушѣ. Эти льдины представляютъ собою обломки ледниковъ, спускающихся съ суши къ уровню моря. Онѣ носятъ названіе *айсберговъ* или ледяныхъ горъ и отличаются отъ ледяныхъ полей не только внутреннимъ строеніемъ льда и полнымъ отсутствіемъ солей, но даже внѣшнею формою, которая у нихъ бываетъ чрезвычайно разнообразна. По своему строенію ледъ айсберговъ представляетъ зернистый ледъ, который образуется изъ снѣга отчасти подъ давленіемъ выше лежащихъ снѣжныхъ слоевъ, отчасти подъ вліяніемъ солнца, расплавляющаго снѣгъ; вода, стекая подъ снѣгъ, замерзаетъ и такимъ образомъ способствуетъ образованію льда. Размѣры айсберговъ бываютъ весьма различны. Напримѣръ наблюдали айсберги объемомъ до 30.000.000 куб. метровъ.

¹⁾ С. Макаровъ. «Ермакъ во льдахъ».

ГЛАВА ТРЕТЬЯ.

Главнѣйшіе матеріалы, примѣняемые для постройки ледорѣзовъ.

Камень. — Кирпичъ. — Бетонъ. — Строительные растворы. — Каменная кладка. — Желѣзо, чугунъ и сталь. — Дерево. — Желѣзо-бетонъ.

Ледорѣзы по роду матеріала, изъ котораго они устраиваются, бываютъ: каменными, деревянными, металлическими и смѣшанной конструкціи.

Разсмотримъ нѣкоторыя свойства матеріаловъ, соотвѣтствующихъ той или иной конструкціи.

Каменные ледорѣзы устраиваются изъ камней разныхъ сортовъ, при чемъ камень, идущій на облицовку ледорѣза долженъ быть лучше того, который идетъ на его забутку.

Камень долженъ быть однороднаго, мелкозернистаго, плотнаго, кристаллическаго сложенія, безъ всякихъ трещинъ, жилъ или слоевъ посторонней породы, не долженъ вывѣтриваться отъ атмосферныхъ дѣятелей или трескаться отъ мороза. Кромѣ того камень долженъ обладать извѣстнымъ механическимъ сопротивленіемъ разрушающему вліянію удара льдинъ. Эти условія обуславливаются тѣмъ невыгоднымъ положеніемъ, въ которомъ находятся ледорѣзы по отношеніямъ различнаго рода дѣятели. Такъ—постоянное колебаніе горизонтовъ воды и въ зависимости отъ этого переменное смачиваніе и высыханіе камней способствуетъ ихъ вывѣтриванію; затѣмъ вода, проникая въ поры камней, въ случаѣ мороза дѣйствуетъ разрушительно, увеличиваясь при замерзаніи въ объемъ; ледорѣзы подвергаются болѣе какихъ либо другихъ частей моста ударамъ плывущихъ по рѣкѣ предметовъ и, въ особенности, льда. Если послѣ замерзанія рѣки произойдетъ почему либо пониженіе или повышеніе горизонта воды, то примерзнувшій къ камнямъ ледъ будетъ стремиться вывернуть камни изъ ихъ гнѣздъ. Условіе однородности и мелкозернистости камня является необходимымъ въ виду того, что въ камняхъ неоднородныхъ или крупнозернистыхъ вслѣдствіе неодинаковаго расширенія или сжатія кристалловъ или частей при измѣненіяхъ температуры происходятъ трещины. Наконецъ, истирающее дѣйствіе проточной воды, въ особенности той, въ которой при ея быстромъ теченіи находятся во взвѣшенномъ состояніи различныя минеральныя частицы,—все это заставляетъ выбирать для части быка, находящейся въ предѣлахъ колебанія горизонта воды вообще, а для ледорѣза въ особенности, камни наилучшихъ сортовъ въ смыслѣ сопротивленія ихъ вышеупомянутымъ дѣятели.

Наиболѣе употребительны въ примѣненіи къ ледорѣзамъ слѣдующіе сорта камней: гранитъ, песчаникъ, базальтъ, при чемъ изъ нихъ, конечно пригодны лишь болѣе прочные сорта.

При кладкѣ желательнѣо располагать камни такъ, чтобы направленіе плоскости слоевъ камня, въ случаѣ его слоистости, быть перпендикулярно къ направленію наибольшаго дѣйствующаго усилія. Напримѣръ, камни, лежащіе по рѣзущему ребру ледорѣза, должны имѣть направленіе паденія слоевъ параллельное ему, такъ какъ они подвергаются дѣйствию удара и тяжести льдинъ; камни же, находящіеся съ боковъ быка и ледорѣза должны имѣть направленіе плоскостей слоевъ горизонтальнымъ ¹⁾).

Камни, на которые вода дѣйствуетъ химически, конечно, не должны быть примѣняемы, какъ напримѣръ известняки, на которые разрушительно дѣйствуетъ углекислота, почти всегда растворенная въ водѣ.

Въ нижеслѣдующей таблицѣ 9 указаны сорта камней, примѣненныхъ для облицовки ледорѣзовъ быковъ нѣкоторыхъ мостовъ, и указаны коэффиціенты временнаго сопротивленія этихъ камней на раздробленіе.

ТАБЛИЦА 9.

Сорта камней, примѣненныхъ для облицовки ледорѣзовъ нѣкоторыхъ мостовъ.

НАЗВАНІЕ СООРУЖЕНІЯ.	Сортъ камней облицовки ледорѣза.	Временное сопротивл. на раздробленіе.	
		кѣлогр./см. ²	пуд./дм. ²
Александровскій мостъ черезъ рѣку Волгу у Сызрани	Гангеудскій гранитъ . .	1.400	554
Александровскій мостъ черезъ рѣку Неву въ С.-Петербургѣ	Гангеудскій гранитъ . .	1.400	554
Алексинскій мостъ Ряжско-Вяземской жел. дороги	Песчаникъ каровскій . .	1.505	592
Мостъ черезъ р. Горынь на Вильно-Ровенской жел. дорогѣ	Базальтъ волицскій . .	2.851	1.124
Николаевскій мостъ черезъ р. Неву въ С.-Петербургѣ	Сердобольскій гранитъ .	718	282
Троицкій мостъ черезъ рѣку Неву въ С.-Петербургѣ	Сердобольскій гранитъ .	1.848	728

Прочное сопротивленіе камней, находящихся въ невыгодныхъ по отношенію къ внѣшнимъ силамъ условіяхъ принимается отъ $\frac{1}{10}$ до $\frac{1}{40}$ временнаго сопротивленія. Въ нижеслѣдующей таблицѣ 10 приведены временное и прочное сопротивленія нѣкоторыхъ горныхъ породъ ²⁾ и всѣхъ ихъ кубической единицы.

¹⁾ И перпендикулярное къ плоскости.

²⁾ Исключая особенностей устройствъ фермъ моста, напр. вліяніе распора.

³⁾ На цифры, приводимыя въ таблицѣ 10 нужно смотрѣть какъ на сравнительныя между собою при различныхъ сопротивленіяхъ. Сопротивленіе же матеріала, употребляемаго въ сооруженіи нужно каждый разъ опредѣлять опытнымъ путемъ.

Т А Б Л И Ц А 10¹⁾.

Временное и прочное сопротивленія нѣкоторыхъ горныхъ породъ на раздробленіе, скалываніе, разрывъ и изгибъ и вѣсъ ихъ кубической единицы.

Названіе породъ.	Временное сопротивленіе.							
	Раздробленію.		Скалыванію.		Разрыву.		Изгибу.	
	кilogр./см. ²	пуд./дм. ²						
Доломитъ . . .	980—1280	386—504	55—87	22—34	15—36	6—14	51—128	20—50
Порфиръ . . .	1000—2600	400—940	655	166	40—100	15—36	170—480	67—155
Гранитъ . . .	525—1764	210—698	77,6—127	31—40	32,5—45,4	13—18	83,8—175	33—70
Песч. и кварцитъ	255—2140	100—872	27—41	10—16	3,6—5,5	1,4—2,2	30—86	12—34
Известнякъ . .	150—1125	60—443	26—65	10—26	27	10,6	69	27

Названіе породъ.	Прочное сопротивленіе ²⁾ .						Вѣсъ.			
	Раздробленію.		Растяженію.		Скалыванію.		1 куб. метр.	1 куб. саж.		
	кilogр./см. ²	пуд./дм. ²	кilogр./см. ²	пуд./дм. ²	кilogр./см. ²	пуд./дм. ²	въ кilogр.	въ пуд.		
Доломитъ . . .	30	11,8	—	—	—	—	2900	1720		
Порфиръ . . .	37	14,6	—	—	—	—	2600—2900	1540—1720		
Гранитъ . . .	40—100	15,7—39,4	4	1,6	1 къ слоямъ 6—7 10 10	2,42,8	2500—3050	1480—1800		
Песч. и кварц.	15—30	5,9—11,8	0,5	0,2			—	3,9	2200—2500	1300—1480
Известнякъ . .	20—25	7,9—9,9	—	—			—	—	2450—2840	1460—1690

Кромѣ испытанія камней, примѣняемыхъ для ледорѣза, на раздробленіе и скалываніе, ихъ слѣдуетъ особенно тщательно испытывать на морозъ.

Прочность камней, примѣняемыхъ для облицовки ледорѣза, обусловливается еще и тѣмъ, что ледорѣзъ подвергается напиранию и ударному дѣйствію плывущихъ по рѣкѣ предметовъ, и потому здѣсь нельзя примѣнять способовъ предохраненія камней отъ вывѣтриванія, какъ на примѣръ покрыванія ихъ поверхности веществами, которыя служатъ или для замазыванія ихъ трещинъ, или по своимъ антисептическимъ свойствамъ препятствуютъ росту мха или развитію микроорганизмовъ, не мало способствующихъ вывѣтриванію, или, наконецъ, которые даютъ вмѣстѣ

¹⁾ Таблица составлена по даннымъ Ваушингера, Механич. Лабораторіи Инст. Ниж. Путей Сообщенія и Баха.

²⁾ Обыкновенно.

съ веществомъ камня совершенно не растворимыя въ водѣ вещества, и не страдающія отъ дѣйствія углекислоты и сѣрнистаго газа.

Однимъ изъ желательныхъ средствъ, отчасти предохраняющихъ камни отъ упомянутыхъ вредныхъ дѣятелей, является возможно болѣе равно-мѣрная и тщательная обтеска поверхности камней для достиженія возможно меньшей поверхности соприкосновенія ихъ съ водою и атмосферою.

Коэффициенты тренія камня по камню наблюдались слѣдующіе.

Твердый известнякъ по известняку	0,70
Тесаный гранитъ по грубо-обтесанному граниту . . .	0,66
Тоже на свѣжемъ растворѣ	0,49

Кирпичъ. Въ качествѣ матеріала для облицовки ледорѣзовъ кирпичъ совершенно не пригоденъ, такъ какъ обладаетъ сравнительно малымъ сопротивленіемъ на раздробленіе. Такъ по опытамъ Механической Лабораторіи Института Инженеровъ Путей Сообщенія временное сопротивленіе лучшихъ сортовъ кирпича на раздробленіе достигаетъ въ среднемъ лишь до 289 килогр. на см.² (114 пуд. на дм.²)¹⁾. Кромѣ того при малѣйшемъ ослабленіи связи между растворомъ и кирпичемъ послѣдній отъ удара льдинъ или волнъ будетъ выбиваться, выкрашиваться и вымываться. Для облицовки боковыхъ поверхностей быка могутъ быть допускаемы лучшіе сорта кирпича, хотя, въ виду указаннаго ранѣе вліянія колебанія горизонтовъ воды въ замерзшей рѣкѣ, это является не вполне рациональнымъ, такъ какъ кирпичъ можетъ выламываться изъ своихъ гнѣздъ. Однако тамъ, гдѣ штучный тесовый камень очень дорогъ, и гдѣ сравнительно не сильный ледоходъ, приходится облицовывать быкъ кирпичемъ, выбирая для этого лучшіе его сорта и произведя особенно тщательно пробу его на морозъ.

Для забутки ледорѣзовъ кирпичъ можетъ быть примѣняемъ, хотя конечно если есть бутовый камень, то лучше примѣнять послѣдній. Въсь 1 куб. метра кирпича колеблется въ предѣлахъ 1400—2000 килогр. (1 куб. саж. 750—1200 пуд.). Прочное сопротивленіе кирпичной кладки допускается отъ 7—12 кил./см.² (см. табл. 12).

Вообще же, если принять за единицу сопротивленіе раздробленію кирпича, то сопротивленіе раздробленію кирпичной кладки составитъ по Böhme

0,44	при	растворѣ	1	изв. + 2	пес.	
0,48	»	»	7	» + 1	цем. + 16	пес.
0,55	»	»	1	цем. + 6	пес.	
0,63	»	»	1	» + 3	»	

Допускаемое напряженіе принимается равнымъ около $\frac{1}{10}$ временнаго сопротивленія.

¹⁾ Для клинкера 300—800 кил./см.²

Бетонъ примѣняется въ каменныхъ ледорѣзахъ и быкахъ и отчасти въ ледорѣзахъ смѣшаной конструкціи исключительно для забутки. Составъ бетона зависитъ отъ размѣра быка, рода облицовки и отъ вяжущаго вещества. Вѣсъ 1 куб. метра бетона въ зависимости отъ состава колеблется въ предѣлахъ около 1800—2200 килогр. (1 куб. саж.—1000—1300 пуд.). Временное сопротивленіе бетона наблюдалось:

- а) на раздробленіе $52,1 - 388 \text{ килогр./см.}^2 = 20,5 - 155 \text{ пуд./дм.}^2$
- б) на разрывъ отъ 7 до 10 разъ меньше сопротивленія раздробленію;
- в) на изгибъ $5 - 19,9 \text{ килогр./см.}^2 = 2 - 7,3 \text{ пуд./дм.}^2$
- г) на срѣзываніе приблизительно въ 1,25—1,5 болѣе сопротивленія на разрывъ.

Прочное сопротивленіе бетона принимается, смотря по его составу, отъ $\frac{1}{8} - \frac{1}{12}$ временнаго. Согласно циркуляра Департамента жел. дорогъ 1893 года напряженіе на раздробленіе бетона допускается не болѣе $6 \text{ клл./см.}^2 = 2,36 \text{ пуд./дм.}^2$.

Строительные растворы, примѣняемые для каменной кладки ледорѣзовъ, должны удовлетворять условіямъ, указаннымъ выше, гдѣ говорилось о вредномъ вліяніи на ледорѣзы различныхъ дѣятелей. Такъ известковый растворъ совершенно не можетъ быть допускаемъ, какъ размываемый водою. Растворы изъ гидравлической извести и романскаго цемента для ледорѣзовъ допускаемы быть не могутъ въ виду ихъ сравнительно плохой сопротивляемости механическимъ усиліямъ. Ихъ примѣняютъ для кладки частей быка не омываемыхъ водою. Наилучшимъ растворомъ въ смыслѣ сопротивленія всѣхъ ранѣе упомянутымъ дѣятелямъ является растворъ на портландскомъ цементѣ.

При постройкѣ быковъ можно, напримѣръ, руководствоваться слѣдующими правилами¹⁾: отъ подошвы основанія быка до горизонта на 0,25 саж. (0,5 метра) выше весеннихъ водъ можно употреблять цементный растворъ состава: 1 часть портландск. цемента на 3 части песку, а выше этого горизонта — цементный растворъ: 1 ч. портланд. цемента на 3½ части песку. Облицовка же ледорѣзовъ, прокладные ряды, расшивки швовъ лицевыхъ поверхностей должны быть сдѣланы на цементномъ растворѣ 1 ч. портл. цем. + 2 ч. песку, причемъ расшивка швовъ лицевыхъ поверхностей должна быть сдѣлана на глубину не менѣе 0,005 саж. (1 сант.) и не должна выходить изъ лицевой поверхности камней.

Въ таблицѣ 11 приведены коэффиціенты временныхъ сопротивленій растворовъ и вѣсъ ихъ кубич. един. Прочное сопротивленіе растворовъ принимается отъ $\frac{1}{10}$ до $\frac{1}{40}$.

¹⁾ Техническія условія на постройку каменныхъ частей мостовъ и трубъ при сооруженіи Средне-Сибирской жел. дороги.

Т А Б Л И Ц А 11¹⁾.

Временное сопротивление строительных растворов на раздробление, скалывание, разрыв и изгиб и вѣсъ ихъ кубической единицы.

Название растворовъ.	В р е м е н н о е с о п р о т и в л е н и е.								В ѣ с ъ.	
	Раздробленію.		Скалыванію.		Р а з р ы в у.		И з г и б у.		1 куб. метра	1 куб. саж.
	килогр./см. ²	пуд./дм. ²	килогр./см. ²	пуд./дм. ²	килогр./см. ²	пуд./дм. ²	килогр./см. ²	пуд./дм. ²	въ килогр.	въ пуд.
Известь безъ примѣсъ песку	16	6,3	—	—	2,15	0,86	—	—	1300—1650	760—980
Известь съ примѣсью песка	36—80	14,3—32	0,5	0,2	1,75—5,00	0,70—2,00	—	—	1700	1000
Гидравлическій растворъ: 1 ч. изв. + 1 ч. троса + 1 ч. пес.	77—101	30,5—40	—	—	14—17	6—7	—	—	2020	1200
Чистый романскій цементъ	100—125	40—50	17—21	7—9	10—12	4—5	25—30	10—12	2000	1180
Романскій цементъ съ примѣсью песка	35—93	14—37	6—16	2,5—6,5	1,8—24,5	7—10	9—23	3,5—9	2360	1400
Чистый порландскій цементъ	211—258	84—103	16—20	7—8	10—56,35	4—22	50—60	21—26	1700—3000	1000—1780
Порландскій цементъ съ примѣсью песка	45—251	18—102	19—34	8—13	6—24,97	2,5—10	25	4,5—26	въ среднемъ 2000.	1000 — 1500.
Тоже 1 ч. ц. + 3 ч. песку	45—251	18—102	19—34	8—13	9,1—25,3	3,5—10	25	4,5—26		
Тоже 1 ч. ц. + 2 ч. песку	185—202	74—80	22—30	9—12	13	5	23	19—20		
Сложные растворы (изв. + цем. + пес.)	67—291	26—116	—	—	1,90—43,10	0,75—17	—	—		
Порландскій цементъ съ примѣсью песку при твердѣніи отъ 1 до 12 мѣсяцевъ подъ водою ²⁾ :										
1 ч. ц. + 3 ч. песку	—	—	—	—	—	3,10—6,50	—	—		
1 ч. ц. + 4 ч. песку	—	—	—	—	—	2,40—5,22	—	—		
1 ч. ц. + 5 ч. песку	—	—	—	—	—	2,00—4,40	—	—		
1 ч. ц. + 6 ч. песку	—	—	—	—	—	1,55—3,65	—	—		

1) Составлена по даннымъ Класен'а, Ваушингера, Механич. Лабор. Инст. Инж. Пут. Сообщ. и др.

2) По даннымъ помещеннымъ въ брошюрѣ инж. Велейниса «Опредѣленіе состава цементныхъ растворовъ», Уфа, 1888 года.

Портландскій цементъ долженъ удовлетворять техническимъ условіямъ приѣмки портландъ-цементовъ утвержденнымъ Минист. Пут. Сообщенія 3 февраля 1899 г. за № 18.

Каменная кладка. Сопротивленіе каменной кладки механическимъ дѣятелиамъ зависитъ отъ рода и качества матеріала кладки, именно, камней и растворовъ. Въ таблицѣ 12 приведены данныя относительно *прочности*¹⁾ сопротивленія различнаго рода каменной кладки и вѣса ея кубической единицы.

Т А Б Л И Ц А 12²⁾.

Прочное сопротивленіе каменной кладки на раздробленіе и вѣсъ ея кубической единицы.

Названіе кладки.	Прочное сопротивл. раздробленію.		В ъ с ъ.	
	кплгр./см. ²	пуд./дм. ²	1 куб. метр. въ кпл.	1 куб. саж. въ пуд.
Бутовая кладка изъ пористаго камня . .	3—6	1,2—2,4	2500	1470
Кладка изъ песчаника въ зависим. отъ тески	3—45	1,2—1,8	2400	1420
Кладка изъ песчаника грубо околотаго .	7	2,8	2400	1420
Бутовая кладка изъ камней средней величины на известковомъ растворѣ .	5	2	2600	1540
Кирпичная кладка на известк. растворѣ .	7	2—3	1500	890
Бутовая кладка изъ крупныхъ камней .	10—11	4—4,5	2600	1540
Кирпичная кладка на цемент. растворѣ .	10 ³⁾ —12 ⁴⁾	3,9 ³⁾ —5 ⁴⁾	1600	890
Кирпичная кладка изъ раковистаго известняка	12,7—27,1	5—10	2600	1540
Кладка изъ клинкера на цемент. раств. .	14—30	5,6—1,2	1600	890
Кладка изъ клинкера въ среднемъ . . .	20 ³⁾	7,9 ³⁾	1600	890
Кладка изъ базальта	40—75	16—30	3200	1900
Кладка изъ гранита разной тески . . .	16—100	7—40	2700	1600
Кладка изъ гранита грубо колотаго . .	25	9,85	2700	1600

По Вѣнше допускаемое напряженіе на раздробленіе для бутовой кладки принимается 5,5% отъ временнаго сопротивленія раздробленію чистаго камня.

Для кладки изъ хорошаго кирпича на цементномъ растворѣ допускается на срѣзываніе 6 кпл./см.² = 2,36 пуд./дм.².

1) Прочное сопротивленіе принято $\frac{1}{10} - \frac{1}{20}$ временнаго.

2) Составлена по свѣдѣніямъ о постройкѣ различныхъ сооружений.

3) По русскимъ даннымъ.

4) По прусскимъ даннымъ.

Желѣзо, чугуны и сталь. На нѣкоторыхъ рѣкахъ устраиваютъ ледорѣзы желѣзные, чугунные или образованные соединеніемъ этихъ двухъ металловъ. Прочное сопротивленіе желѣза и чугуна принимается такимъ же, какъ и для частей металлическихъ мостовъ, причемъ, казалось бы полезнымъ коэффициентъ прочности немного увеличивать въ виду дѣйствія удара льдинъ. Въ таблицѣ 13 приведено нѣсколько данныхъ для характеристики допускаемыхъ величинъ прочнаго сопротивленія желѣза, чугуна и стали и вѣсь кубической единицы этихъ металловъ.

ТАБЛИЦА 13¹⁾.

Прочное сопротивленіе²⁾ желѣза, чугуна и стали и вѣсь ихъ кубич. единицы.

Названіе металла.	Прочное сопротивленіе.				В ѣ с ѣ.	
	Вытягиванію.		С ж а т і ю.		1 куб. метр. въ килограмм.	1 кв. саж. въ пуд.
	килогр./см. ²	пуд./дм. ²	килогр./см. ²	пуд./дм. ²		
Чугунъ	150—400	60—160	600 ³⁾ —1000	240—400	7200	4270
Сварочн. желѣзо ⁴⁾	500—800	200—320	500—800	200—320	7700	4566
Литое желѣзо . . .	500—1200	200—580	500—1200	200—580	7850	4655
Сталь	600—1800	240—720	600—1100	240—440	7850	4655

Дерево. Въ рѣкахъ съ незначительнымъ ледоходомъ, или тамъ, гдѣ мостъ необходимо временно оградить отъ ударовъ льда, устраиваются иногда деревянные ледорѣзы. Дерево, примѣняемое для этого, должно быть лучшаго качества, сухое, зимней рубки, безъ червоточинъ и др. пороковъ, сосновой, еловой и др. породъ. Коэффициенты временнаго сопротивленія дерева приведены въ таблицѣ 14.

Въ таблицѣ 15 приведены данныя относительно допускаемаго прочнаго сопротивленія дерева для постоянныхъ деревянныхъ мостовъ. Для временныхъ мостовъ сопротивленія принимаются на 25% выше, чѣмъ въ постоянныхъ мостахъ.

Допускаемое напряженіе на скалываніе вдоль волоконъ при расчетѣ врубки принимается обыкновенно

для сосны 10 кил./см.² = 3,9 пуд./дм.²
 » дуба 15 кил./см.² = 5,9 пуд./дм.²

¹⁾ Составлена по Resal'ю и по циркулярамъ Мин. Путей Сообщенія.

²⁾ Прочное сопротивленіе принято приблизительно въ $\frac{1}{5}$ — $\frac{1}{10}$ временнаго.

³⁾ На смятіе въ опорныхъ каткахъ мостовъ (считая на гориз. проекцію катковъ)— 30 кил./см.² = 11,8 пуд./дм.². На срѣзываніе въ опорныхъ каткахъ для чугуна допускаютъ до 25 кил./см.² = 9,85 пуд./дм.².

⁴⁾ Коэффициенты взяты средними, такъ какъ для ледорѣзовъ таковыхъ не установлено.

ТАБЛИЦА 14¹⁾.

Сопротивленіе различныхъ породъ деревьевъ на растяженіе, сжатіе и изгибъ и въсь ихъ кубической единицы.

Название породы.	Временное сопротивленіе.						Въсь дерева.			
	Сжат. вдоль волоконъ.		Растяженіе вдоль волок.		Изгибу норм. къ волоку.		Сухого.		Свѣже-срублен.	
	кнл./см. ²	пуд./дм. ²	кнл./см. ²	пуд./дм. ²	кнл./см. ²	пуд./дм. ²	1 куб. метр. въ килогр.	1 куб. саж. въ пуд.	1 куб. метр. въ килогр.	1 куб. саж. въ пуд.
Сосна . . .	246	97	720	283	409	161	310—760	184—450	380—1080	225—640
Ель	276	109	602	237	435	171	370—750	219—445	770—1230	457—729
Пихта . . .	283	112	533	210	439	173	350—600	208—356	400—1070	237—635
Букъ	320	126	1340	528	720	284	620—830	368—492	850—1250	504—741
Лиственница .	321	126	710	280	542	214	470—560	279—332	810	480
Дубъ	343	135	964	380	601	237	690—1030	409—611	930—1280	551—759

ТАБЛИЦА 15²⁾.

Допускаемое прочное сопротивленіе дерева.

Название породы.	Прочное сопротивленіе.							
	Непосредственному сжатію.		Непосредственному растяженію.		Изгибу.		Сжатію перпендикуляр. къ волоку.	
	кнл./см. ²	пуд./дм. ²	кнл./см. ²	пуд./дм. ²	кнл./см. ²	пуд./дм. ²	кнл./см. ²	пуд./дм. ²
Хвойныя обыкновеннаго качества (съ врем. сопр. разр. 711 кнл./см. ² (280 п./дм. ²).	51	20	102	40	64	25	15	6
Хвойныя лучшаго качества съ врем. сопр. на растяж. не менѣе 812 килогр./см. ² (320 пуд./дм. ²)	64	25	114	45	76	30	20	8
Дубъ съ врем. сопр. на растяженіе не менѣе 965 п./см. ² (380 пуд./дм. ²)	76	30	140	55	102	40	38	15

Сопротивленіе дерева сильно измѣняется отъ многихъ причинъ: времени его рубки, строенія его, заключающейся въ немъ влажности и т. п.

¹⁾ Коэффициенты сопротивленія взяты по Тетмаеру.

²⁾ Составлена согласно циркуляру Министерства Путей Сообщенія отъ 1 іюня 1895 г. за № 8929.

ГЛАВА ЧЕТВЕРТАЯ.

Формы ледорѣзовъ вообще и причины, вліяющія на выборъ той или иной формы.

Ледорѣзы отдѣльные и быки-ледорѣзы. — Обозначенія. — Терминологія. — Очертаніе быка ледорѣза въ планѣ. Размывающее дѣйствіе воды. Опыты Durand Claye. Дѣйствіе льда на быкъ и ледорѣзы: статическое и динамическое. — Высота поднятія льдинъ на ледорѣзы. — Шалки. — Устойчивость быка.

Ледорѣзы устраиваются или вмѣстѣ съ быкомъ или отдѣльно отъ него. Последнее дѣлается для того, чтобы ослабить вредное дѣйствіе удара льдинъ на быкъ.

Отдѣльные ледорѣзы устраиваются или на общемъ основаніи съ быкомъ (черт. 17), или на отдѣльномъ основаніи (черт. 18).

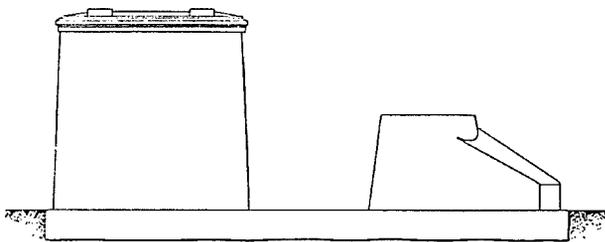
Такъ какъ проектированіе и конструкція отдѣльныхъ ледорѣзовъ вообще одинаковы съ таковыми же — ледорѣзовъ составляющихъ съ быкомъ одно цѣлое; то въ дальнѣйшемъ мы будемъ разсматривать только послѣдніе.

Быкъ, соединенный съ ледорѣзомъ, носитъ названіе *быкъ-ледорѣзъ* (черт. 19, *a*, *b* и *c*).

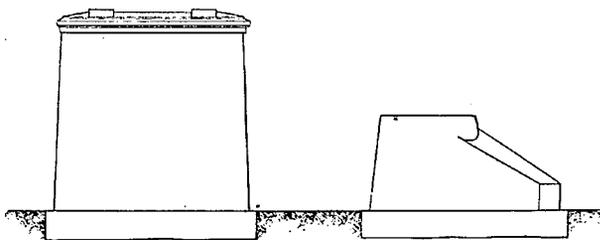
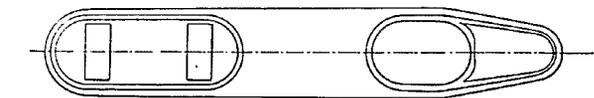
Въ дальнѣйшемъ примемъ слѣдующія обозначенія.

Вертикальную продольную плоскость симметріи быка назовемъ черезъ *V* и примемъ ее за первую вертикальную плоскость проекцій.

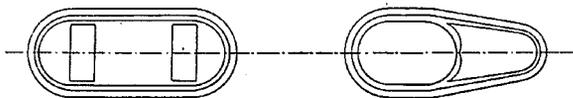
Плоскость основанія быка, перпендикулярную къ *V*, назовемъ черезъ *H* и примемъ ее за горизонтальную плоскость проекцій.

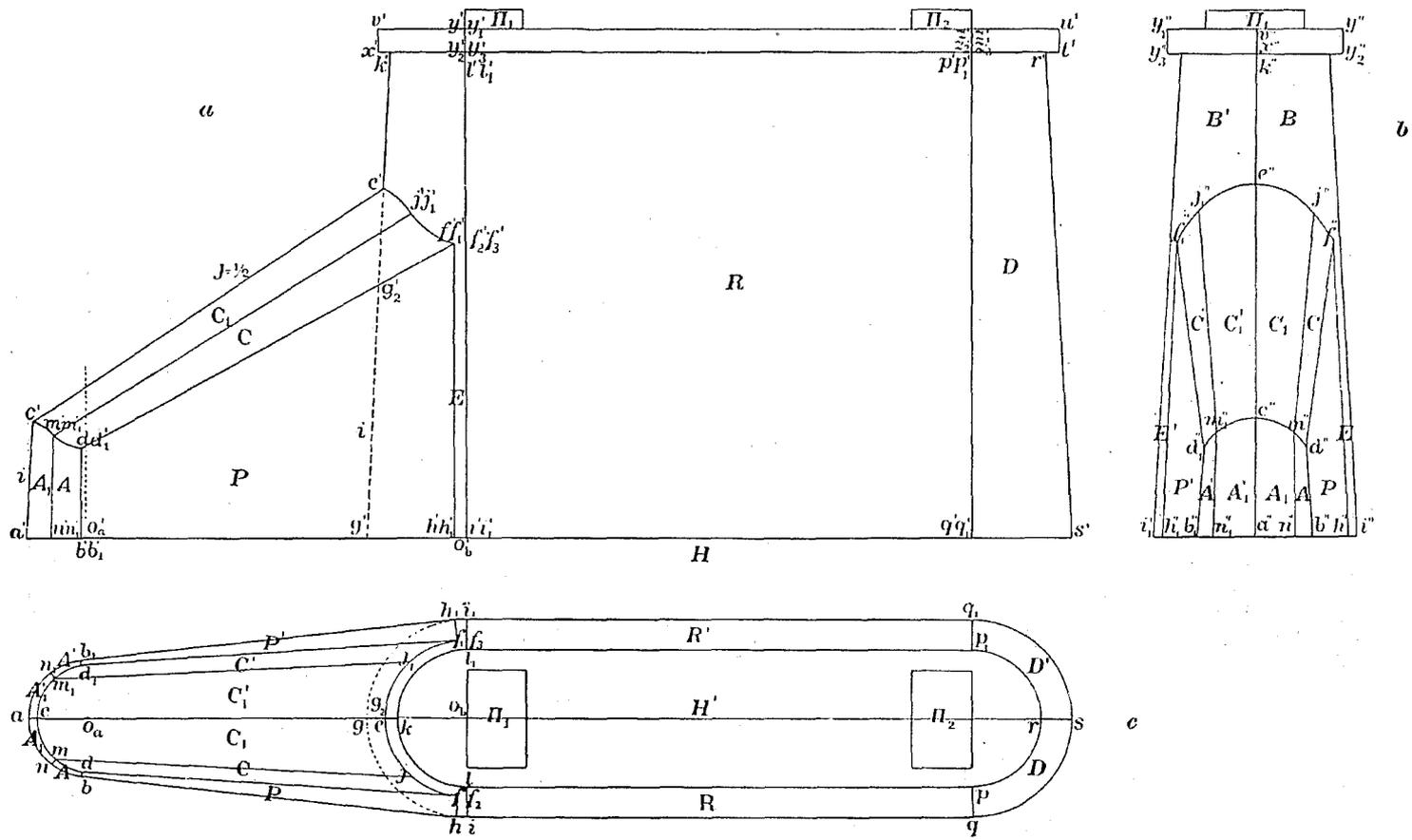


Черт. 17.— Отдѣльный ледорѣзъ на общемъ основаніи съ быкомъ.



Черт. 18.— Отдѣльный ледорѣзъ на отдѣльномъ основаніи.





а—фасадъ (проекція на плоскость V). б—видъ спереди (проекція на плоскости W). с—планъ (проекція на плоскость E).
 Черт. 19. — Быкъ-ледорѣзь.

За вторую вертикальную плоскости проекцій примемъ плоскость W , перпендикулярную къ первымъ двумъ. Болѣе точное положеніе ея въ дальнѣйшемъ каждый разъ будетъ указываться особо.

- Будемъ обозначать: отдѣльныя точки въ пространствѣ большими буквами и цифрами $A, B, C, D \dots$, и $1, 2, 3, 4 \dots$
- » » горизонтальныя проекціи этихъ точекъ на плоскость H —малыми буквами и цифрами: $a, b, c, d \dots$ и $1, 2, 3, 4 \dots$
- » » вертикальныя проекціи точекъ на плоскости V —малыми буквами и цифрами, съ однимъ значкомъ вверху: $a', b', c', d' \dots$ и $1', 2', 3', 4' \dots$
- » » вертикальныя проекціи точекъ на плоскости W —малыми буквами и цифрами съ двумя значками вверху: $a'', b'', c'', d'' \dots$ и $1'', 2'', 3'', 4'' \dots$
- » » плоскости въ пространствѣ большими буквами съ добавленіемъ сокращеннаго слова «плоскость», именно: *плоск. А*, *плоск. В*...., *плоск. Р*, *плоск. Q* и т. д.
- » » горизонтальные слѣды плоскостей на плоскости проекцій H —двумя буквами: $Ah, Bh, \dots Ph, Qh \dots$
- » » вертикальные слѣды плоскостей на плоскости проекцій V —двумя буквами: $Av, Bv \dots Pv, Qv \dots$
- » » вертикальные слѣды плоскостей на плоскости проекцій W —двумя буквами: $Aw, Bw \dots Pw, Qw \dots$

За начало координатъ примемъ точку пересѣченія плоскостей V, H и W .

За главныя оси координатъ примемъ линіи: за ось X -овъ—линію сѣченія плоскостей H и V , за ось Y -овъ—линію сѣченія H и W и за ось Z -овъ—линію сѣченія V и W .

Терминологія. Условимся отдѣльныя части быка-ледорѣза (черт. 19, a, b и c) называть слѣдующимъ образомъ:

Часть $A, C, E, D, D_1, F, F_1, H, H_1, G, B, B_1, M, M_1, N, N_1$. . . *ледорѣзомъ*.
Остальную часть быка-ледорѣза *быжомъ*.

Наименованіе частей быка.

- Часть: G, E, K, L, L_1, I, I_1 , назовемъ *головою* быка и будемъ ее обозн. «голова B ».
- » S, R, P, P_1, Q, Q_1 *задомъ* быка «задъ D ».
- » $I, I_1, L, L_1, P, P_1, Q, Q_1$ *среднею частью* быка «часть R ».
- » $T, U, Z, Z_1, Z_2, Z_3, Y, Y_1, Y_2, Y_3, V, X$. *карнизомъ* быка.

Плоскости: K, L, L_1, P, P_1, R	верхней плоскостью быка . . «плоскость H' »
» $A, N, N_1, B, B_1, H, H_1, I, I_1, Q, Q_1, S$	плоскостью оснований быка . . «плоскость H »
Поверхности: I, L, P, Q и I_1, L_1, P_1, Q_1	боковыми поверхностями быка . «поверх. R и R' ».
» I, L, K, G и G, K, L_1, I_1	поверхностями головы быка . «поверх. B и B' ».
» Q, P, R, S и S, R, P_1, Q_1	поверхностями зада быка . . «поверх. D и D' ».
Линии: GK	передним головным ребром ¹⁾ быка.
» L, I и L_1, I_1	боковыми головными ребрами ¹⁾ быка.
» R, S	задним ребром ¹⁾ быка.
» Q, P и Q_1, P_1	задними боковыми ребрами ¹⁾ быка.
Камни H_1 и H_2 , на которых лежат опоры ферм моста	подферменными камнями.
Плоскости V, Y, Y_1, Z, Z_1, U	подферменною площадкой.

Наименование частей ледорѣза.

Часть: $A, C, M, M_1, D, D_1, B, B_1, N, N_1$ назовемъ	головою ледор. и будемъ ее обозн. «голова A' »
» $B, B_1, D, D_1, F, G_2, F_1, H, G, H_1$	ядромъ ледорѣза.
» $C, M, D, F, J, E, J_1, F_1, G_2, D_1, M_1$	рѣжущей частью ледорѣза . . «рѣж. часть C ».
Поверхности: B, N, A, C, M, D и D_1, M_1, C, A, N_1, B_1	поверхностями головы ледор. ²⁾ «поверх. A и A' ».
» D, M, C, E, J, F и F_1, J_1, E, C, M_1, D_1	поверхностью рѣжущ. части ²⁾ «поверх. C и C' ».
» B, D, F, H и B_1, D_1, F_1, H_1	боковыми поверхн. ¹⁾ ледорѣза . «поверх. P и P' ».
Линии: CE	рѣжущимъ ребромъ ледорѣза ¹⁾ .
» AC	переднимъ головнымъ ребромъ ледорѣза.
» BD и B_1D_1	боковыми головными ребрами ¹⁾ ледорѣза.
» CM и CM_1, D_1	нижними переходными линиями ⁴⁾ ледорѣза.
» E, J, F и E, J_1, F_1	верхними переходными линиями ⁴⁾ ледорѣза.
» D, F и D_1, F_1	боковыми ребрами ¹⁾ ледорѣза.
» FH и F_1H_1	задними ребрами ³⁾ ледорѣза.
Плоскость $A, N, N_1, B, B_1, G, H, H_1$	плоскостью оснований ледорѣза (H).

¹⁾ Если въ двугранный уголъ, образуемый плоскостями, ограничивающими быкъ или ледорѣзъ, вписана закругляющая его поверхность, то слово «ребро» слѣдуетъ замѣнить словомъ «линія».

²⁾ Если передняя часть головы закруглена особой поверхностью, то части этой послѣдней переднюю и заднюю назовемъ *закругляющими поверхностями головы* ледорѣза и будемъ ее обозначать «поверхности A_1 и A_1' ».

³⁾ Если рѣжущая часть сверху закруглена особою поверхностью, то части этой послѣдней переднюю и заднюю назовемъ *закругляющими поверхностями рѣжущей части* ледорѣза и будемъ ее обозначать «поверхности C_1 и C_1' ».

⁴⁾ Въ нѣкоторыхъ формахъ ледорѣза части поверхности F_1, F_3, J_1, H_1 и F_2, F_2, I, H , (гдѣ положеніе линий F, F_2 и F_1, F_3 обусловлено заданіемъ) принадлежатъ поверхности ледорѣза, составляя продолженіе его боковыхъ поверхностей. Въ такомъ случаѣ части ледорѣза между его поверхностью F, F_2, H, I и F_1, F_3, I_1, H_1 и соответственными поверхностями быка назовемъ *переходными частями* ледорѣза и обозначимъ ихъ «частями E, E' », а ихъ поверхности F, F_2, I, H и F, F_3, I_2, H_1 —*переходными поверхностями* ледорѣза обозначимъ ихъ «поверхности E, E' ».

⁵⁾ Если рѣжущая часть или голова ледорѣза закруглены особой поверхностью, то соответствующія этой поверхности части линии CM и CM_1 назовемъ *передними частями нижней переходной линии*, а MD_1 и M_1, D_1 —*задними частями нижней переходной линии*.

⁶⁾ Если рѣжущая часть или голова быка закруглены особой поверхностью, то соответствующія этой поверхности части линии EJ и EJ_1 назовемъ *передними частями верхней переходной линии*, а JF и J_1, F_1 —*задними частями верхней переходной линии*.

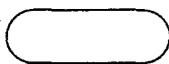
Очертаніе быка-ледорѣза въ планѣ.

Размывающее дѣйствіе воды на грунтъ около быковъ зависитъ въ значительной степени отъ формы поперечнаго горизонтальнаго сѣченія быка. Французскимъ инженеромъ Dugand Claye были произведены опыты съ цѣлью выяснитъ вліяніе очертанія быка въ планѣ на образованіе размывовъ и наносовъ. Небольшіе быки, употреблявшіеся для этихъ опытовъ, имѣли въ планѣ формы: прямоугольника (черт. 20) прямоугольника съ закругленными углами (черт. 21) и остроугольную (черт. 22).

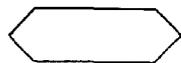
Согласно опытамъ размывы съ верховой стороны были наибольшими— по оси прямоугольнаго сѣченія и наименьшими— по оси остроугольнаго.



Черт. 20.



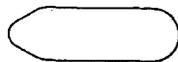
Черт. 21.



Черт. 22.

Различныя очертанія быка въ планѣ при опытахъ для выясненія вліянія этого очертанія на образованіе размывовъ и наносовъ.

При остроугольномъ сѣченіи размывы съ низовой стороны увеличивались по мѣрѣ приближенія къ плечамъ, а при прямоугольномъ—уменьшались. Среднее между ними въ отношеніи образованія размывовъ занимаетъ полукруглое очертаніе. При остроугольномъ сѣченіи размывы по бокамъ—наименьшіе, причѣмъ они сохраняютъ постоянную величину вдоль всего быка; при прямоугольномъ же сѣченіи—они наибольшіе; наконецъ, при полукругломъ сѣченіи размывы сходны съ таковыми же при остроугольномъ сѣченіи. Такимъ образомъ, въ отношеніи наименьшаго образованія размывовъ наиболѣе выгоднымъ является соединеніе остроугольнаго сѣченія съ полукруглыми ¹⁾.



Черт. 23. — Очертаніе быка въ планѣ, способствующее сравнительно незначительному образованію размывовъ.

Если это является затруднительнымъ для кладки, то съ верховой стороны слѣдуетъ придавать быку поперечное сѣченіе треугольное съ закругленными плечами, а съ низовой—полукруглое (черт. 23).

Если быку придать поперечное сѣченіе треугольное съ низовой стороны, то это будетъ менѣе выгоднымъ, такъ какъ по срединѣ наноса образуется воронкообразное углубленіе.

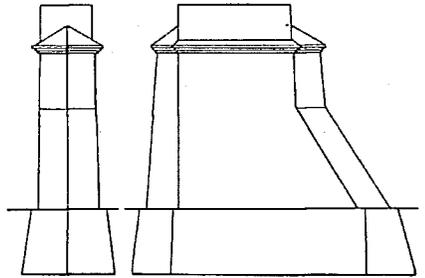
Кромѣ Dugand Claye опыты надъ опредѣленіемъ характера водоворотовъ, образующихся въ теченіи въ зависимости отъ очертанія въ планѣ

¹⁾ Какъ видно изъ дальнѣйшаго, къ такому очертанію въ планѣ приближается ограниченіе рѣжущей части ледорѣза косыми плоскостями

Напримѣръ, при значеніяхъ

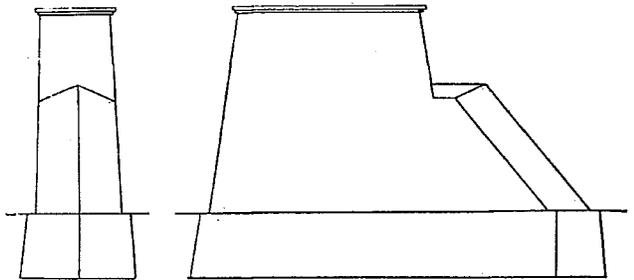
- $v = 0,305$ метр. $\alpha = 45^\circ$ (уклонъ рѣзущаго ребра $= \frac{1}{1}$) получимъ $H = 0,0024$ метр.
 $v = 0,160$ метр. $\alpha = 45^\circ$ (уклонъ рѣзущаго ребра $= \frac{1}{1}$) получимъ $H = 0,0006$ метр.
 $v = 0,305$ метр. $\alpha = 33^\circ 40'$ (уклонъ рѣзущаго ребра $= \frac{1}{1\frac{1}{2}}$) получимъ $H = 0,0033$ метр.
 $v = 0,160$ метр. $\alpha = 33^\circ 40'$ (уклонъ рѣзущаго ребра $= \frac{1}{1\frac{1}{2}}$) получимъ $H = 0,0009$ метр.
 $v = 1,00$ метр. $\alpha = 18^\circ 25'$ (уклонъ рѣзущаго ребра $= \frac{1}{3}$) получимъ $H = 0,456$ метр.
 ($g = 9,81$ метр. въ сек.).

Изъ формулы (3) видно, что при большихъ скоростяхъ ледохода для уменьшенія ударовъ по направленію оси быка необходимо рѣзущее ребро дѣлать болѣе пологимъ и наоборотъ. Однако слишкомъ большое удлиненіе ледорѣза является не экономичнымъ благодаря увеличенію объема кладки, и поэтому обыкновенно принимаютъ при среднихъ скоростяхъ ледохода уклонъ рѣзущаго ребра въ $\frac{1}{1}$ или $\frac{1}{1\frac{1}{2}}$ и иногда въ $\frac{1}{2}$. Если скорости движенія льдинъ велики, а размѣры послѣднихъ незначительны, то иногда даютъ уклоны рѣзущему ребру въ $\frac{1}{1\frac{1}{2}}$. Рѣзущее ребро слѣдуетъ продолжать за предѣлы наивысшаго воз-



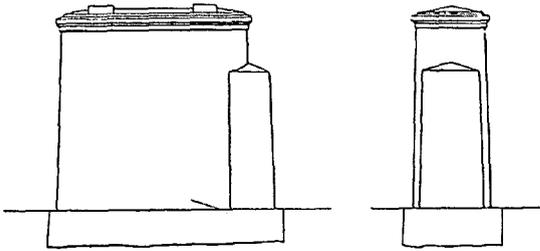
Черт. 25.—Шпанка въ видѣ пирамиды.

можнаго поднятія льдины на ледорѣзъ еще на высоту приблизительно въ 0,5 метра. Что же касается до нижней точки рѣзущаго ребра, то ее слѣдуетъ опускать ниже горизонта самаго низкаго ледохода на глубину нѣсколько большую толщины льдинъ для того, чтобы послѣднія не ударялись о переднюю часть головы ледорѣза и не останавливались, увеличивая такимъ образомъ напоръ льда на быкъ. Для большинства русскихъ рѣзокъ достаточно опускать рѣзущее ребро ниже горизонта самаго низкаго ледохода на глубину до 1 метра. Иногда рѣзущее ребро ледорѣза не доводятъ до головы быка, и оканчиваютъ его раньше. Въ такомъ случаѣ сопряженіе ледорѣза съ верхнею частью головы быка дѣлаютъ при помощи особой *шпанги* въ видѣ четырехугольной пирамиды (черт. 25), двускатной крыши (черт. 26), конуса (черт. 27), соединенія конуса съ плоскостями (черт. 28) или, наконецъ, придаютъ ей шаровую форму (черт. 29) и т. п.



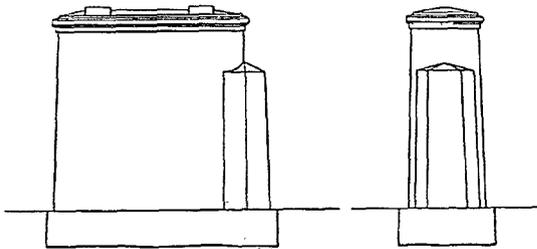
Черт. 26.—Шпанка въ видѣ двускатной крыши.

Предусмотрительно ограничивать голову быка выше ледорѣза на нѣ-
которую высоту въ видѣ конической, цилиндрической поверхности или
въ видѣ двухъ пересѣкаю-
щихся граней на случай чрез-
вычайнаго поднятія льдинъ.



Черт. 27. — Шалка въ видѣ конуса.

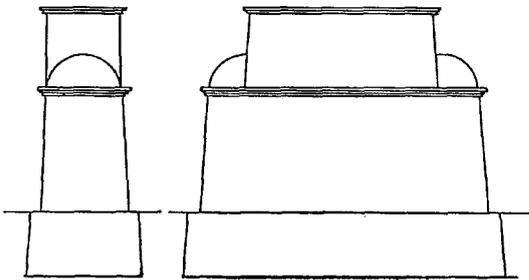
вѣсомъ быка выше горизонта ледохода, со
частей моста была меньше коэффиціента



Черт. 28. — Шалка образованная соединеніемъ
конуса съ плоскостями.

тренія камня по камню. При
этомъ за мѣру силы дѣйствія
льдины можно считать ту,
которая необходима, чтобы
раздробить льдину по всему
переднему периметру быка
(шириною равной толщинѣ
льдины). Напримѣръ, если
временное сопротивленіе льда
на раздробленіе 10 килогр./см.²,
толщина льдины 1 метръ, тол-
щина быка въ уровнѣ ледо-
хода — 5 метровъ, то сила, раздробляющая льдину будетъ (съ грубымъ
приближеніемъ)

$$5 \cdot 1 \cdot 10000 \cdot 10 = 500000 \text{ килогр.}$$



Черт. 29. — Шалка шаровой формы.

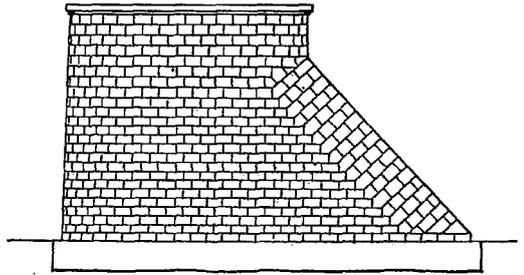
Отъ выбора уклона рѣ-
жущаго ребра отчасти зави-
сится устойчивость всего быка,
такъ какъ необходимо, что-
бы отношеніе между ударомъ
льдины, какъ силою, стремя-
щейся опрокинуть быкъ, и
включеніемъ вѣса пролетныхъ
частей моста была меньше коэффиціента

Если верхняя часть быка
съ пролетнымъ строеніемъ
приходящейся на него части
моста будетъ вѣсить 200000
килогр., то прочность соору-
женія не обезпечена, такъ
какъ отношеніе $\frac{500000}{200000} = 2,5$,
что болѣе коэффиціента тре-
нія камня по камню.

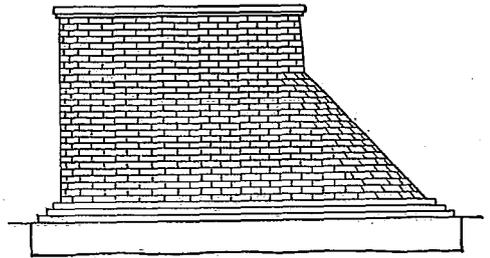
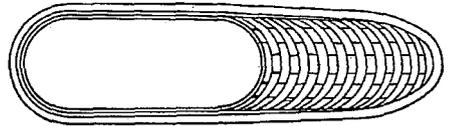
Однако при этой повѣркѣ
быкъ и льдина разсматриваются какъ тѣла неупругія, что не вполне
соотвѣтствуетъ дѣйствительности. Поэтому для опредѣленія болѣе точной
величины силы удара и возникающихъ напряженій въ различныхъ частяхъ

быка и ледорѣза слѣдуетъ обратиться къ даннымъ строительной механики. Напримѣръ, можно сначала опредѣлить силу, производящую при ударѣ изгибъ или сжатіе, путемъ приравниванія общей поглощенной при остановкѣ движенія работы — работѣ, затраченной на деформациіи обоихъ ударяющихся тѣлъ. Если же будетъ известна эта сила и ея точка приложенія, то тогда легко провѣрятъ устойчивость быка на опрокидываніе и срѣзываніе и прочность матеріала въ опорѣ.

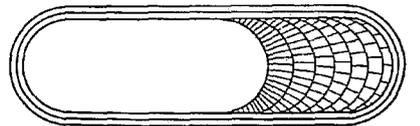
Можно также провѣрить прочность опоры, не прибѣгая къ опредѣленію силы удара: достаточно найти выраженіе работы, затраченной на деформацию каждаго изъ ударяющихся тѣлъ и приравнять ее работѣ силъ упругости сопротивляющихся деформациіи. Последняя же выражается произведеніемъ объема тѣла на нѣкоторый постоянный множитель, зависящій отъ формы тѣла, а также отъ рода удара, на коэффициентъ живого сопротивленія матеріала, который можетъ быть прочнымъ, упругимъ или временнымъ. Результаты повѣрки должны быть одинаковы въ обоихъ случаяхъ, если напряженіе не превосходитъ предѣла упругости ¹⁾. При этомъ слѣдуетъ замѣтить, что при ударѣ льдины параллельно или наклонно къ боковой поверхности быка результаты вычисленій, полученные при вышеприведенныхъ двухъ предположеніяхъ, будутъ иными, и такой ударъ будетъ невыгоднѣе въ смыслѣ сопротивленія быка на изломъ, такъ какъ скорость движенія льдины, благодаря крутому уклону поверхности быка, вся расходуетъ на образованіе удара. Въ смыслѣ же наивыгоднѣйшаго распредѣленія въ массѣ быка удара льдины, приходящагося на рѣзущее ребро, здѣсь слѣ-



Черт. 30.—Разрѣзка кладки рѣзущей части ледорѣза наклонными слоями.



Черт. 31.—Разрѣзка кладки рѣзущей части ледорѣза горизонтальными слоями.



¹⁾ См. «Мосты» Николаев. Изд. 1901 г., стр. 691.

дуетъ только замѣтить, что ряды кладки ледорѣза лучше располагать наклонными (черт. 30), а не горизонтальными слоями (черт. 31). Благодаря этому отдѣленіе верхней части быка отъ удара льдинъ можетъ наступить лишь тогда, когда срубятся камни въ передней части ледорѣза и растворъ въ остальной части опоры.

ГЛАВА ПЯТАЯ.

Формы каменныхъ ледорѣзовъ.

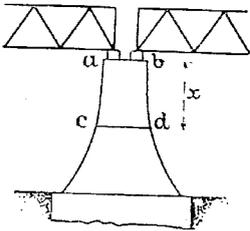
Поверхности, ограничивающія быкъ.—**Поверхности, ограничивающія ледорѣзъ.**—**Ограниченія головы ледорѣза.**—**Ограниченіе рѣзущей части.**—**Ограниченія ядра ледорѣза.** Частные случаи.—**Терминологія.** Ледорѣзы полныя и неполныя. Ледорѣзы постоянной ширины, ушпрямлющіяся и суживающіяся. Быкъ-ледорѣзы съ основаніемъ постоянной и непостоянной ширины. Ледорѣзы симметричныя и несимметричныя.

Поверхности, ограничивающія быкъ.

Въ зависимости отъ формы каменнаго быка сопряженіе съ нимъ ледорѣза устраивается различнымъ образомъ. Поэтому рассмотримъ въ общихъ чертахъ наиболѣе употребительныя очертанія каменныхъ быковъ въ разрѣзахъ, планѣ и фасадѣ.

Цѣль, къ которой слѣдуетъ стремиться при проектированіи инженернаго сооруженія, при соблюденіи разумной экономіи въ матеріалѣ,—это чтобы всѣ части сооруженія работали одинаково.

Предположимъ, что на быкъ отъ фермъ моста дѣйствуетъ только вертикальная сила. Если пренебречь верхнею частью быка, гдѣ давленіе



Черт. 32.—Форма быка, разсматриваемаго какъ тѣло равнаго сопротивленія сжатію.

отъ фермъ моста еще не успѣло равномерно распредѣлиться по всей площади поперечнаго сѣченія быка, то форма наружнаго очертанія быка опредѣляется изъ слѣдующихъ соображеній. Быкъ можно разсматривать какъ тѣло подверженное дѣйствию силы—его вѣса—измѣняющейся по высотѣ быка пропорціонально его объему. Исходя изъ того условія, чтобы сопротивленіе кладки на скатіе было вездѣ одинаково, получаемъ на основаніи выводовъ строительной механики, что должна существо-

вать слѣдующая зависимость между площадями поперечныхъ горизонтальныхъ сѣченій быка (черт. 32).

$$\omega_x = \omega_1 \cdot e^{\frac{\delta x}{N}} \dots \dots \dots (c)$$

гдѣ ω_x — площадь поперечнаго горизонтальнаго сѣченія быка въ разстояніи x отъ верхней плоскости быка, имѣющей площадь ω_1 , δ — вѣсъ кубической единицы кладки, e — основаніе Неперовыхъ логарифмовъ и R — прочное сопротивленіе кладки раздробленію. Чтобы получить уравненіе кривой очертанія поперечнаго вертикальнаго сѣченія быка, предположимъ, что поперечныя горизонтальныя сѣченія быка подобны и подобнымъ образомъ расположены. Тогда, если площадь верхняго сѣченія ω_1 равна

$$\omega_1 = k \cdot a_1^2 \dots \dots \dots (d)$$

гдѣ k — вѣкоторый коэффициентъ, a_1 — одинъ изъ параметровъ сѣченія ω_1 (линейная величина), то

$$\omega_x = k a_x^2 \dots \dots \dots (e)$$

гдѣ a_x — величина аналогичная a_1 и соотвѣтствующая сѣченію ω_x .

Подставляя найденныя значенія ω_1 и ω_x въ ур-іе (с) получимъ

$$a_x^2 = a_1^2 e^{\frac{\delta}{2R} x}$$

Извлекая изъ обѣихъ частей квадратный корень, получимъ уравненіе кривой, ограничивающей поперечное сѣченіе быка

$$a_x = a_1 e^{\frac{\delta}{4R} x} \dots \dots \dots (4)$$

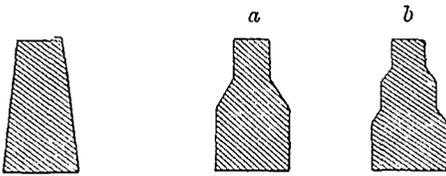
по которому, зная a_1 , e , δ и R и задаваясь различными x , можно построить и самую кривую.

Однако очертанія быка, соотвѣтствующія этому расчету, вызываютъ дороговизну въ производствѣ работъ. Поэтому обыкновенно немного отступаютъ отъ этой теоретической формы для упрощенія въ работѣ. Равнымъ образомъ, если на быкъ будутъ дѣйствовать не вертикальныя силы, а наклонныя, напримѣръ, въ арочныхъ и всякихъ мостахъ. то очертанія быка будутъ отличаться отъ полученныхъ ранѣе. Вообще же вмѣсто ограниченія быка кривыми поверхностями сложнаго вида, стараются ограничить его болѣе простыми поверхностями: плоскостями съ боковъ и цилиндрами, конусами и плоскостями съ головы и зада, придавая этимъ поверхностямъ различныя уклоны въ зависимости отъ высоты быка и отъ усилій, дѣйствующихъ на быкъ.

Иногда, для экономіи въ кладкѣ, быки дѣлаютъ не сплошными, а полыми, если это не вредитъ прочности сооруженія.

Уклоны боковыхъ поверхностей и плоскостей колеблются въ предѣлахъ отъ $\frac{1}{15}$ — $\frac{1}{30}$ — $\frac{1}{\infty}$ (вертикальныя). Утолщенія быка книзу еще вызывается иногда тѣмъ обстоятельствомъ, чтобы давленіе быка на грунтъ не превосходило прочнаго сопротивленія послѣдняго на сжатіе (около 1—5 пуд./дм.² или 2,5—5 — 12,5 килгр./см.²).

Поверхности, ограничивающія быкъ и ледорѣзъ, могутъ быть различнаго вида: плоскости, круговые и эллиптическіе цилиндры, круговые и эллиптическіе конуса, цилиндры и косыя плоскости (гиперболическія параболоиды). Среднюю часть быка обыкновенно ограничиваютъ плоскостями—вертикальными и наклонными къ горизонту

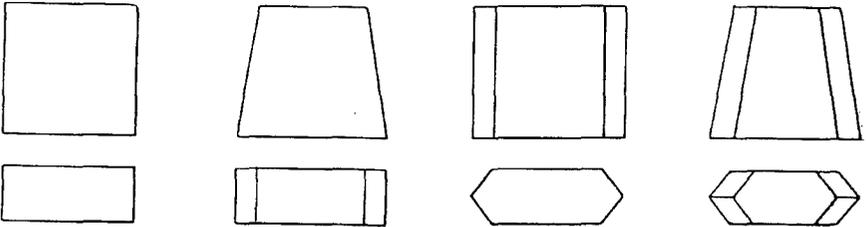


Черт. 33.—Поперечное вертикальное сѣченіе быка, ограниченнаго съ каждаго бока одною плоскостью.

Черт. 34. — Поперечное вертикальное сѣченіе быка, ограниченнаго съ каждаго бока нѣсколькими плоскостями.

($\frac{1}{15} - \frac{1}{\infty}$), причемъ сѣченіе это можетъ быть произведено съ каждой стороны

одною (черт. 33) или нѣсколькими пересѣкающимися плоскостями (черт. 34, *a* и *b*), въ зависимости отъ высоты быка и отъ его конструкціи. Голову



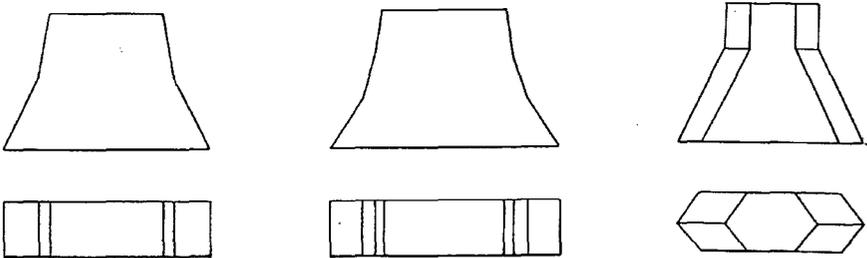
Черт. 35. — Быкъ, ограниченный спереди и сзади плоскостями, перпендикулярными къ продольной оси его.

Черт. 36. — Быкъ, ограниченный спереди и сзади плоскостями, наклонными къ продольной оси его.

Черт. 37. — Быкъ, ограниченный, какъ спереди, такъ и сзади двумя вертикальными плоскостями.

Черт. 38. — Быкъ, ограниченный, какъ спереди, такъ и сзади двумя наклонными плоскостями.

и задъ быка ограничиваютъ плоскостями, перпендикулярными къ продольной оси быка (черт. 35), наклонеными къ ней (черт. 36), двумя



Черт. 39.—Быкъ, ограниченный, какъ спереди, такъ и сзади двумя плоскостями.

Черт. 40.—Быкъ, ограниченный, какъ спереди, такъ и сзади тремя плоскостями.

Черт. 41.—Быкъ, ограниченный, какъ спереди, такъ и сзади четырьмя плоскостями.

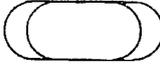
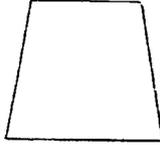
плоскостями вертикальными (черт. 37) или наклонными (черт. 38).

Иногда передней головной линіи быка даютъ ломаный видъ и тогда

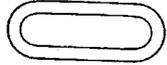
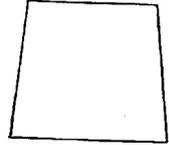
ограничение головы и зада быка может быть образовано при помощи двух (черт. 39), трех (черт. 40), четырех (черт. 41) и большого числа плоскостей.



Черт. 42.—Быкъ, ограниченный спереди и сзади вертикальными цилиндрическими поверхностями.



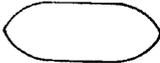
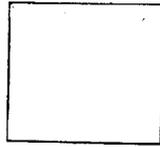
Черт. 43.—Быкъ, ограниченный спереди и сзади наклонными цилиндрическими поверхностями.



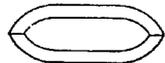
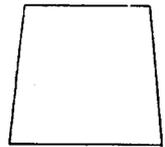
Черт. 44.—Быкъ, ограниченный спереди и сзади коническими поверхностями.

Если ограничивать голову и задъ быка поверхностями цилиндрическими вертикальными (черт. 42), наклонными (черт. 43) или коническими (черт. 44), то формы быковъ будут подобны указанным на чертежахъ.

Цилиндры и конуса, ограничивающіе голову и задъ быка могутъ быть круговыми и эллиптическими. При этомъ обыкновенно боковыя плоскости быка дѣлаются къ нимъ касательными. Иногда голову и задъ быка ограничиваютъ частями цилиндрическихъ поверхностей (черт. 45) или частями поверхностей коноида, пересекающихся между собою по передней и задней линіямъ быка (черт. 46).



Черт. 45.—Быкъ, ограниченный спереди и сзади пересекающимися между собою цилиндрическими поверхностями.



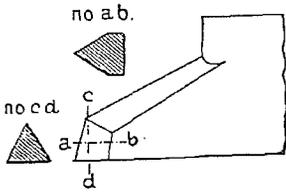
Черт. 46.—Быкъ, ограниченный спереди и сзади пересекающимися между собою поверхностями коноидовъ.

Поверхности, ограничивающія ледорѣзь.

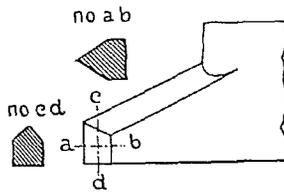
Ограничения головы ледорѣзѣа дѣлають такого же вида, какъ и головы или зада быка, т. е. ограничиваютъ ее пересекающимися плоскостями наклонными (черт. 47), вертикальными (черт. 48), поверхностями цилиндрическими вертикальными (черт. 49) и наклонными (черт. 50), коническими (черт. 51).

Въ нѣкоторыхъ частныхъ случаяхъ возможно ограничение головы ледо-

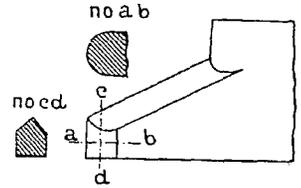
рѣза поверхностями цилиндрида ¹⁾ косою плоскости ²⁾ и конида ³⁾. Ограничение голова быка и ледорѣза могутъ въ одно и тоже время быть не



Черт. 47. — Голова ледорѣза ограничена наклонными пересекающимися плоскостями.



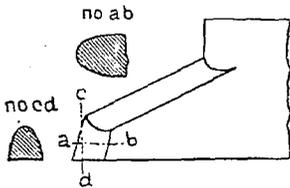
Черт. 48. — Голова ледорѣза ограничена вертикальными пересекающимися плоскостями.



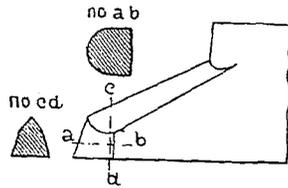
Черт. 49. — Голова ледорѣза ограничена цилиндрической вертикальной поверхностью.

одинаковыми, наприимѣръ голова быка можетъ быть ограничена конусомъ, а голова ледорѣза цилиндромъ и т. д.

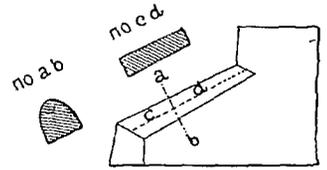
Ограничения рѣзущей части ледорѣза можетъ быть произведено двумя плоскостями пересекающимися по наклонной линіи (рѣзущее



Черт. 50. — Голова ледорѣза ограничена цилиндрической наклонной поверхностью.

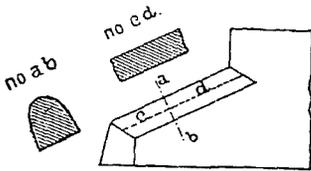


Черт. 51. — Голова ледорѣза ограничена конической поверхностью.

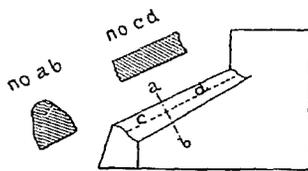


Черт. 52. — Рѣзущая часть ограничена двумя плоскостями, съ закругленнымъ пересѣченіемъ.

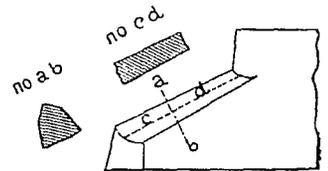
ребро), причемъ двугранный уголъ между этими плоскостями можетъ быть закругленъ цилиндрической или коническою поверхностью, каса-



Черт. 53. — Рѣзущая часть ограничена цилиндрическою поверхностью.



Черт. 54. — Рѣзущая часть ограничена коническою поверхностью.



Черт. 55. — Рѣзущая часть ограничена двумя косыми плоскостями.

тельными къ обѣимъ плоскостямъ (черт. 52), цилиндрическою поверх-

¹⁾ Цилиндромъ называется поверхность, образованная движениемъ прямой линіи по двумъ кривымъ линіямъ параллельно какой нибудь плоскости.

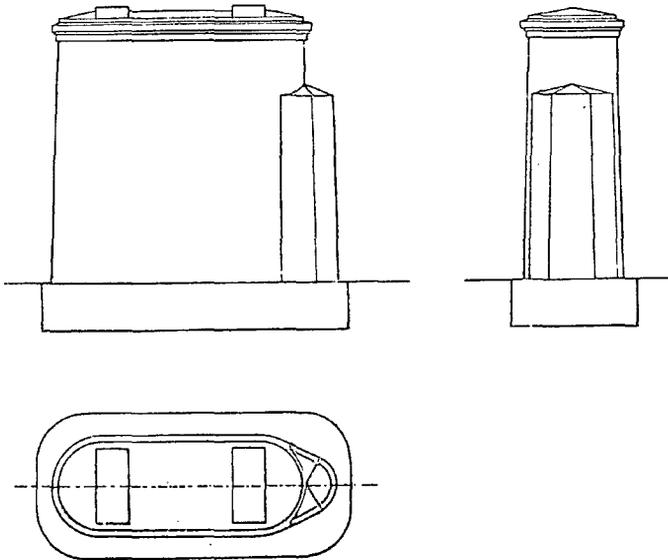
²⁾ Косою плоскостью называется поверхность, образованная движениемъ прямой линіи по двумъ прямымъ же параллельно какой нибудь плоскости.

³⁾ Коникомъ называется поверхность, образованная движениемъ прямой линіи по прямой и кривой линіямъ параллельно какой нибудь плоскости.

постью (черт. 53), конической (черт. 54). причемъ какъ цилиндры такъ и конуса могутъ быть круговыми и эллиптическими, и косыми плоскостями (гиперболическими параболоидами) (черт. 55).

Ограниченіе ядра ледорѣза зависитъ отъ формъ, ограничивающихъ головы быка и ледорѣза и бываетъ слѣдующихъ видовъ: плоскости вертикальныя и наклонныя, косыя плоскости и цилиндриды.

На рѣкахъ, гдѣ бывають сильныя колебанія горизонтовъ осеннихъ и весеннихъ водъ и горизонтовъ ледохода, при сравнительно малой силѣ послѣдняго, устраиваютъ иногда ледорѣзы слѣдующимъ образомъ (черт. 56). Голова и задъ быка ограничены конусами съ уклономъ производящихъ къ горизонту $1/35$. Боковыя поверхности представляютъ плоскости, ка-



Черт. 56. — Быкъ-ледорѣзъ моста черезъ р. Вѣлюю на Средне-Сибирской ж. дорогѣ.

сательныя къ конусамъ головы и зада. Голова ледорѣза образована конусомъ такого же уклона, что и конуса головы и зада быка. Радиусъ основанія этого конуса на плоскости H менѣе такого же у конуса головы быка; благодаря этому получается въ планѣ утоненіе быка съ передней его части. Боковыя поверхности ледорѣза представляютъ собою плоскости касательныя къ конусамъ головы быка и ледорѣза.

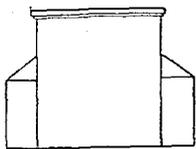
У горизонта высокихъ водъ ледорѣзъ оканчивается и сопрягается съ быкомъ шапкой, образованной отчасти конической поверхностью, соединяющей конусъ головы ледорѣза съ конусомъ головы быка, отчасти плоскостями, соединяющими боковыя плоскости ледорѣза съ вершиною упомянутаго конуса шапки.

Конечно, утоненіе быка можетъ быть образовано способами, подобными

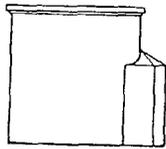
предыдущему, безъ закругленія рѣзущаго ребра. Напримѣръ, заостреніе быка можно сдѣлать двумя вертикальными плоскостями, пересѣкающими вертикальные же боковыя плоскости быка (черт. 57).

Другимъ типомъ быка-ледорѣза можетъ служить указанный на черт. 58. Боковая поверхность быка ограничена вертикальными плоскостями, касательными къ вертикальнымъ же цилиндрамъ, ограничивающимъ голову и задъ быка. Голова ледорѣза образована двумя плоскостями, касательными къ цилиндру головы и закругленными въ мѣстѣ ихъ пересѣченія цилиндрическою поверхностью меньшаго діаметра, пежели цилиндръ головы быка. Соединеніе верхней части ледорѣза съ головою быка сдѣлано при помощи особой шапки.

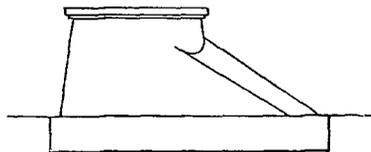
Терминологія. Если ледорѣзъ имѣетъ всѣ свои основныя части, т. е. рѣзущую часть, ядро и голову, то будемъ называть его *полнымъ ледорѣзомъ*.



Черт. 57.—Быкъ съ ледорѣзомъ, ограниченнымъ двумя вертикальными плоскостями.



Черт. 58.—Быкъ, котораго голова, равно какъ и голова ледорѣза ограничены вертикальными цилиндрическими поверхностями.



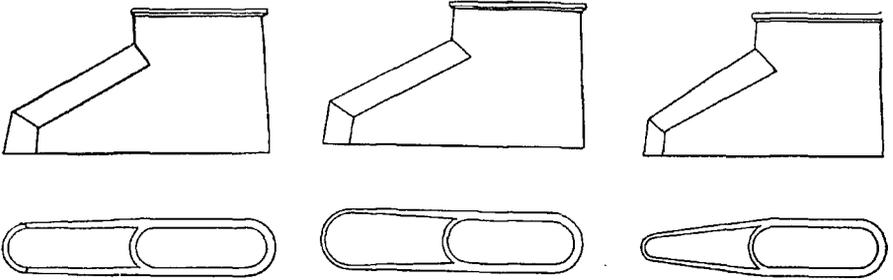
Черт. 59.—Неполный ледорѣзъ.

рѣзомъ, если же одна изъ этихъ частей отсутствуетъ, то будемъ называть его *неполнымъ ледорѣзомъ*. На черт. 19 изображенъ полный ледорѣзъ. На черт. 56, 57 и 58 изображены неполные ледорѣзы, именно здѣсь отсутствуетъ рѣзущая часть. На черт. 59 представленъ не полный ледорѣзъ, именно здѣсь не устроено головы его.

Въ зависимости отъ очертанія проекціи рѣзущей части ледорѣза, послѣдній называется различнымъ образомъ. Если проекціями боковыхъ реберъ ледорѣза служатъ линіи, параллельныя между собою, то его называютъ *ледорѣзомъ постоянной ширины* (черт. 60). Если эти проекціи идутъ отъ головы быка къ головѣ ледорѣза, расходясь одна отъ другой, то ледорѣзъ называется *уширяющимся или американскимъ*, (черт. 61) и, наконецъ, если проекціи боковыхъ реберъ по направленію отъ головы быка къ головѣ ледорѣза идутъ, сходясь другъ къ другу, то ледорѣзъ называется *суживающимся или обыкновеннымъ* (черт. 62).

При этомъ слѣдуетъ отличать отъ этихъ терминовъ *быкъ-ледорѣзъ съ*

основаніемъ постоянной ширины (черт. 60, 61), каковымъ онъ называется тогда, когда въ планѣ быкъ съ ледорѣзомъ представляютъ прямоуголь-

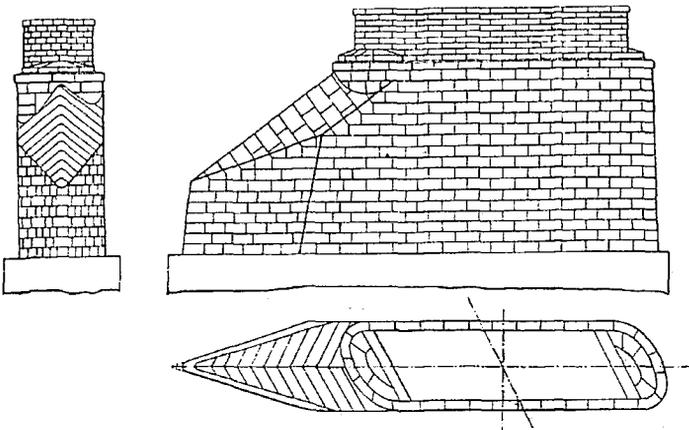


Черт. 60. — Ледорѣзъ постоянной ширины.

Черт. 61. — Ледорѣзъ уширяющійся (американскій).

Черт. 62. — Ледорѣзъ суживающійся (обыкновенный).

никъ съ закругленными, или съ заостренными концами и *быкъ-ледорѣзъ*, съ основаніемъ не постоянной ширины, что бываетъ, когда ширина основанія головы быка болѣе ширины основанія головы ледорѣза (черт. 62).



Черт. 63. — Несимметричный ледорѣзъ.

Такимъ образомъ у каждого изъ только что упомянутыхъ двухъ типовъ быковъ-ледорѣзовъ могутъ быть ледорѣзы всѣхъ трехъ вышеупомянутыхъ категорій.

Помимо видовъ ледорѣзовъ, ограниченныхъ тѣми или иными поверхностями и тѣмъ или инымъ способомъ, еще различаютъ *ледорѣзы симметричные* относительно вертикальной продольной плоскости (V) быка и *ледорѣзы несимметричные* относительно этой плоскости (черт. 63). Последніе устраиваются иногда въ томъ случаѣ, когда ось моста не перпендикулярна къ вертикальной продольной плоскости (V) быка.

ГЛАВА ШЕСТАЯ.

Правила построения наружной формы каменных ледорѣзовъ (графическій методъ).

Возможность образования той или иной формы.—Примѣры плавнаго очертанія поверхности ледорѣза. — Теоремы, относящіяся къ построению различныхъ формъ ледорѣзовъ. — Возможныя комбинаціи и виды поверхностей, ограничивающихъ ледорѣзъ. — Выборъ формы ледорѣза. — Примѣры построения геометрическихъ формъ ледорѣза. — Примѣры I, II, III, IV, V, VI, VII.—Точность графическаго способа опредѣленія размѣровъ ледорѣза.

Возможность образования той или иной формы.

Прежде чѣмъ показать способъ начертанія той или иной формы ледорѣза, рассмотримъ возможность ихъ образования сообразно съ условіями заданія и рациональнаго проектированія.

Часть камня, наиболѣе способная подвергаться разрушенію, представляетъ собою уголь или ребро его. При этомъ, чѣмъ двугранный или многогранный уголь камня острѣе, тѣмъ вѣроятность разрушенія больше. Поэтому, если поставить условіемъ проектированія ледорѣза по возможности меньшее количество камней выступающихъ на поверхность ледорѣза углами, то изъ этого вытекаетъ необходимость подчиняться при выборѣ той или другой поверхности нѣкоторымъ правиламъ. Пояснимъ сказанное частными примѣрами.

Примѣры плавнаго очертанія поверхности ледорѣза.

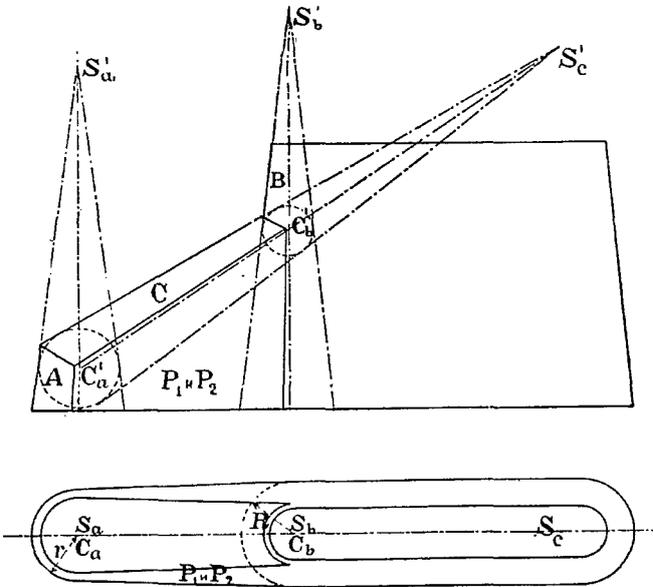
Примѣръ 1-й. Пусть даны слѣдующія условія проектированія.

Головы быка и ледорѣза ограничены подобными и подобно расположенными круговыми прямыми конусами, причемъ оси конусовъ перпендикулярны къ основанію быка. Пусть радіусъ основанія конуса A (черт. 64), ограничивающаго голову ледорѣза, будетъ r , а ограничивающаго голову быка — R , причемъ $r < R$. Пусть кромѣ того рѣзущая часть ледорѣза должна быть ограничена конической поверхностью, причемъ ледорѣзъ предполагается уширяющимся. Въ этомъ случаѣ вершина конуса C рѣзущей части будетъ справа.

Если теперь задано условіе, что нигдѣ, кромѣ переходныхъ линій ледорѣза, камни не должны имѣть никакихъ угловъ, выходящихъ на поверхность, то единственнымъ рѣшеніемъ вопроса является проведеніе плоскостей, касательныхъ къ конусамъ A , B , и C . Эти плоскости будутъ ограничивать боковыя поверхности ледорѣза.

Чтобы провести плоскость P_1 , касательную одновременно къ кону-

самъ A и C , необходимо, чтобы послѣдніе были описаны вокругъ одного и того же шара, центръ котораго C_a долженъ лежать на пересѣченіи осей $S_a C_a$ и $S_c C_a$ этихъ конусовъ. Точно также для того, чтобы провести плоскость P_2 , касательную одновременно къ конусамъ B и C необходимо, чтобы послѣдніе были описаны вокругъ шара, центръ котораго C_b долженъ лежать на пересѣченіи осей $S_b C_b$ и $S_c C_a$. Плоскости P_1 и P_2 совпадутъ другъ съ другомъ, такъ какъ, если бы мы провели нѣкоторую третью плоскость P_3 , касательную къ конусамъ A и B , то она была бы



Черт. 64. — Быкъ-ледорѣзъ. Головы ледорѣза и быка и рѣзущая часть ограничены коническими поверхностями.

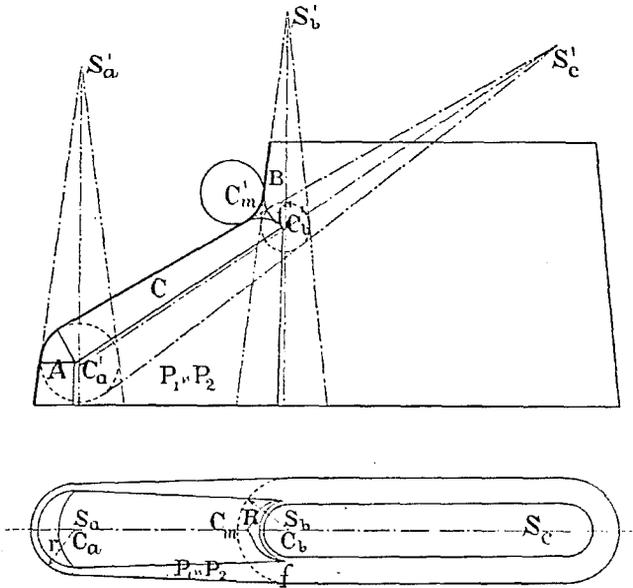
касательной и къ двумъ шарамъ, вписаннымъ въ эти конуса и, слѣдовательно, касалась бы и конуса C , описаннаго вокругъ этихъ же шаровъ.

Если бы конуса A и B были не подобны другъ другу и не подобно расположены, то удовлетворить заданному условію, именно избѣжать угловъ на поверхности камней, за исключеніемъ переходныхъ линий, было бы невозможно, такъ какъ тогда плоскость, касательная къ конусамъ A и C не совпала бы съ плоскостью, касательною къ B и C . Обѣ плоскости пересѣкались бы по нѣкоторой прямой, и такимъ образомъ на боковой поверхности ледорѣза образовался бы двугранный уголъ. Можно было бы въ этомъ случаѣ ограничить боковую поверхность ледорѣза косою плоскостью, но тогда образовались бы углы по боковымъ ребрамъ ледорѣза, каковыя образуются какъ линіи сѣченія конуса C съ косыми плоскостями.

Примѣръ 2-й. Рассмотримъ поверхность ледорѣза, на которой не было бы совсѣмъ ни выступающихъ ни входящихъ угловъ камней.

Таковая форма можетъ быть получена изъ формы указанной въ примѣрѣ первомъ (черт. 64), сдѣлавъ въ ней слѣдующія измѣненія. Откинемъ части двухъ конусовъ A и C , пересекающіяся по нижней переходной линіи и замѣнимъ ихъ поверхностью шара, заключенною между двумя кругами касанія съ нимъ конусовъ A и C (черт. 65).

Что же касается до верхней переходной кривой, то тутъ плавный переходъ отъ поверхности ледорѣза къ поверхности быка можно сдѣлать



Черт. 65. — Поверхность ледорѣза безъ выступающихъ и входящихъ угловъ.

при помощи поверхности, образованной шаромъ C_m произвольнаго радиуса, касательнымъ къ конусамъ B и C съ внешней стороны и катящимся по нимъ до общей точки F касанія конусовъ B и C съ внутреннимъ шаромъ C_b .

Конечно нѣтъ особенной необходимости въ плавномъ сопряженіи верхней части ледорѣза съ головою быка, и это можетъ быть вызвано лишь эстетическими требованіями; такъ какъ здѣсь затрудняется обтеска камней, между тѣмъ какъ входящіе углы камней, каковыя встрѣчаются въ обычномъ соединеніи по верхней переходной кривой, не представляютъ никакой опасности въ смыслѣ сопротивленія механическими усилиями. Единственно, что говорило бы въ пользу упомянутаго плавнаго соединенія, это уменьшеніе поверхности камней, подверженной вредному вліянію атмосферы.

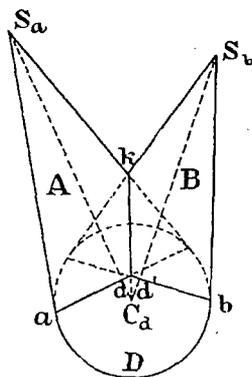
Приведемъ теперь нѣсколько теоремъ, которыя послужатъ для руководства въ дальнѣйшемъ при построении различныхъ формъ ледорѣзовъ.

Теоремы, относящіяся къ построению различныхъ формъ ледорѣзовъ.

Теорема 1. *Къ двумъ поверхностямъ второго порядка, описаннымъ около одной и той же поверхности второго порядка, можно въ общемъ случаѣ провести двѣ общія касательныя плоскости.*

Доказательство. Пусть двѣ поверхности второго порядка A и B (черт. 66) описаны вокругъ одной и той же поверхности второго порядка D . Назовемъ линію касанія A съ D черт. 66) черезъ add' и B съ D черезъ bdd' . Въ общемъ случаѣ кривыя add' и bdd' могутъ пересѣчься въ двухъ точкахъ d и d' ¹⁾.

Черезъ точку d проходятъ въ общемъ случаѣ²⁾ кривыя линіи второго порядка: производящая $S_a d$ поверхности A и производящая $S_b d$ поверхности B . Обѣ эти производящія касаются поверхности D . Если проведемъ черезъ точку d прямыя соответственно касательныя къ производящимъ $S_a d$ и $S_b d$, то плоскость P проведенная черезъ эти прямыя, будетъ касаться поверхности D . Въ то же время черезъ точку d можно провести только одну плоскость R , касательную къ поверхностямъ D и A и только одну— R' —касательную къ поверхностямъ D и B . Такъ какъ въ точкѣ D можно провести къ поверхности D только одну касательную плоскость, то, очевидно плоскости P , R и R' совпадутъ другъ съ другомъ. Тѣ же самыя разсужденія можно повторить и относительно точки d' .



Черт. 66.—Къ теоремѣ 1-й.

Теорема 2³⁾. *Всякія двѣ поверхности второго порядка, имѣющія двойное соприкосновеніе⁴⁾, пересѣкаются между собою по двумъ линіямъ второго порядка.*

Доказательство. Пусть d и d' суть точки соприкосновенія поверхностей (черт. 66) и k —какая-нибудь точка линіи ихъ пересѣченія. Плоскость, проходящая черезъ эти три точки пересѣчетъ обѣ поверхности

¹⁾ Исключеніе представляютъ: вершина конуса и безконечно удаленныя точки производящихъ цилиндра, около которыхъ описаны поверхности второго порядка.

²⁾ На черт. 66 разсмотрѣнъ частный случай касанія двухъ конусовъ къ шару.

³⁾ Аналитическая геометрія Андреева, стр. 248.

⁴⁾ Соприкасающимися по какой-либо линіи поверхностями называются такія, которыя во всѣхъ точкахъ этой линіи имѣютъ общія касательныя плоскости. Если поверхности соприкасаются въ двухъ точкахъ, то соприкосновеніе называется двойнымъ.

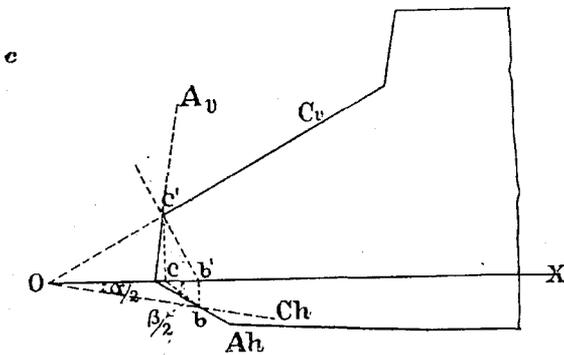
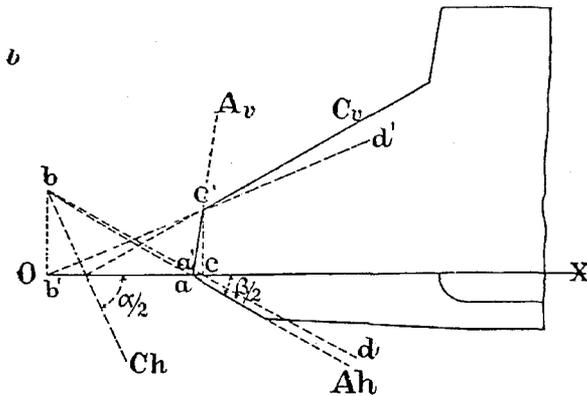
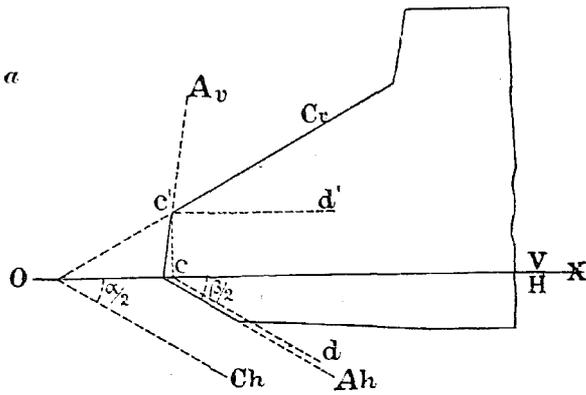
по двумъ линиямъ второго порядка, имѣющимъ три общія точки d , d' и k и въ двухъ изъ нихъ d и d' — общія касательныя. Такія линии, какъ

известно изъ аналитической геометріи, совпадаютъ другъ съ другомъ.

Заключение. Такъ какъ линия свѣченія поверхностей второго порядка имѣющихъ двойное соприкосновение есть кривая плоская, то, если плоскость этой кривой перпендикулярна къ плоскости проекцій V , что проекціей кривой является линия прямая. На черт. 64 представлена вертикальная проекція схемы поверхностей, ограничивающихъ ледорѣзъ и голову быка, при чемъ конусъ, ограничивающій рѣжущую часть ледорѣза описанъ около двухъ шаровъ, соответственно вписанныхъ въ конуса головы быка и ледорѣза. Плоскость осей конусовъ совпадетъ съ плоскостью проекціи V .

Теорема 3. Если голова и рѣжущая часть ледорѣза ограничены плоскостями, то линия свѣченія этихъ плоскостей, находящихся по одну сторону плоскости проекцій V будетъ линія: 1) горизонтальная (черт. 67, а), если уголъ α между горизонтальными следами плоскостей рѣжущей части равенъ углу

β — между таковыми головы ледорѣза, 2) наклонная вверхъ отъ нижней точки рѣжущаго ребра къ головѣ быка, если $\alpha > \beta$ (черт. 67, б) и 3) наклонная внизъ отъ этой точки, если $\alpha < \beta$ (черт. 67, в).



Черт. 67. — Къ теоремѣ 3-й.

Доказательство. 1) Пусть A — передняя (передь Y) плоскость головы ледорѣза и C — таковая же плоскость рѣзущей части (черт. 67, a) Плоскости A и C заданы ихъ слѣдами Av, Ah и Cv, Ch .

Такъ какъ $\angle \alpha = \angle \beta$, то и $Ah \parallel Ch$. Слѣдовательно линия сѣченія CD плоскостей A и C , проходящихъ черезъ двѣ параллельныя и горизонтальныя линіи Ah и Ch будетъ параллельна имъ, слѣд., горизонтальна, а ея вертикальная проекція $c'd'$ будетъ параллельна оси OX .

2) Пусть $\angle \alpha > \angle \beta$ (черт. 67, b). Въ этомъ случаѣ, какъ видно изъ чертежа, слѣды Ah и Ch пересѣкутся въ точкѣ B лежащей на плоскости H влѣво отъ точки A ; поэтому линія AC пойдетъ отъ точки A подымаясь къ головѣ быка.

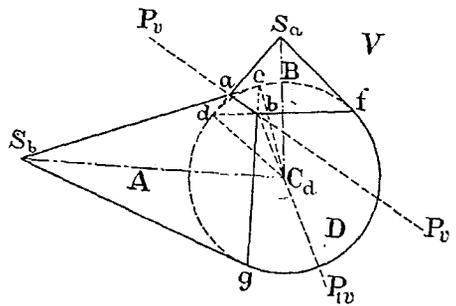
3) Пусть $\angle \alpha < \angle \beta$ (черт. 67, c). Въ этомъ случаѣ, какъ видно изъ чертежа, слѣды Ah и Ch пересѣкутся въ точкѣ B , лежащей на плоскости H вправо отъ точки A ; поэтому линія CD пойдетъ отъ точки C опускаясь къ головѣ быка.

Теорема 4. *Прямая линія, касательная къ двумъ пересѣкающимся поверхностямъ и проходящая черезъ одну изъ точекъ линіи ихъ сѣченія, будетъ касательна къ этой послѣдней.*

Доказательство. Пусть двѣ какія-либо поверхности A и B пересѣкаются по нѣкоторой кривой линіи ab . Проведемъ черезъ какую-нибудь точку a этой линіи двѣ плоскости, соответственно касательныя къ поверхностямъ A и B . Эти плоскости пересѣкутся по нѣкоторой прямой, которая будетъ касательна къ обѣимъ поверхностямъ и, слѣдовательно, будетъ касательна и къ линіи ихъ сѣченія.

Теорема 5. *Если два конуса описаны вокругъ одного и того же шара, то плоскость кривой сѣченія поверхностей этихъ конусовъ въ общемъ случаѣ не проходитъ черезъ центръ шара.*

Доказательство. Пусть два конуса A и B (черт. 68) описаны вокругъ одного и того же шара D . Расположимъ всю систему такъ, чтобы плоскость осей $S_a C_a$ и $S_b C_a$ конусовъ совпадала съ плоскостью проекцій V . Тогда плоскость P кривой ab сѣченія поверхностей конусовъ будетъ проектироваться на плоскости V въ видѣ одной прямой Pv . Такъ какъ въ общемъ случаѣ производящія конуса A наклонены къ оси его подъ угломъ не равнымъ таковому же между осью и производящими конуса B , то и диаметры cg и df круговъ касанія конусовъ съ шаромъ D не



Черт. 68. — Къ теоремѣ 5-й.

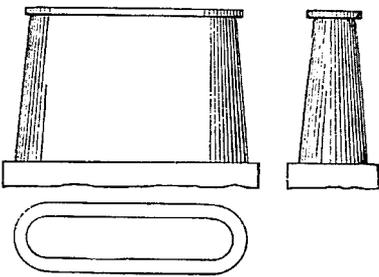
равны между собою. Предположимъ, что слѣдь Pv пройдетъ черезъ центръ C_a шара D и займетъ положеніе abC_a (P, v). Тогда прямая abC_a будетъ биссектрисою угла $dC_a c$ т. е. уголъ $dC_a b$ будетъ равенъ углу $cC_a b$, гдѣ b — есть точка пересѣченія круговъ касанія. Разматривая треугольники $dC_a b$ и $cC_a b$, видимъ, что они равны между собою, такъ какъ стороны dC_a и bC_a и уголъ $dC_a b$ между ними соответственно равны двумъ сторонамъ cC_a и bC_a и углу между ними $bC_a c$ другого. Слѣдовательно $db = bc$. По теоремѣ «двѣ хорды, пересѣкающіяся внутри круга, дѣлятся на части обратно пропорціональныя» слѣдуетъ, что и $bg = bf$. Слѣдовательно $db + bf = cb + bg$ или $df = cg$ — что противорѣчитъ сдѣланному нами предположенію. Слѣдовательно Pv не проходитъ черезъ точку C_a или плоскость P не проходитъ черезъ центръ C_a шара.

Примѣчаніе 1. Изъ теоремы 5-й слѣдуетъ, что плоскость P пройдетъ черезъ центръ шара въ томъ случаѣ, если у обоихъ конусовъ углы наклона производящихъ къ оси одинаковы.

Примѣчаніе 2. Такъ какъ цилиндръ есть частный случай конуса, то теорема 5 распространяется на случай двухъ цилиндровъ и цилиндра съ конусомъ.

Возможныя комбинаціи и видъ поверхностей, ограничивающихъ ледорѣзъ.

Разсмотримъ теперь возможныя комбинаціи и видъ поверхностей, ограничивающихъ ледорѣзъ, причемъ ледорѣзъ будемъ предполагать полнымъ и симметричнымъ. Кромѣ того поставимъ условіемъ, чтобъ нигдѣ на поверхности ледорѣза не встрѣчалось плоскостей, нормальныхъ къ направленію теченія, т. е. нормальныхъ къ плоскости V , чтобы ледорѣзъ по горизонтальному направленію отъ головы его къ головы быка нигдѣ не утолнялся и не имѣлъ камней съ входящими углами или съ вогнутыми гранями¹⁾ и чтобы боковыя ребра ледорѣза были линиями прямыми. При такихъ условіяхъ возможныя, но не необходимыя комбинаціи, и



Черт. 69. — Типъ быка, принятый при составленіи таблицы 16 возможныхъ формъ ледорѣзовъ.

виды поверхностей ледорѣзовъ сгруппированы въ нижеслѣдующей табл. 16, гдѣ показаны формы боковыхъ поверхностей ледорѣза при различномъ заданіи формъ его головы и рѣжущей части, при чемъ самый быкъ при-

¹⁾ За исключеніемъ верхней переходной линіи.

Таблица 16.

Возможныя формы каменныхъ ледорѣзовъ.

Ледорѣзы съ основаніемъ постоянной ширины равной ширинѣ основанія быка.

Форма рѣ- зущей части. Форма головы ледорѣза.	Рѣзущая часть постоянной ширины (ледорѣзы постоянной ширины).				Рѣзущая часть упрящаяся (ледорѣзы упрящиея).						Рѣзущая часть суживающаяся (ледорѣзы суживающіея).			
	Дѣл пересѣкающіея плоскости.	Круговой цилиндр ¹⁾ .	Эллиптической цилиндр.	Косая плоскость ²⁾ .	Дѣл пересѣкающіея плоскости.	Конусъ круговой касательной къ боковымъ гранямъ ¹¹⁾ .	Конусъ круговой пересѣкающей боковыя грани.	Конусъ эллиптической касательной къ боковымъ гранямъ.	Конусъ эллиптической пересѣкающей боковыя грани.	Косая плоскость.	Дѣл пересѣкающіея плоскости.	Конусъ круговой.	Конусъ эллиптической.	Косая плоскость.
Дѣл вертикальныя плоскости. 	Косая плоскость ³⁾ . Ф. I. 1	Ф. I. 11	Ф. I. 21	Плоскость ²⁾ . Ф. III. 31	Ф. III. 41	Ф. III. 51	Ф. III. 61	Ф. III. 71	Ф. III. 81	Ф. III. 91	Косая плоскость и конусъ у головы быка ¹²⁾ . Ф. V. 101	Ф. V. 111	Ф. V. 121	Ф. V. 131
Дѣл наклонныя плоскости. 	Ф. I. 2	Ф. I. 12	Ф. I. 22	Ф. III. 32	Ф. III. 42	Ф. III. 52	Ф. III. 62	Ф. III. 72	Ф. III. 82	Ф. III. 92	Ф. V. 102	Ф. V. 112	Ф. V. 122	Ф. V. 132
Цилиндръ круговой прямой. 	Косая плоскость, а у головы ледорѣза и быка конусъ ⁴⁾ . Ф. II. 3	Ф. II. 13	Ф. II. 23	Плоскость, а у головы ледорѣза конусъ ¹⁰⁾ . Ф. IV или Ф. III. 33	Ф. IV или Ф. III. 43	Ф. IV или Ф. III. 53	Ф. IV или Ф. III. 63	Ф. IV или Ф. III. 73	Ф. IV или Ф. III. 83	Ф. IV или Ф. III. 93	Ф. II ¹³⁾ . 103	Ф. II. 113	Ф. II. 123	Ф. II. 133
Цилиндръ круговой наклонный. 	Ф. II. 4	Ф. II. 14	Ф. II. 24	Ф. IV или Ф. III. 34	Ф. IV или Ф. III. 44	Ф. IV или Ф. III. 54	Ф. IV или Ф. III. 64	Ф. IV или Ф. III. 74	Ф. IV или Ф. III. 84	Ф. IV или Ф. III. 94	Ф. II. 104	Ф. II. 114	Ф. II. 124	Ф. II. 134
Цилиндръ эллиптической прямой. 	Ф. II. 5	Ф. II. 15	Ф. II. 25	Ф. IV или Ф. III. 35	Ф. IV или Ф. III. 45	Ф. IV или Ф. III. 55	Ф. IV или Ф. III. 65	Ф. IV или Ф. III. 75	Ф. IV или Ф. III. 85	Ф. IV или Ф. III. 95	Ф. II. 105	Ф. II. 115	Ф. II. 125	Ф. II. 135
Цилиндръ эллиптической наклонный. 	Ф. II. 6	Ф. II. 16	Ф. II. 26	Ф. IV или Ф. III. 36	Ф. IV или Ф. III. 46	Ф. IV или Ф. III. 56	Ф. IV или Ф. III. 66	Ф. IV или Ф. III. 76	Ф. IV или Ф. III. 86	Ф. IV или Ф. III. 96	Ф. II. 106	Ф. II. 116	Ф. II. 126	Ф. II. 136
Конусъ круговой прямой: $\alpha_a = \alpha_b$ ¹⁾ . 	Ф. II. 7	Ф. II. 17	Ф. II. 27	Ф. III. 37	Ф. III. 47	Ф. III. 57	Ф. III. 67	Ф. III. 77	Ф. III. 87	Ф. III. 97	Ф. II. 107	Ф. II. 117	Ф. II. 127	Ф. II. 137
Конусъ круговой прямой: $\alpha_a < \alpha_b$ 	Ф. II. 8	Ф. II. 18	Ф. II. 28	Ф. II. 38	Ф. I. 48	Невозможно. 58	Ф. I или Ф. III. 68	Невозможно. 78	Ф. I или Ф. II. 88	Ф. I или Ф. II. 98	Ф. II. 108	Ф. II. 118	Ф. II. 128	Ф. II. 138
Конусъ эллиптической ¹⁾ прямой: $\alpha_a = \alpha_b$ ²⁾ . 	Ф. II. 9	Ф. II. 19	Ф. II. 29	Ф. III. 39	Ф. III. 49	Ф. III. 59	Ф. III. 69	Ф. III. 79	Ф. III. 89	Ф. III. 99	Ф. II. 109	Ф. II. 119	Ф. II. 129	Ф. II. 139
Конусъ эллиптической ¹⁾ прямой: $\alpha_a < \alpha_b$. 	Ф. II. 10	Ф. II. 20	Ф. II. 30	Ф. II. 40	Ф. II. 50	Невозможно. 60	Ф. I или Ф. III. 70	Невозможно. 80	Ф. I или Ф. II. 90	Ф. I или Ф. II. 100	Ф. II. 110	Ф. II. 120	Ф. II. 130	Ф. II. 140

Въ таблицѣ 16 не указаны примѣры формъ ледорѣза въ случаѣ, если быкъ будетъ имѣть другое очертаніе согласно ранѣе указаннымъ. Эти формы быковъ представляютъ

¹⁾ Черезъ α_a обозначенъ уголъ между производящими и осью конуса А головы ледорѣза, а черезъ α_b — тотъ же уголъ у конуса В головы быка.

²⁾ Здѣсь черезъ α_a обозначенъ уголъ, между боковымъ головнымъ ребромъ ледорѣза и осью конуса А.

³⁾ Условимся эту форму боковой поверхности ледорѣза обозначать Ф. I.

⁴⁾ Условимся эту форму боковой поверхности ледорѣза обозначать Ф. II.

⁵⁾ Въ этомъ случаѣ цилиндръ задается тремя параллельными линіями: рѣзущей и двумя боковыми, причемъ послѣднія касательны къ конусу головы быка.

⁶⁾ Во избѣжаніе входящихъ угловъ по боковымъ ребрамъ необходимо, чтобы плоскости, касательныя по нимъ, къ цилиндру не пересѣкали бы горизонтальныхъ слѣдовъ боковыхъ поверхностей ледорѣза и проходили бы внѣ ядра ледорѣза.

⁷⁾ Формы возможны лишь въ томъ случаѣ, пока разстояніе бокового ребра до оси конуса А не будетъ \leq радиусу круга горизонтальнаго сѣченія конуса головы ледорѣза въ мѣстѣ наименьшаго удаленія этихъ линій.

Ледорѣзы съ основаніемъ суживающимся отъ головы быка къ головѣ ледорѣза.

Рѣзущая часть постоянной ширины (ледорѣзы постоянной ширины).						Рѣзущая часть уширяющаяся (ледорѣзы уширяющіеся).						Рѣзущая часть суживающаяся (ледорѣзы суживающіеся).					
Двѣ пересѣкающіяся плоскости.	Цилиндръ круговой касательный къ боковымъ гранямъ.	Цилиндръ круговой пересѣкающій боковыя грани.	Цилиндръ эллиптической касательный къ боковымъ гранямъ.	Цилиндръ эллиптической пересѣкающій боковыя грани.	Косая плоскость.	Двѣ пересѣкающіяся плоскости.	Конусъ круговой касательный къ боковымъ гранямъ.	Конусъ круговой пересѣкающій боковыя грани.	Конусъ эллиптической касательный къ боковымъ гранямъ.	Конусъ эллиптической пересѣкающій боковыя грани.	Косая плоскость.	Двѣ пересѣкающіяся плоскости.	Конусъ круговой касательный къ боковымъ гранямъ.	Конусъ круговой пересѣкающій боковыя грани.	Конусъ эллиптической касательный къ боковымъ гранямъ.	Конусъ эллиптической пересѣкающій боковыя грани.	Косая плоскость.
Ф. III ⁹⁾ или Ф. V. 141	Ф. III. 151	Ф. V. 161	Ф. III. 171	Ф. V. 181	Ф. V. 191	Ф. III. 201	Ф. III. 211	Ф. III. 221	Ф. III. 231	Ф. III. 241	Косая плоскость. 251	Ф. III. 261	Ф. III. 271	Ф. III. 281	Ф. III. 291	Ф. III. 301	Ф. III. 311
Ф. III или Ф. V. 142	Ф. III. 152	Ф. V. 162	Ф. III. 172	Ф. V. 182	Ф. V. 192	Ф. III. 202	Ф. III. 212	Ф. III. 222	Ф. III. 232	Ф. III. 242	Ф. III. 252	Ф. III. 262	Ф. III. 272	Ф. III. 282	Ф. III. 292	Ф. III. 302	Ф. III. 312
Ф. III или Ф. II. 143	Ф. III или Ф. IV. 153	Ф. II. 163	Ф. III или Ф. IV. 173	Ф. II. 183	Ф. II. 193	Ф. III или Ф. IV. 203	Ф. III или Ф. IV. 213	Ф. III или Ф. IV. 223	Ф. III или Ф. IV. 233	Ф. III или Ф. IV. 243	Ф. III или Ф. IV. 253	Ф. III или Ф. IV. 263	Ф. III или Ф. IV. 273	Ф. III или Ф. IV. 283	Ф. III или Ф. IV. 293	Ф. III или Ф. IV. 304	Ф. III или Ф. IV. 313
Ф. III или Ф. II. 144	Ф. III или Ф. IV. 154	Ф. II. 164	Ф. III или Ф. IV. 174	Ф. II. 184	Ф. II. 194	Ф. III или Ф. IV. 204	Ф. III или Ф. IV. 214	Ф. III или Ф. IV. 224	Ф. III или Ф. IV. 234	Ф. III или Ф. IV. 244	Ф. III или Ф. IV. 254	Ф. III или Ф. IV. 264	Ф. III или Ф. IV. 274	Ф. III или Ф. IV. 284	Ф. III или Ф. IV. 294	Ф. III или Ф. IV. 305	Ф. III или Ф. IV. 314
Ф. III или Ф. II. 145	Ф. III или Ф. IV. 155	Ф. II. 165	Ф. III или Ф. IV. 175	Ф. II. 185	Ф. II. 195	Ф. III или Ф. IV. 205	Ф. III или Ф. IV. 215	Ф. III или Ф. IV. 225	Ф. III или Ф. IV. 235	Ф. III или Ф. IV. 245	Ф. III или Ф. IV. 255	Ф. III или Ф. IV. 265	Ф. III или Ф. IV. 275	Ф. III или Ф. IV. 285	Ф. III или Ф. IV. 295	Ф. III или Ф. IV. 306	Ф. III или Ф. IV. 315
Ф. III или Ф. II. 146	Ф. III или Ф. IV. 156	Ф. II. 166	Ф. III или Ф. IV. 176	Ф. II. 186	Ф. II. 196	Ф. III или Ф. IV. 206	Ф. III или Ф. IV. 216	Ф. III или Ф. IV. 226	Ф. III или Ф. IV. 236	Ф. III или Ф. IV. 246	Ф. III или Ф. IV. 256	Ф. III или Ф. IV. 266	Ф. III или Ф. IV. 276	Ф. III или Ф. IV. 286	Ф. III или Ф. IV. 296	Ф. III или Ф. IV. 307	Ф. III или Ф. IV. 316
Ф. III или Ф. II. 147	Ф. III или Ф. IV. 157	Ф. II. 167	Ф. III или Ф. IV. 177	Ф. II. 187	Ф. II. 197	Ф. III или Ф. IV. 207	Ф. III. 217	Ф. III. 227	Ф. III. 237	Ф. III. 247	Ф. III. 257	Ф. III. 267	Ф. III. 277	Ф. III. 287	Ф. III. 297	Ф. III. 308	Ф. III. 317
Ф. II. 148	Ф. III или Ф. IV. 158	Ф. II. 168	Ф. III или Ф. IV. 178	Ф. II. 188	Ф. II. 198	Ф. II. 208	Ф. II. 218	Ф. II. 228	Ф. II. 238	Ф. II. 248	Ф. II. 258	Ф. II. 268	Ф. II. 278	Ф. II. 288	Ф. II. 298	Ф. II. 308	Ф. II. 318
Ф. III или Ф. II. 149	Ф. III или Ф. IV. 159	Ф. II. 169	Ф. III или Ф. IV. 179	Ф. II. 189	Ф. II. 199	Ф. II. 209	Ф. III. 219	Ф. III. 229	Ф. III. 239	Ф. III. 249	Ф. III. 259	Ф. III. 269	Ф. III. 279	Ф. III. 289	Ф. III. 299	Ф. III. 309	Ф. III. 319
Ф. II. 150	Ф. III или Ф. IV. 160	Ф. II. 170	Ф. III или Ф. IV. 180	Ф. II. 190	Ф. II. 200	Ф. II. 210	Ф. II. 220	Ф. II. 230	Ф. II. 240	Ф. II. 250	Ф. II. 260	Ф. II. 270	Ф. II. 280	Ф. II. 290	Ф. II. 300	Ф. II. 310	Ф. II. 320

лишь частные случаи выбраннаго нами въ таблицѣ 16. Въ дальнѣйшемъ нами будетъ приведенъ примѣръ образованія формъ ледорѣза и для одной изъ другихъ формъ.

⁸⁾ Условимся эту форму боковой поверхности ледорѣза обозначать Ф. III.

⁹⁾ Въ случаѣ примѣненія косой плоскости углы ω_1 и ω_2 , опредѣляющіе ее положеніе (см. дальше примѣръ IV стр. 86), должны быть выбраны такъ, чтобы линіи соединяющія точки пересѣченія сторонъ угловъ ω_1 и ω_2 съ боковыми плоскостями ледорѣза, были бы прямыми горизонтальными (для возможности образованія формъ III и IV).

¹⁰⁾ Условимся эту форму боковой поверхности ледорѣза обозначать Ф. IV.

¹¹⁾ Конусъ задается рѣзущей линіей и двумя другими, касательными къ конусу головы быка.

¹²⁾ Условимся эту форму боковой поверхности ледорѣза обозначать Ф. V.

¹³⁾ Въ случаѣ, если рѣзущее ребро параллельно линіи сѣченія боковыхъ плоскостей.

пять наиболѣе обычной формы, т. е. ограниченнымъ съ боковъ плоскостями наклонными, а съ головы и зада коническими поверхностями, касательными къ боковымъ плоскостямъ (черт. 69).

Выборъ формы ледорѣза. Относительно выбора той или другой формы ледорѣза замѣтимъ слѣдующее.

Сдѣлаемъ два горизонтальныхъ сѣченія рѣзущей части ледорѣза на разной высотѣ (черт. 70). Здѣсь возможны слѣдующія комбинаціи формъ горизонтальныхъ сѣченій:

1) Если рѣзущая часть ограничена двумя пересѣкающимися плоскостями и при этомъ а) если двугранный уголъ между ними не закругленъ, то уголъ образованный прямыми сѣченіями въ нижней горизонтальной плоскости, будетъ равенъ таковому же въ верхнемъ сѣченіи (черт. 70а); б) если двугранный уголъ между плоскостями рѣзущей части закругленъ поверхностью цилиндрическою, то кривыя горизонтальныхъ сѣченій какъ нижняя такъ и верхняя будутъ имѣть одинаковую кривизну (черт. 70б); в) если двугранный уголъ будетъ закругленъ поверхностью конической, уширяющейся отъ головы быка къ головѣ ледорѣза, то радіусъ кривизны нижней кривой сѣченія будетъ больше такового же верхней кривой (черт. 70в); г) если же эта коническая поверхность будетъ суживаться, то радіусъ кривизны нижней кривой будетъ меньше такового же верхней кривой (черт. 70г).

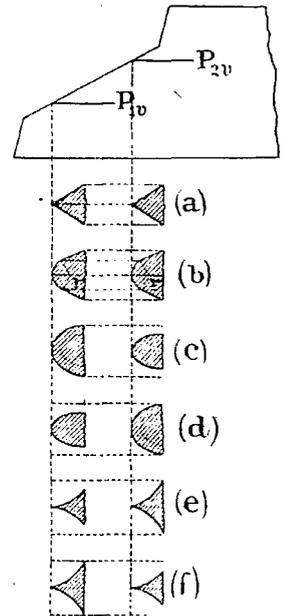
2) Если рѣзущая часть образована поверхностью цилиндрическою, то форма горизонтальныхъ сѣченій будетъ аналогична съ вышеупомянутыми (комбинація 1б).

3) Если рѣзущая часть образована поверхностью конической уширяющейся или суживающейся, то форма горизонтальныхъ сѣченій будетъ аналогична съ формами (1, в и г).

4) Если рѣзущая часть образована двумя косыми плоскостями, то здѣсь уголъ между кривыми нижняго сѣченія можетъ быть меньше или больше такового же въ верхнемъ сѣченіи въ зависимости отъ заданія косыхъ плоскостей (черт. е и ф).

Разсмотримъ теперь дѣйствіе удара льдины при той или иной поверхности рѣзущей части.

Предположимъ что скорость, горизонтъ ледохода, величина и форма льдины и уклонъ рѣзущаго ребра остаются постоянными.



Черт. 70. — Формы горизонтальныхъ сѣченій рѣзущей части.

Льдина при встрѣчѣ съ ледорѣзомъ, какъ было упомянуто выше, можетъ разрушиться или подѣ влияніемъ удара, или подѣ дѣйствіемъ собственнаго ея вѣса, или подѣ влияніемъ удара и вѣса. Если льдина набѣжитъ на рѣзущую часть съ угломъ при рѣзущемъ ея ребрѣ, то болѣе вѣроятности, что наибольшее разрушеніе льдины будетъ при ударѣ и лишь незначительное—подѣ дѣйствіемъ силы ея тяжести при поднятіи на ледорѣзъ, причемъ наибольшее дѣйствіе можно ожидать, когда этотъ уголъ постояненъ, или уменьшается по направленію отъ головы быка къ головѣ ледорѣза.

Если же онъ въ этомъ направленіи увеличивается, то можно ожидать нѣкотораго незначительнаго поднятія льдины на ледорѣзъ.

Если льдина попадетъ на рѣзущую часть съ закругленіемъ рѣзущаго ребра кривой постояннаго радіуса кривизны, то наибольшее разрушеніе ея произойдетъ при наибольшемъ одновременномъ дѣйствіи живой силы удара и силы тяжести льдины, т. е. возможно; что льдина немного побѣжитъ на ледорѣзъ и затѣмъ уже разрушится.

Если радіусъ кривизны кривой при рѣзущемъ ребрѣ въ нижнемъ сѣченіи будетъ больше такового же при верхнемъ сѣченіи, то льдина при ударѣ встрѣтитъ поверхность сравнительно значительнаго радіуса кривизны и сомнетъ; подымаясь она попадетъ на поверхность меньшаго радіуса кривизны и поэтому здѣсь кромѣ живой силы удара будетъ еще значительная сила изгиба льдины отъ дѣйствія силы ея тяжести. Въ виду этого болѣе вѣроятности, что разрушеніе произойдетъ на нѣкоторой высотѣ надъ водою.

Наконецъ, если радіусъ кривизны нижней кривой сѣченія, будетъ меньше такового же верхней кривой, то больше вѣроятности, что льдина разрушится не подымаясь значительно на ледорѣзъ. Поэтому, если ледоходъ происходитъ при низкомъ горизонтѣ воды и имѣетъ значительную силу, то казалось бы выгоднѣе дѣлать ледорѣзы съ угломъ при рѣзущемъ ребрѣ постояннымъ или уменьшающимся къ головѣ ледорѣза; или же ограничивать рѣзущую часть по рѣзущему ребру поверхностью конической стуживающагося къ головѣ ледорѣза ¹⁾. Если горизонтъ ледохода высокъ и скорость его незначительна, то выгоднѣе было бы ограничивать рѣзущую часть ледорѣза конической поверхностью, уширяющагося, или же двумя косыми плоскостями съ угломъ при рѣзущемъ ребрѣ увеличивающимся къ головѣ ледорѣза. Наконецъ при незначительныхъ колебаніяхъ горизонтовъ ледохода и при средней его силѣ можно ограничивать рѣзущую часть всю или только по ея рѣзущему ребру поверхностью цилиндрической.

¹⁾ Хотя при этомъ быкъ подверженъ наиболѣе сильнымъ ударомъ, однако моментъ опрокидывающій быкъ будетъ сравнительно не великъ.

Примѣры построения геометрическихъ формъ ледорѣза.

Примѣръ I. Симметричный полный ледорѣзъ съ основаніемъ постоянной ширины. Рѣзущая часть уширяющаяся¹⁾.

Д а н н ы я.

Быкъ (черт. 71).

Высота быка $H = 15$ метр.

Ширина основанія $D = 5$ метр.

Длина широкой части основанія $a = 15$ метр.

Уклонъ плоскостей, образующихъ боковыя (R и R'), переднія (B и B') и заднія (D и D') грани быка, $i = 1/20$.

Уголъ между слѣдами плоскостей головы и зада быка на плоскости H — основанія быка и на параллельной ей верхней плоскости быка H' — $= 90^\circ$.

Ледорѣзъ. Основаніе ледорѣза постоянной ширины $D = 5$ метр.

Рѣзущая часть—уширяющаяся—образована двумя плоскостями C и C' , составляющими между собою уголъ $\alpha = 90^\circ$.

Уклонъ рѣзущаго ребра $J = 1/1$.

Голова ледорѣза образована двумя плоскостями A и A' съ уклономъ $i = 1/20$.

Уголъ между горизонтальными слѣдами этихъ плоскостей $= 90^\circ$.

Ядро ледорѣза ограничено плоскостями R и R' съ уклономъ $i = 1/20$ (совпадаютъ съ боковыми плоскостями быка).

Высота головы $h_1 = 3$ метр.

Возвышеніе верхняго конца рѣзущаго ребра надъ нижнимъ $h_2 = 8$ метр.

Разстояніе верха быка отъ верхняго конца рѣзущаго ребра $h_3 = H - (h_1 + h_2) = 15 - (8 + 3) = 4$ метр.

Для простоты построеній предполагаемъ, что у быка нѣтъ карниза.

П о с т р о е н і е.

Быкъ. Проводимъ параллельно другъ другу слѣды нижняго основанія $a's'$ и верхней плоскости быка $k'r'$ на плоскости V (черт. 71). Такъ какъ высота быка $H = 15$ метр., то эти линіи должны отстоять другъ отъ друга на разстояніи 15 метр. въ принятомъ масштабѣ.

Строимъ слѣды боковыхъ плоскостей R и R' на плоскости H . Проводимъ въ разстояніи отъ оси OX равномъ $\frac{D}{2} = 2,5$ метр. линію iq , каковая и представляетъ искомы слѣдъ Rh ²⁾. Такъ какъ длина широкой

¹⁾ Форма соответствуетъ № 42 изъ таблицы 16.

²⁾ Мы будемъ строить, какъ и въ слѣдующихъ примѣрахъ, только половину плана быка и ледорѣза, такъ какъ другая половина будетъ ей симметрична.

части основаніи $a = 15$ метр., то беремъ разстояніе $iq = 15$ метр. Согласно заданію, углы между горизонтальными слѣдами плоскостей, огра-

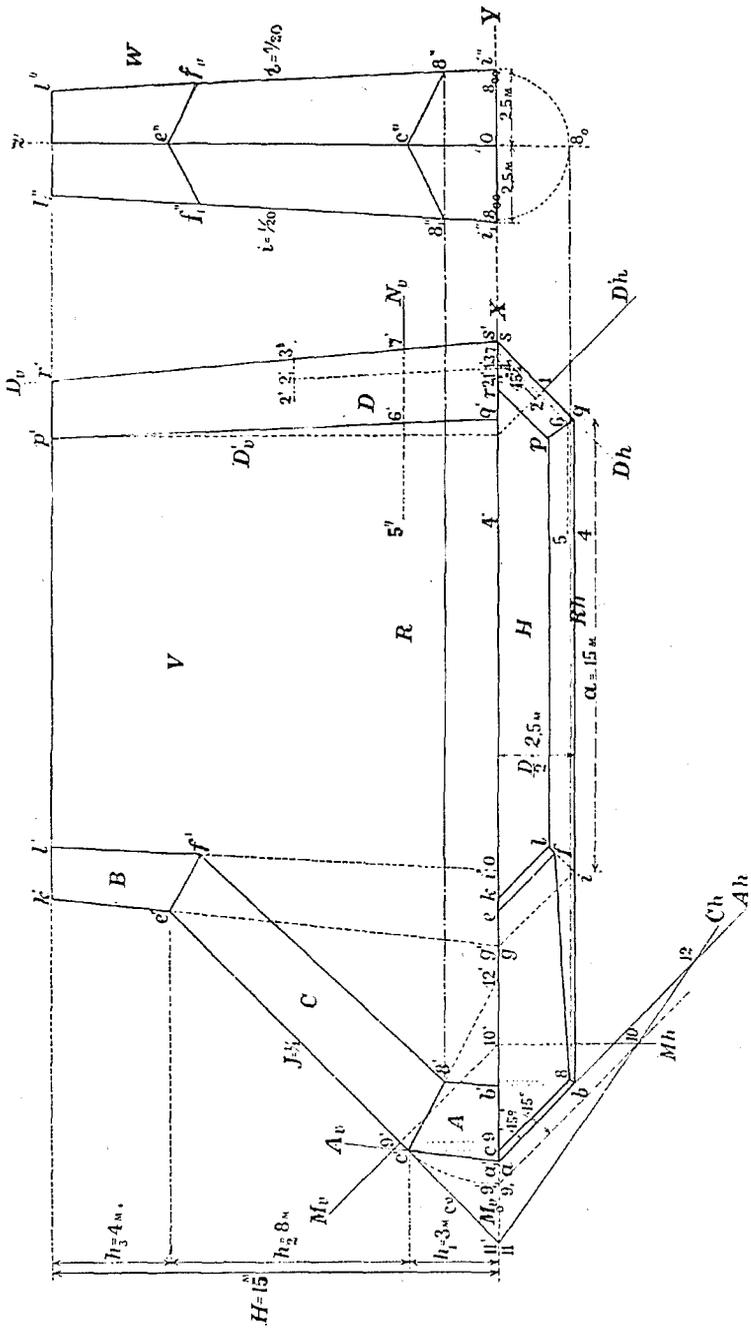


Рис. 71. — Построеніе формы дедорфа и быка (примѣръ 1).

нивающихъ голову и задъ быка, равны 90° . Поэтому изъ точекъ i и q проводимъ соответственнымъ образомъ прямыя iq и qs подъ углами

$\frac{90}{2} = 45^\circ$ къ оси OX . Эти линіи (Bh и Dh) будутъ слѣдами искомымъ плоскостей B и D . Опредѣлимъ линію сѣченія плоскостей D съ R и V , и B съ R и V .

Одна изъ точекъ S искомага вертикальнаго слѣда плоскости D извѣстна. Найдемъ еще одну изъ его точекъ. Для этого воспользуемся какою-либо горизонтальною плоскости D . Чтобы нахожденія этой горизонтали, надо произвести слѣдующія построения.

Проведемъ плоскость $D' \perp$ къ H и къ D . Въ такомъ случаѣ $D'h$ будетъ перпендикулярна къ Dh и $D'v \perp$ къ OX .

Плоскость D' пересѣчетъ D по линіи наибольшаго уклона послѣдней, т. е. по линіи съ уклономъ въ $\frac{1}{20}$. Найдемъ одну изъ точекъ этой линіи, лежащую не на слѣдахъ плоскости. Повернемъ плоскость D' вокругъ ея слѣда $D'v$ до совпаденія ея съ V . Тогда точка $1,1'$ пересѣченія слѣдовъ $D'h$ и Dh придетъ въ точку $1,1_1'$, лежащую на оси OX , двигаясь по кругу, центръ котораго въ точкѣ схода слѣдовъ $D'h$ и $D'v$. Если теперь провести изъ точки $1,1_1'$ линію $1,1_1', 2,2_1'$ съ уклономъ въ $\frac{1}{20}$ въ сторону $D'v$, то эта линія представитъ собою повернутое вокругъ $D'v$ положеніе лежащей въ D' линіи наибольшаго уклона плоскости D . Выберемъ на этой линіи какую нибудь точку $2_1,2_1'$ и повернемъ ее вокругъ оси $D'v$ обратно на тотъ же уголь, на какой повернули ранѣе точку $1,1'$. Горизонтальная проекція точки $2,2'$ въ обратно повернутомъ положеніи будетъ лежать на слѣдѣ $D'h$, а вертикальная $2'$ опредѣлится пересѣченіемъ двухъ линій, — вертикальной, проведенной черезъ точку $2_1'$ и горизонтальной, проведенной черезъ точку $2_1'$.

Получивъ такимъ образомъ точку $2,2'$, проводимъ черезъ нее горизонталь плоскости D . Горизонтальная проекція этой горизонтали будетъ параллельна Dh , а вертикальная — параллельна оси. Находимъ точку $3,3'$ пересѣченія этой горизонтали съ V . Точками s,s' и $3,3'$ и опредѣлится искомый вертикальный слѣдъ Dv плоскости D ¹⁾.

Найдемъ теперь линію сѣченія плоскостей D и R .

Построимъ линію наибольшаго уклона плоскости R . Пусть эта линія проходитъ черезъ точку $4,4'$ лежащую на слѣдѣ Rh . Отложимъ въ плоскости H на перпендикулярѣ къ Rh въ сторону OX отрѣзокъ $4,5$ равный единицѣ, а на перпендикулярѣ къ оси OX — $5,5'$ отъ оси OX отрѣзокъ $4',5'$ — равный 20 единицамъ. Очевидно, точка $5,5'$ будетъ принадлежать проходящей черезъ точку $4,4'$ линіи наибольшаго уклона плоскости R . Проведемъ черезъ точку $5,5'$ горизонтальную плоскость N , которая пере-

¹⁾ Опредѣлить точку $2,2'$ можно было бы еще и такъ. На $D'h$ отъ точки 1 отложить длину 1,2 равную единицѣ, а на перпендикулярѣ къ $2,2'$ отложить вверхъ отъ OX длину равную 20 единицами до точки $2'$.

сѣчетъ плоскости R и D по двумъ горизонтальнымъ линіямъ $5,5'$, $6,6'$ и $7,7'$, $6,6'$. Точка пересѣченія $6,6'$ этихъ горизонталей и дасть точку искомой линіи сѣченія q,q' , p,p' плоскостей D и R .

Подобнымъ же образомъ можно построить линію сѣченія плоскостей ограничивающихъ голову B быка съ плоскостью V и боковую плоскостью R .

Ледорѣзь. Построеніе линіи отдѣла ледорѣза на плоскости V ¹⁾. Проводимъ линію $c'e'$ подъ уклономъ $1/1$ отъ точки e' отстоящей на разстояніи $h_2 = 4$ метр. отъ верхней плоскости быка и находящейся на прямой $k'g'$. Линія $c'e'$ будетъ вертикальной проекціей рѣзущаго ребра. Продолжаемъ ее до тѣхъ поръ, пока точка c' ея не будетъ отстоять отъ плоскости H на разстояніи $h_1 = 3$ метр. Отъ точки c' проводимъ линію $c'a'$, параллельную $k'e'$, такъ какъ она представляетъ собою вертикальный слѣдъ плоскости, ограничивающей голову ледорѣза и параллельной таковой же, ограничивающей голову быка. Горизонтальныя проекціи линій EC и CA совпадутъ съ осью OX .

Построеніе проекціи основанія. Изъ точки a , горизонтальной проекціи точки A схода горизонтальныхъ слѣдовъ плоскостей A и A' проводимъ Ah надъ угломъ 45° къ OX , такъ какъ уголъ между Ah и $A'h$ равенъ 90° по заданію. Продолжаемъ Ah до пересѣченія съ Rh , горизонтальнымъ слѣдамъ плоскости R въ точкѣ b,b' .

Построеніе линій сѣченія плоскостей A съ R , A съ C , C съ B и C съ R . Линія сѣченія $B,8$ ²⁾ плоскости A съ R будетъ параллельна линіи JL сѣченія плоскостей B съ R , такъ какъ плоскость B параллельна плоскости A .

Для того, чтобы построить линію сѣченія плоскостей A съ C , опредѣлимъ сначала положеніе плоскости C .

Вертикальный слѣдъ Cv этой плоскости есть линія $c'e'$. Найдемъ какую-нибудь точку горизонтальнаго слѣда. Проведемъ плоскость M перпендикулярно къ V и къ C . Тогда слѣдъ Mv долженъ быть перпендикуляренъ къ Cv , а Mh — перпендикуляренъ къ оси OX . Плоскость M пересѣчетъ плоскость C по нѣкоторой линіи $9,9'$, $10,10'$, составляющей съ плоскостью V уголъ 45° . Одна изъ точекъ линіи сѣченія $9,9'$ опредѣляется пересѣченіемъ слѣдовъ Mv съ Cv . Другая же точка $10,10'$ опредѣлится слѣдующимъ образомъ. Совмѣстимъ плоскость M съ плос-

¹⁾ Линіей отдѣла какой-нибудь фигуры на плоскости V называется слѣдъ на V цилиндра обертывающаго данную фигуру, причемъ производяція этого цилиндра параллельны направленію проектированія.

²⁾ Точки въ пространствѣ условимся обозначать большими буквами или цифрами жирнымъ шрифтомъ, напр. $A, B, \dots 3, 5, \dots$; въ проекціяхъ же точки будемъ обозначать малыми буквами или цифрами обыкновеннаго шрифта, напр. $a, b, \dots 3, 5 \dots$ (гориз. проекція) и $a', b', \dots 3', 5' \dots$ (вертик. проекція).

костью H вращеніемъ первой вокругъ слѣда Mh . При совмѣщеніи точка $9,9'$ опишетъ дугу круга и упадетъ на ось OX въ точку $9,9_1'$. Слѣдъ Mv совпадетъ съ осью. При совмѣщенномъ положеніи плоскости M уголъ между Mv и линіей $9,10$ будетъ проектироваться на H безъ искаженія. Проводимъ черезъ точку 9 прямую $9,9'$, $10,10'$ подъ угломъ 45° къ оси и продолжаемъ ее до пересѣченія съ Mh въ точкѣ $10,10'$. Возвращаемъ M въ прежнее положеніе. Точка 10 , лежащая на оси вращенія, останется перемѣны и будетъ, очевидно, принадлежать горизонтальному слѣду плоскости C . Соединяя точку 10 съ точкою 11 пересѣченія слѣда Cv съ осью OX , получимъ искомый слѣдъ Ch плоскости C .

Для того чтобы опредѣлить линію свѣченія плоскостей C и A достаточно знать двѣ точки этой линіи. Одна изъ нихъ у насъ уже извѣстна, именно, точка s,c' пересѣченія слѣдовъ Cv и Av . Другой — можетъ служить точка пересѣченія $(12,12')$ горизонтальныхъ слѣдовъ Ch и Ah . Соединяя эти двѣ точки, получимъ искомую линію свѣченія $C,12$. Пересѣченіе этой прямой съ линіей $B,8$ дастъ крайнюю точку $8,8'$ нижней переходной линіи.

Линія свѣченія плоскости C съ плоскостью B головы быка будетъ параллельна линіи $C8$, такъ какъ плоскость B параллельна плоскости A . Поэтому изъ точки E проводимъ прямую E,F параллельно $C8$ до пересѣченія съ прямой JL , въ точкѣ F . Соединяя точки F и 8 , получимъ прямую $F,8$ свѣченія плоскостей C и R .

Построеніе проекціи ледорѣза съ быкомъ на плоскости W . Имѣя проекціи быка и ледорѣза на плоскостяхъ V и H , нетрудно построить проекціи ихъ на плоскости W .

Строимъ проекціи осей OZ и OY на плоскости W (черт. 71) такъ, чтобы OY составляло бы продолженіе OX , что послужитъ для упрощенія построеній. Такъ какъ проекціи всѣхъ точекъ на плоскости W строятся одинаково, то покажемъ построеніе проекціи какой либо одной точкѣ, напримѣръ, 8 .

Проводимъ изъ 8 горизонтальную линію до пересѣченія съ OZ въ точки 8_0 . Изъ точки O , какъ изъ центра, описываемъ дугу круга радіусомъ OS_0 до пересѣченія съ осью въ точкѣ 8_{00} . Возстановляемъ къ OY изъ точки 8_{00} перпендикуляръ и продолжаемъ его до пересѣченія въ точкѣ $8''$ съ горизонтальной линіей, проведенной изъ точки $8'$. Полученная точка $8''$ и будетъ искомой вертикальной проекціей точки 8 на плоскости W .

Подобнымъ же образомъ строятся проекціи и другихъ точекъ, различая лишь, съ какой стороны плоскости V онѣ лежатъ. Если онѣ находятся сзади плоскости V , то тогда упомянутую дугу круга слѣдуетъ провести не вправо отъ оси OZ , а влѣво.

Примѣръ II. *Симметричный полный ледорѣзъ съ основаніемъ постоянной ширины. Рѣжущая часть, умиряющаяся ¹⁾.*

Д а н н ы я.

Быкъ (черт. 72).

Высота быка $H = 15$ метр.

Ширина основанія $D = 5$ метр.

Длина широкой части основанія $a = 15$ метр.

Уклонъ плоскостей, образующихъ боковыя поверхности быка R и R' — $i = 1/20$.

Голова и задъ быка ограничены прямыми круговыми конусами B и D , касательными къ боковымъ плоскостямъ R и R' быка; въ виду этого уклонъ производящихъ конусовъ $i = 1/20$, а радиусъ круговъ основанія конусовъ $R = \frac{D}{2} = 2,5$ метр.

Ледорѣзъ. Основаніе ледорѣза постоянной ширины $D = 5$ метр.

Рѣжущая часть ограничена двумя плоскостями C и C' пересекающимися подъ прямымъ угломъ $\alpha = 90^\circ$ и закругленными по линіи ихъ сѣченія круговымъ цилиндромъ C_1 , касательнымъ къ этимъ плоскостямъ, радиуса $r_1 = 0,5$ метр.

Уклонъ рѣжущей линіи $J = 1/1$.

Голова ледорѣза ограничена прямымъ круговымъ конусомъ A подобнымъ конусу B головы быка.

Боковыя поверхности ледорѣза—плоскости R и R' , совпадающія съ боковыми плоскостями быка и касательныя къ конусамъ головы быка (B) и ледорѣза (A).

Высота головы $h_1 = 3$ метр.

Возвышеніе верхняго конца рѣжущаго ребра надъ нижнимъ $h_2 = 8$ метр.

Разстояніе верха быка отъ верхняго конца рѣжущаго ребра $h_3 = H - (h_1 + h_2) = 15 - (3 + 8) = 4$ метр.

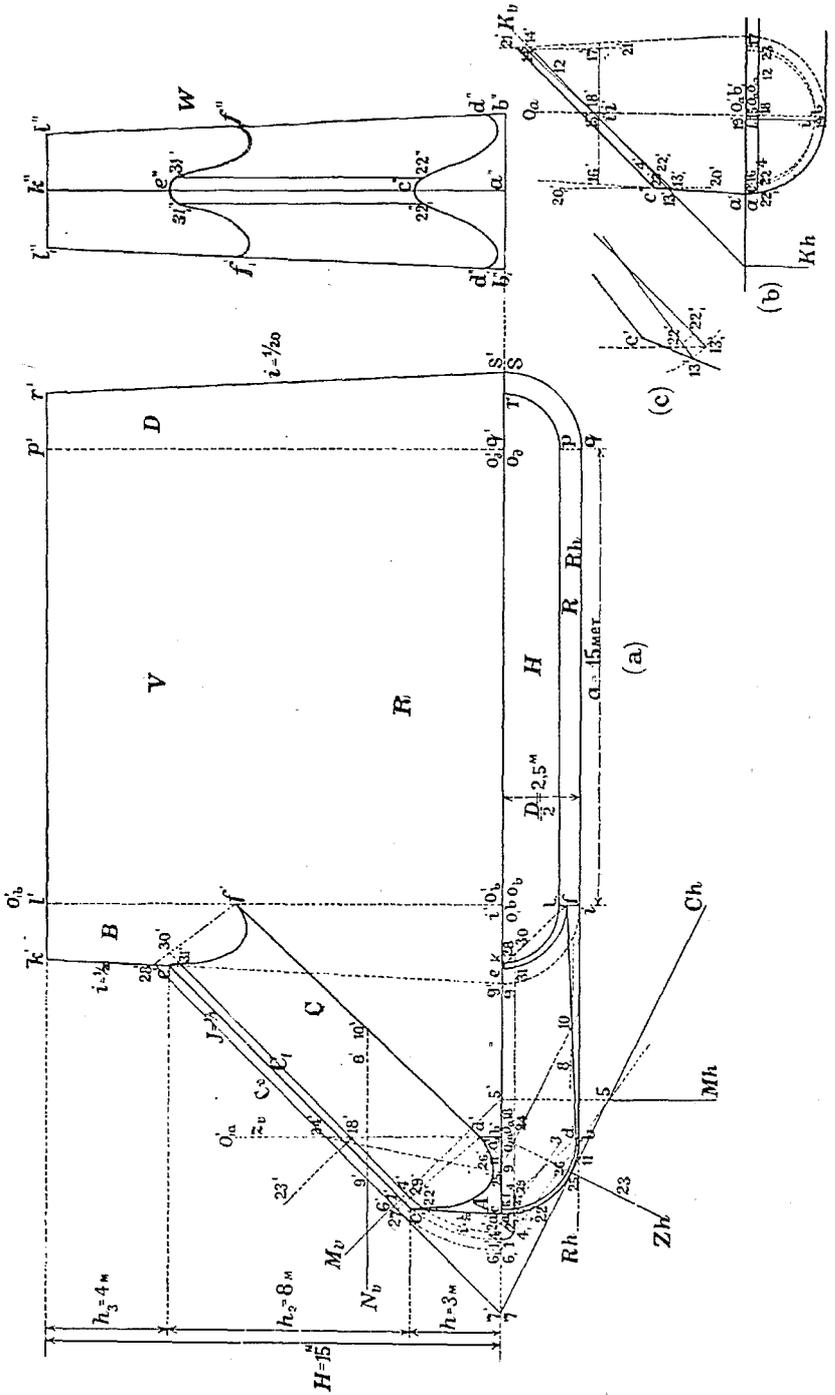
Для простоты построенія предполагаемъ, что у быка нѣтъ карниза.

П о с т р о е н і я.

Быкъ (черт. 72). Проводимъ параллельно другъ другу слѣды нижняго основанія и верхней плоскости на плоскости V . Такъ какъ высота быка $H = 15$ метр., то эти линіи должны отстоять другъ отъ друга на разстояніи 15 метр. въ принятомъ масштабѣ. Строимъ слѣдъ боковой плоскости R на плоскости H , при чемъ вообще будемъ строить на плоскости H половину плана быка, такъ какъ другая будетъ ей симметрична.

¹⁾ Форма соответствуетъ № 47 изъ таблицы 16.

Проводимъ параллельно OX въ разстояніи $\frac{D}{2} = 2,5$ метр. отъ нея



Черт. 72.

линію iq (Rh), каковая и представитъ горизонтальный слѣдъ боковой

плоскости R быка. Такъ какъ длина широкой части основанія быка $a = 15$ метр., то беремъ разстояніе $ig = 15$ метр.

Построеніе конуса головы быка. Такъ какъ, согласно заданію, конусъ B головы быка долженъ касаться боковыхъ плоскостей R и R' , то кругъ основанія этого конуса на плоскости H долженъ касаться слѣдовъ Rh и $R'h$. Поэтому проводимъ дугу ig круга, касательнаго къ линіи Rh въ точкѣ i съ центромъ на оси OX въ точкѣ O_b .

Такъ какъ производящія конуса имѣютъ уклонъ $i = 1/20$, то, чтобы построить линію отдѣла конуса на плоскости V , проводимъ изъ точки g' , вертикальной проекціи точки G , лежащей на оси, прямую $g'h'$ уклона $1/20$. Вертикальная проекція линіи касанія конуса головы съ плоскостью R будетъ прямая $i'l'$ перпендикулярная къ OX .

Для того чтобы получить горизонтальную проекцію верхняго сѣченія конуса, строимъ горизонтальную проекцію k точки K и изъ O_b какъ изъ центра описываемъ четверть окружности kl радіусомъ kO_b . При этомъ прямая il представитъ горизонтальную проекцію производящей касанія IL .

Построеніе конуса зада быка производится подобнымъ же образомъ, какъ и конуса головы быка. При этомъ PR представляетъ собою линію сѣченія конуса зада быка съ верхней его плоскостью. Соединяя точки L и P прямою LP получимъ слѣдъ боковой плоскости R быка на его верхней плоскости.

Ледорѣзъ. Построеніе линіи отдѣла ледорѣза на плоскости V . Отъ точки e' , находящейся на прямой $k'g'$ въ разстояніи $h_1 + h_2 = 3 + 8 = 11$ метр. отъ плоскости H , проводимъ прямую $e'c'$ — вертикальную проекцію рѣжущаго ребра EC подъ уклономъ $J = 1/1$ до точки c' , возвышающейся надъ H на высоту $h_1 = 3$ метр. Отъ точки c' проводимъ прямую $c'a'$ подъ уклономъ $i = 1/20$ до пересѣченія съ осью OX въ точкѣ a' . Прямая $c'a'$ представляетъ линію отдѣла на V конуса головы ледорѣза.

Построеніе проекціи основанія ледорѣза. Такъ какъ основаніе ледорѣза постоянной ширины, равной ширинѣ основанія быка $\frac{5}{2} = 2,5$ метр., то, отложивъ отъ точки a , которой соотвѣтствуетъ вертикальная проекція a' , въ сторону головы по оси отрѣзокъ $aO_a = 2,5$ метр., изъ точки O_a радіусомъ $R = 2,5$ метр. проводимъ $1/4$ дуги ab круга и касательную bi къ этой дугѣ и къ кругу основанія головы быка. Прямая bi представитъ горизонтальный слѣдъ Rh боковой плоскости R ледорѣза, совпадающей въ данномъ случаѣ съ R . Проводя изъ точки B линію BD параллельно IL — получимъ линію касанія конуса головы ледорѣза съ его боковою плоскостью R .

Построение цилиндра C_1 и плоскостей C и C' рѣзущей части. Приводимъ вспомогательную плоскость M перпендикулярную къ рѣзущей линіи EC . Тогда Mv будетъ перпендикулярною къ $e'c'$ а Mh — перпендикулярно къ OX . Совмѣщаемъ M съ H вращеніемъ M около Mh . Тогда точка $1, 1'$ пересѣченія Mv съ EC перейдетъ въ положеніе $1, 1'$, вращаясь около Mh и упадетъ на ось OX . Откладываетъ вправо отъ совмѣщеннаго положенія этой точки отрѣзокъ $1, 2, = 0,5$ метра = радиусу цилиндра C_1 , закругляющаго рѣзущую часть. Изъ точки $2, 1$ проводимъ прямую $2, 3$ подъ угломъ 45° къ оси и $4, 5$ ей параллельную на разстояніи отъ нея $0,5$ метр. до пересѣченія въ точкѣ 5 съ Mh и въ точкѣ $6, 1$ съ осью OX .

Прямая $6, 1, 4, 5, 5'$ представляетъ совмѣщенное положеніе линіи сѣченія плоскости M съ плоскостью C , ограничивающей рѣзущую часть. Описывая изъ точки 2 какъ изъ центра дугу $1, 4, 1$ круга радиуса $0,5$ метр., касательнаго къ прямой $6, 1, 5$, получимъ совмѣщенное положеніе дуги круга сѣченія цилиндра, закругляющаго рѣзущее ребро съ плоскостью M . Возвращаемъ плоскость M въ прежнее положеніе. Тогда точки $6, 1, 4, 1$ придутъ въ положеніе $6, 1, 4$. Проведя изъ точки 6 прямую Cv параллельную рѣзущей линіи, получимъ вертикальный слѣдъ плоскости C . Горизонтальный слѣдъ Ch этой плоскости долженъ проходить черезъ точку 7 пересѣченія Cv съ осью OX и черезъ точку 5 — горизонтальный слѣдъ прямой $4, 5$ лежащей въ плоскости C . Чтобы получить проекціи линіи касанія закругляющаго цилиндра C_1 съ плоскостью C' проводимъ черезъ точки 4 и $4'$ линіи $4', d'$ и $4, d$ параллельныя соответствующимъ проекціямъ рѣзущей линіи, такъ какъ линія касанія будетъ ей параллельна.

Построение линіи сѣченія плоскости C ограничивающей рѣзущую часть съ боковой плоскостью ледорѣза R . Плоскость C задана слѣдами Cv и Ch . Плоскость R задана ея слѣдами Rh и угломъ $i = 1/20$. Перейдемъ отъ этого заданія плоскости R къ другому, болѣе выгодному, именно къ заданію ея слѣдомъ Rh и какой-нибудь точкой. Для всякой точки $8, 8'$, лежащей въ плоскости R , разстояніе ея горизонтальной проекціи 8 до Rh должно быть въ двадцать разъ меньше разстоянія вертикальной ея проекціи $8'$ до оси. Поэтому, взявъ на плоскости H какую-нибудь точку 8 въ разстояніи отъ Rh равномъ единицѣ длины, и на перпендикулярѣ къ оси, проходящемъ черезъ точку 8 въ разстояніи вверхъ отъ оси равномъ 20 единицамъ длины получимъ точку 8 лежащую въ плоскости R .

Проведемъ черезъ точку 8 горизонтальную плоскость N . Последняя опредѣляется слѣдомъ Nv , проходящимъ черезъ точку $8'$. Если мы найдемъ прямая сѣченія плоскости N съ плоскостями R и C и точку пере-

сѣченія этихъ прямыхъ, то послѣдняя будетъ принадлежать искомой линіи сѣченія плоскостей R и C .

Линія сѣченія плоскости N съ плоскостью R будетъ горизонтальною 8, 10 этой послѣдней, проходящей черезъ точку 8. Линія сѣченія плоскости N съ плоскостью C будетъ горизонтальною 9, 10 плоскости C , проходящей черезъ точку 9 пересѣченія Nv съ Cv . Пересѣчение этихъ двухъ горизонталей въ точкѣ 10, 10' и даетъ искомую точку, принадлежащую линіи сѣченія плоскостей P и C .

Другой точкой этой же линіи можетъ служить точка 11, 11' пересѣченія горизонтальныхъ слѣдовъ Rh и Ch . Соединяя точки 10 и 11, получимъ искомую линію сѣченія плоскостей R и C . Какъ видно изъ чертежа, эта линія удаляется отъ рѣзущей линіи по направленію отъ головы быка къ головѣ ледорѣза, что соотвѣтствуетъ заданію уширяющейся рѣзущей части.

Построеніе линіи сѣченія плоскости C , ограничивающей рѣзущую часть съ поверхностью конуса A головы ледорѣза.

Плоскость C расположена наклонно по отношенію къ оси Oa , O_1a конуса A . Поэтому линіей сѣченія C съ конусомъ A будетъ эллипсъ. Одна изъ точекъ этого эллипса намъ уже извѣстна. Это точка D пересѣченія линіи 10, 11 сѣченія плоскостей CR съ производящей BD касанія плоскости R съ конусомъ A .

Для того, чтобы построить линію сѣченія плоскости C съ конусомъ A будемъ послѣдовательно находить пересѣченіе различныхъ прямыхъ, лежащихъ въ плоскости C съ поверхностью конуса.

Опредѣлимъ точку пересѣченія съ поверхностью конуса A прямой 4, 12 — производящей касанія закругляющаго цилиндра C_1 съ плоскостью C .

Проведемъ ¹⁾ черезъ прямую 4, 12 (черт. 72, *b*) горизонтально проектирующую плоскость K , опредѣляемую ея слѣдами: вертикальнымъ Kv — совпадающимъ съ 4', 12' и горизонтальнымъ Kh — перпендикулярнымъ къ OX въ точкѣ пересѣченія Kv съ OX . Эта плоскость пересѣчетъ конусъ по нѣкоторому эллипсу, вертикальной проекціей котораго будетъ отрѣзокъ 13', 14' слѣда Kv между передними производящими конуса A . Этотъ же отрѣзокъ будетъ представлять собою вертикальную проекцію наибольшаго діаметра эллипса. Вертикальная проекція центра эллипса будетъ находиться въ точкѣ 15, 15' — дѣлящей наибольшій діаметръ 13, 14 пополамъ. Искомой точкой пересѣченія прямой 4, 12, съ поверхностью конуса будетъ очевидно точка пересѣченія этой же прямой съ вышеупомянутымъ эллипсомъ.

¹⁾ Этотъ способъ нахождения точки пересѣченія прямой съ конической поверхностью приводится здѣсь впервые.

Повернемъ плоскость K съ лежащей въ ней прямой $4, 12$ и эллипсомъ $13, 14$ вокругъ оси II перпендикулярной къ V и проходящей черезъ точку $15, 15'$ такъ, чтобы эллипсъ спроектировался на плоскость H въ видѣ круга. Это будетъ тогда, когда горизонтальная проекція $13, 14$ наибольшаго діаметра эллипса не сдѣлается равной по величинѣ наименьшему полудіаметру. Опредѣлимъ длину этого послѣдняго. Проведемъ черезъ точку 15 нормальное сѣченіе конуса $16, 17$ и найдемъ горизонтальную проекцію круга сѣченія. Центръ этого круга лежитъ въ точкѣ $18, 18'$, а радіусъ его равенъ длинѣ горизонтальной проекціи длины радіуса круга сѣченія конуса $16, 17$. Опускаемъ изъ $15'$ перпендикуляръ къ OX и продолжаемъ его до пересѣченія съ только что найденнымъ кругомъ въ точкѣ $19, 19'$. Отрѣзокъ $15, 19$ и представитъ величину наименьшаго полудіаметра вышеупомянутаго эллипса. Проводимъ въ плоскости V по обѣ стороны оси Oa, O_1a двѣ вертикальныя линіи $20', 20_1'$ и $21', 21_1'$ на разстояніи отъ точки 15 равнымъ длинѣ линіи $15, 19$. Будемъ вращать теперь плоскость K вокругъ оси II до тѣхъ поръ, пока точка $13'$ не займетъ положеніе $13_1'$ на линіи $20', 20_1'$ (на черт. 72 с это построеніе сдѣлано въ искаженномъ масштабѣ). Тогда новая горизонтальная проекція 13_1 будетъ стстоять отъ оси Oa, O_1a на разстояніи равномъ $15, 19$ и, слѣдовательно, эллипсъ будетъ проектироваться на H въ видѣ круга. Находимъ проекціи прямой $4, 12$ при повернутомъ положеніи плоскости K . Новая вертикальная проекція $4_1', 12_1'$ будетъ лежать на новомъ вертикальномъ слѣдѣ K_1v , проходящемъ черезъ точки $13_1'$ и $15'$. Горизонтальная проекція прямой сохранитъ прежнее направленіе и пересѣчетъ проекцію повернутаго эллипса въ точкахъ 22_1 и 23_1 . Послѣдняя точка намъ не нужна. Вертикальная проекція точки 22 будетъ лежать на слѣдѣ K_1v въ точкѣ $22_1'$. Поворачиваемъ плоскость K въ прежнее положеніе. Точка $22_1'$, описавъ дугу круга радіуса $22_1', 15'$, придетъ въ положеніе $22'$ на слѣдѣ Kv . Точка 22_1 , двигаясь по прямой $4, 12$, перейдетъ въ положеніе 22 , опредѣляемое пересѣченіемъ прямыхъ $4, 12$ и $22, 22'$ перпендикулярной къ OX . Точка 22 и будетъ искомой точкой пересѣченія прямой $4, 12$ съ конусомъ A головы ледорѣза.

Совершенно подобнымъ же образомъ можно найти пересѣченіе другихъ прямыхъ лежащихъ въ плоскости S съ конусомъ A и такимъ образомъ построить линію сѣченія (эллипсъ) плоскости S съ конусомъ A . Опредѣлимъ положеніе самой низкой точки этого эллипса сѣченія (черт. 72, а). Эта точка можетъ быть разсматриваема, какъ точка касанія эллипса сѣченія съ ближайшей къ H горизонтально плоскости S . Но эта горизонталь перпендикулярна къ линіи наибольшаго уклона плоскости S или перпендикулярна къ линіи сѣченія этой плоскости съ нѣкоторой другою Z —въ свою очередь перпендикулярной къ H и къ S . Проводимъ пло-

скость Z . Изъ какой-нибудь точки $18, 18'$ оси конуса A опускаемъ перпендикуляръ $18, 23$ на плоскость C . Для этого должно быть $18', 23' \perp$ къ Cv и $18, 23 \perp$ къ Ch . Находимъ слѣды плоскости Z , образовавпной осью Oa, O, a конуса A и линіей $18, 23$. Такъ какъ ось конуса A перпендикулярна къ H и лежитъ въ плоскости Z , то послѣдняя будетъ перпендикулярна изъ H , и горизонтальный слѣдъ ея долженъ совпадать съ горизонтальною проекціей всякой прямой, лежащей въ L , т. е. и съ прямой $18, 23$. Вертикальный же слѣдъ Lv совпадаетъ съ осью $Oa, 18$. Находимъ линію наибольшаго уклона плоскости C , т. е. линію сѣченія плоскостей Z и C . Эта линія $24, 25$ опредѣляется двумя точками 24 и 25 пересѣченія соответственныхъ горизонтальныхъ Ch и Zh и вертикальныхъ Cv и Zv слѣдовъ. Находя пересѣченіе 26 линій $24, 25$ поверхностью конуса A вышеуказаннымъ способомъ, мы получимъ самую низшую точку эллипса сѣченія плоскости C съ конусомъ A .

Построеніе линіи сѣченія плоскости C съ конусомъ B головы быка. Такъ какъ конуса A и B подобны и подобнымъ образомъ расположены, то и линіи сѣченія ихъ плоскостью C будутъ подобны и подобнымъ образомъ расположены. Находимъ на прямой $10, 11$ точку F касанія ея съ конусомъ B . Эта точка опредѣляется пересѣченіемъ производящей IL касанія плоскости R съ конуса B съ прямой $10, 11$. Далѣе опредѣляемъ точки 27 и 28 пересѣченія слѣда Cv съ линіями AC и KL отдѣла конусовъ A и B на плоскость V . Соединяемъ точку 27 съ точкой D и точку 28 съ точкой F . Дѣлимъ линію $27, D$ на нѣсколько равныхъ частей и на такое же число равныхъ частей дѣлимъ линію $28, F$. Соединяемъ соответствующія точки этихъ двухъ линій и строимъ кривую сѣченія плоскости C съ конусомъ B по ординатамъ, относящимся къ соответствующимъ таковымъ же нижней переходной кривой такъ же, какъ отрѣзокъ $28, F$ относится къ отрѣзку $27, D$, т. е., если ордината какой-нибудь точки $22, 22'$ нижней переходной кривой будетъ $22, 29$, то ордината точки, лежащей на той же прямой $4, 22$, и принадлежащей верхней кривой будетъ $30, 31$ равная

$$30, 31 = \frac{22, 29 \times 28, F}{27, D}.$$

Вертикальная проекція этого отрѣзка равна

$$30', 31' = \frac{22', 29' \times 28', f}{27', d'}.$$

Откладывая эту величину по прямой $30', 22'$ отъ точки $30'$ въ сторону головы быка, получимъ точку $31'$. Соответствующая горизонтальная проекція будетъ находиться на прямой $22, 30$.

Продолжая подобныя построения, получимъ другія точки верхней переходной кривой.

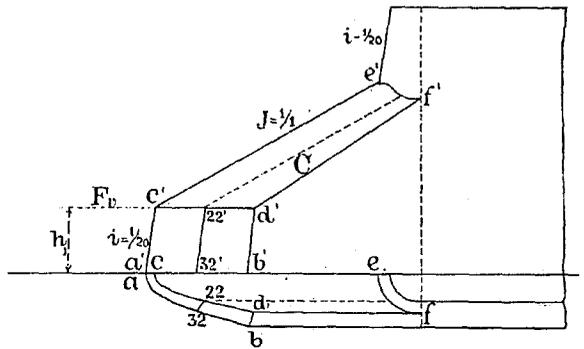
Построение линии сѣченія закругляющаго цилиндра C_1 съ конусомъ A головы ледорѣза. Такъ какъ закругляющій цилиндръ C_1 и конусъ A головы ледорѣза не описаны вокругъ одного и того же шара, т. е. не удовлетворяютъ условіямъ теоремы 2-й (см. стр. 61), то линия сѣченія ихъ будетъ кривой двойкой кривизны. Для того, чтобы построить искомую кривую, находимъ точки пересѣченія отдѣльныхъ производящихъ закругляющаго цилиндра C_1 съ конусомъ A по способу, указанному ранѣе при нахожденіи точекъ пересѣченія прямыхъ плоскости C съ конусомъ A (стр. 76).

Кривыя сѣченія конуса A съ цилиндромъ C_1 и съ плоскостью C въ пространствѣ касаются другъ съ другомъ въ точкѣ 22 . Дѣйствительно, вообразимъ въ пространствѣ нѣкоторую плоскость D , касательную къ конусу A и проходящую черезъ точку 22 . Эта плоскость пересѣчетъ плоскость C по прямой, касательной къ кривой сѣченія плоскости C съ конусомъ A . Кромѣ того эта прямая будетъ касательна къ конусу A и къ цилиндру C_1 , и, слѣдовательно, будетъ касательна ко кривой, проведенной на этихъ двухъ поверхностяхъ черезъ точку 22 (теорема 4-я, см. стр. 63).

Построение линии сѣченія закругляющаго цилиндра C_1 съ конусомъ B головы быка. Линія сѣченія цилиндра C_1 съ конусомъ B строится также, какъ линія сѣченія цилиндра C_1 съ конусомъ A , т. е. беремъ послѣдовательно производящія цилиндра C_1 и находимъ пересѣченія ихъ съ конусомъ B . Полученная кривая двойкой кривизны будетъ касаться кривой сѣченія плоскости C съ конусомъ B на основаніи тѣхъ же соображеній, какія приводились при доказательствѣ этого для нижней переходной кривой.

Примѣчаніе. Иногда при выборѣ очертанія быка ставятъ условіемъ, чтобы нижняя переходная кривая лежала въ одной горизонтальной плоскости F (черт. 73).

Тогда черезъ точку C' проводимъ вертикальный слѣдъ Fv этой плоскости параллельно OX . На эту линію спроектируется кривая сѣченія закругляющаго цилиндра C_1 и плоскости C съ плоскостью T . Задаваясь



Черт. 73. — Частный случай образованія форм ледорѣза (къ примѣру II).

различными производящими цилиндра C и прямыми въ плоскости C и находя точки пересѣченія ихъ вертикальныхъ проекцій со слѣдомъ Tv , и соответствующія горизонтальныя проекціи ихъ на горизонтальныхъ проекціяхъ этихъ прямыхъ, получимъ рядъ точекъ, составляющихъ горизонтальную проекцію нижней переходной линіи, образующейся изъ прямой $D, 22$ сѣченія плоскостей T и C и плоской кривой $22, C$ — сѣченія цилиндра C_1 съ плоскостью T . Эта кривая будетъ касаться прямой $22, D$ въ точкѣ D . Голова ледорѣза при указанномъ заданіи образуется во первыхъ плоскостью A , проходящею черезъ прямую $D, 22$ и того же уклона i , что и боковыя плоскости быка и, во вторыхъ, эллиптическимъ прямымъ конусомъ A_1 , образованнымъ движеніемъ прямой по кривой $22, C$ подъ уклономъ i къ H . Этотъ конусъ будетъ касаться плоскости A . Такъ какъ горизонтальный слѣдъ конуса A_1 и кривая сѣченія цилиндра C_1 съ плоскостью T подобны, то, если мы найдемъ хотя одну точку слѣда конуса A_1 на H , то легко построятъ весь слѣдъ. Проводимъ изъ точки C прямую подъ уклономъ $i = 1/20$ къ плоскости H ¹⁾. Пусть горизонтальный слѣдъ этой прямой будетъ въ точкѣ $A(a, a')$. Эта точка, очевидно, будетъ принадлежать искомому горизонтальному слѣду конуса A . Строимъ далѣе отъ этой точки линію подобную горизонтальной проекціи $c, 22, d$, нижней переходной линіи, и получимъ такимъ образомъ искомый горизонтальный слѣдъ, причемъ за центръ подобія принимаемъ центръ дуги эллипса $c, 22$ ²⁾.

Построеніе проекціи передней части быка съ ледорѣзомъ на плоскости W производится по способу, указанному въ примѣрѣ I (стр. 71).

Примѣръ III. *Симметричный полный ледорѣзъ съ основаніемъ суживающимся. Рѣзущая часть постоянной ширины*³⁾.

Д а н н ы я.

Быкъ (черт. 74).

Высота быка $H = 15$ метр.

Ширина основанія $D = 5$ метр.

Длина широкой части основанія $a = 15$ метр.

Уклонъ плоскостей, образующихъ боковыя поверхности быка R и R' — $i = 1/20$.

Голова и задъ быка ограничены прямыми круговыми конусами B и D , касательными къ боковымъ плоскостямъ R и R' быка; въ виду этого

1) Эта прямая должна лежать въ плоскости проходящей черезъ точку C и ось конуса A .

2) Центр эллипса лежитъ на линіи, соединяющей середины параллельныхъ другъ другу хордъ.

3) Форма, соответствующая № 157 изъ таблицы 16.

уклонъ производящихъ конусовъ $i = 1/20$, а радіусъ круговъ основанія $R = \frac{D}{2} = 2,5$ метр.

Ледорѣзь. Уклонъ рѣзущей линіи $J = 1/1$. Нижній конецъ ея C отстоитъ отъ плоскости H на разстояніи $h_1 = 3$ метр. Верхній ея конецъ E возвышается надъ нижнимъ на высоту 8 метр. Слѣдовательно верхняя плоскость быка возвышается надъ верхнимъ концомъ рѣзущей линіи на разстояніе $h_3 = H - (h_1 + h_2) = 15 - (3 + 8) = 4$ метр.

Голова ледорѣза ограничена прямымъ круговымъ конусомъ A , уклонъ производящихъ котораго $i = 1/20$. Боковая поверхности ледорѣза—плоскости P и P' , касательныя къ конусамъ головъ быка B и ледорѣза A .

Рѣзущая часть должна быть ограничена круговымъ цилиндромъ C , касательнымъ къ боковымъ гранямъ P и P' ледорѣза и проходящимъ черезъ рѣзущую линію CE .

Для простоты построенія предположимъ, что быкъ не имѣетъ карниза.

Построенія.

Быкъ (черт. 74). Построенія совершенно тѣ же, что и въ примѣрѣ II (стр. 72).

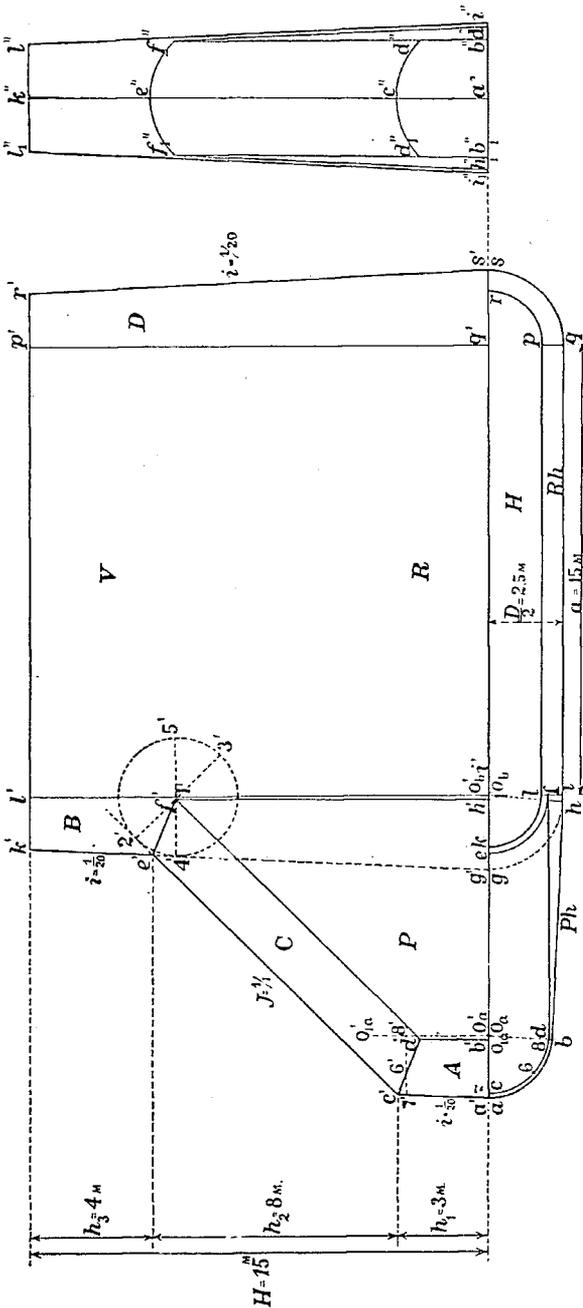
Ледорѣзь. Построеніе линіи отдѣла ледорѣза на плоскости V . Построенія совершенно тѣ же, что и въ примѣрѣ II (стр. 74).

Построеніе конуса A головы ледорѣза. Размѣры конуса A находятся въ зависимости отъ расположенія оси цилиндра рѣзущей части (построенія будутъ указаны ниже).

Построеніе боковыхъ плоскостей ледорѣза P и P' . Расположеніе боковыхъ плоскостей P и P' находятся въ зависимости отъ положенія вершины конуса A (построенія будутъ указаны ниже).

Построеніе цилиндра C рѣзущей части. Для того, чтобы плоскости P и P' одновременно касались съ конусами A и B цилиндра C , необходимо, чтобы цилиндръ C былъ описанъ вокругъ двухъ шаровъ: одного вписаннаго въ конусъ A , другого—въ конусъ B . Такъ какъ конусъ B намъ заданъ, то опредѣляемъ сначала центръ шара, вписаннаго въ этотъ конусъ. Этотъ центръ долженъ находиться на оси конуса B и въ то же время долженъ лежать на биссектрисѣ угла $c'e'k'$. Ось конуса B и упомянутая биссектриса пересѣкаются въ точкѣ $1,1'$. Описываемъ изъ точки $1'$, какъ изъ центра, кругъ, касательный къ сторонамъ $c'e'$ и $e'g'$ угла $c'e'k'$. Этотъ кругъ будетъ вертикальной проекціей шара, вписаннаго въ цилиндръ C и конусъ B . Проводимъ вертикальныя проекціи круговъ касанія цилиндра C ($2',3'$) и конуса B ($4',5'$) съ шаромъ. Пересѣченіе вертикальныхъ проекцій этихъ круговъ опредѣлитъ намъ точку F' , черезъ которую должны пройти производящія касанія цилиндра C и конуса B

съ плоскостью P . Проводимъ черезъ точку F прямую FD , параллельную рѣзущей линіи. Эта прямая будетъ производящей касанія цилиндра C съ плоскостью P .



Черт. 74. — Построение формы ледорыза и быка (примѣръ III).

Такъ какъ вышеупомянутые шары, вписанные въ конуса A и B должны быть одинаковыхъ радиусовъ, то и вертикальныя проекціи кривыхъ сѣченія цилиндра съ конусами A и B должны быть равны и параллельны другъ другу.

Поэтому проводимъ проекцію кривой сѣченія цилиндра C съ конусомъ A , т. е. прямую $c'd'$ параллельно вертикальной проекціи кривой сѣченія цилиндра C съ конусомъ B , т. е. параллельно $e'f'$. Продолжаемъ $c'd'$ до пересѣченія съ прямой $b'd'$ въ точкѣ d, d' , каковая точка и будетъ нижнею точкой кривой сѣченія цилиндра C съ конусомъ A .

Построеніе конуса A . Такъ какъ шары вписанные въ конуса A и B одинаковыхъ радиусовъ, то проводимъ ось $O_a O_{1a}$ конуса A отъ точки C на такомъ же разстояніи, на какомъ ось конуса B отстоитъ отъ точки E . Производящая касанія конуса A съ плоскостью P должна пройти черезъ точку D .

Чтобы построить ее, проводимъ изъ центра круга основанія конуса O_a и точку d прямую до пересѣченія съ кругомъ основанія въ точкѣ B . Прямая BD и будетъ искомой производящей касанія.

Производящая касанія плоскости P съ конусомъ B именно, прямая FN будетъ параллельна только что найденной производящей BD и должна проходить черезъ точку F .

Построеніе кривой сѣченія цилиндра C съ конусомъ A . Благодаря выбранному расположенію плоскостей проекцій, вертикальная проекція этой кривой будетъ прямою линіею $c'd'$ (теорема 2-я, см. стр. 61) Чтобы построить горизонтальную проекцію этой кривой, покажемъ, какъ опредѣлить положеніе горизонтальной проекціи какой либо точки 6 , вертикальная проекція которой есть точка $6'$. Проводимъ черезъ точку 6 горизонтальную плоскость, которая пересѣчетъ конусъ A по дугѣ круга, вертикальной проекціей которой будетъ прямая $7',8'$, а горизонтальной— дуга круга $7,8$ радіуса равнаго отрезку $7',8'$. Проводя изъ точки $6'$ перпендикуляръ къ оси OX , получимъ искомую горизонтальную проекцію 6 точки 6 въ мѣстѣ пересѣченія его съ только что проведенною дугою круга. Построивъ рядъ точекъ, подобныхъ точкѣ 6 , получимъ кривую сѣченія цилиндра C съ конусомъ A .

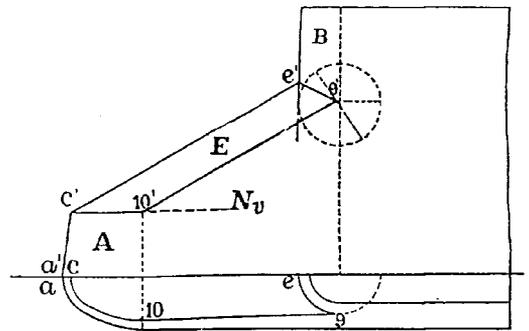
Кривая сѣченія цилиндра C съ конусомъ B будетъ равна и подобно расположена кривой сѣченія цилиндра C съ конусомъ A .

Плоскость P касательная къ цилиндру C и конусамъ A и B опредѣляется раѣе найденными производящими DB и FN . Соединяя точки H и B , получимъ горизонтальный слѣдъ P_h плоскости P .

Построеніе проекціи передней части быка и ледорѣза на плоскости W производится по способу, подобному приведенному въ примѣрѣ I (стр. 71).

Примѣчаніе I. Иногда при проектированіи ледорѣзовъ ставятъ условіемъ, чтобы плоскость нижней переходной кривой была горизонтальна. Въ этомъ случаѣ построеніе формы головы ледорѣза, примѣняясь къ примѣру III, производится слѣдующимъ образомъ (черт. 75).

Опредѣливъ цилиндръ C по способу указанному въ примѣрѣ III, найдемъ горизонтальную проекцію кривой сѣченія цилиндра C съ конусомъ A (теперь эллиптическимъ) головы ледорѣза. Для этого задаемся рядомъ производящихъ цилиндра C и находимъ точки пересѣченія ихъ съ плоскостью N кривой. Проводимъ черезъ найденныя точки прямыя



Черт. 75. — Частный случай образованія формъ ледорѣза (къ примѣру III).

съ уклономъ $i = 1/20$ къ H получимъ поверхность эллиптическаго конуса головы ледорѣза ¹⁾.

Примѣчаніе II. Иногда при проектированіи дѣлаютъ конуса A и B круговыми, а цилиндръ C —эллиптическимъ, оставляя плоскость нижней переходной кривой горизонтальной. При этомъ обыкновенно цилиндръ C выбираютъ такъ, чтобы его горизонтальное сѣченіе было кругомъ. Эта форма примѣнима особенно при значительномъ уклонѣ рѣзущей линіи ($J > 1/1$).

Примѣръ IV. *Симметричный полный ледорѣзъ съ основаніемъ суживающимся. Рѣзущая часть суживающаяся* ²⁾.

Д а н н ы я.

Быкъ (черт. 76).

Высота быка $H = 15$ метр.

Ширина основанія $D = 5$ метр.

Длина широкой части основанія $a = 15$ метр.

Уклонъ плоскостей, образующихъ боковыя поверхности быка R и R' — $i = 1/20$.

Голова и задъ быка ограничены прямыми, круговыми конусами B и D , касательными къ боковымъ плоскостямъ R и R' быка; въ виду этого уклонъ производящихъ конусовъ $i = 1/20$, а радіусъ круговъ основанія $R = \frac{D}{2} = 2,5$ метр.

Ледорѣзъ. Уклонъ рѣзущей линіи $J = 1/1$. Нижній конецъ ея C отстоитъ отъ плоскости H на разстояніи $h_1 = 3$ метр.; верхній ея конецъ E возвышается надъ нижнимъ на разстояніе $h_2 = 8$ метр.

Слѣдовательно верхняя плоскость быка возвышается надъ верхнимъ концомъ рѣзущей линіи на высоту $h_3 = H - (h_1 + h_2) = 15 - (3 + 8) = 4$ метр.

Голова ледорѣза ограничена прямымъ круговымъ конусомъ A , уклонъ производящихъ котораго $i = 1/20$, а радіусъ круга основанія $r = 1,5$ метр.

Боковыя поверхности ледорѣза — плоскости P и P' , касательныя къ конусамъ головъ ледорѣза (A) и быка (B). Рѣзущая часть должна быть ограничена круговымъ конусомъ, суживающимся отъ головы быка къ головѣ ледорѣза, касательнымъ къ плоскостямъ P и P' и проходящимъ черезъ рѣзущую линію EC .

Для простоты построенія предположимъ, что быкъ не имѣетъ карниза.

¹⁾ Для этого черезъ каждую взятую нами точку и черезъ ось конуса A надо проводить плоскость, совмѣщать послѣднюю съ V вращеніемъ около оси конуса A и проводить въ ней прямую съ уклономъ въ $1/20$, послѣ чего повернуть ее около той же оси на тотъ же уголъ обратно.

²⁾ Форма соответствуетъ № 276 изъ таблицы 16.

Построение.

Быкъ (черт. 76).

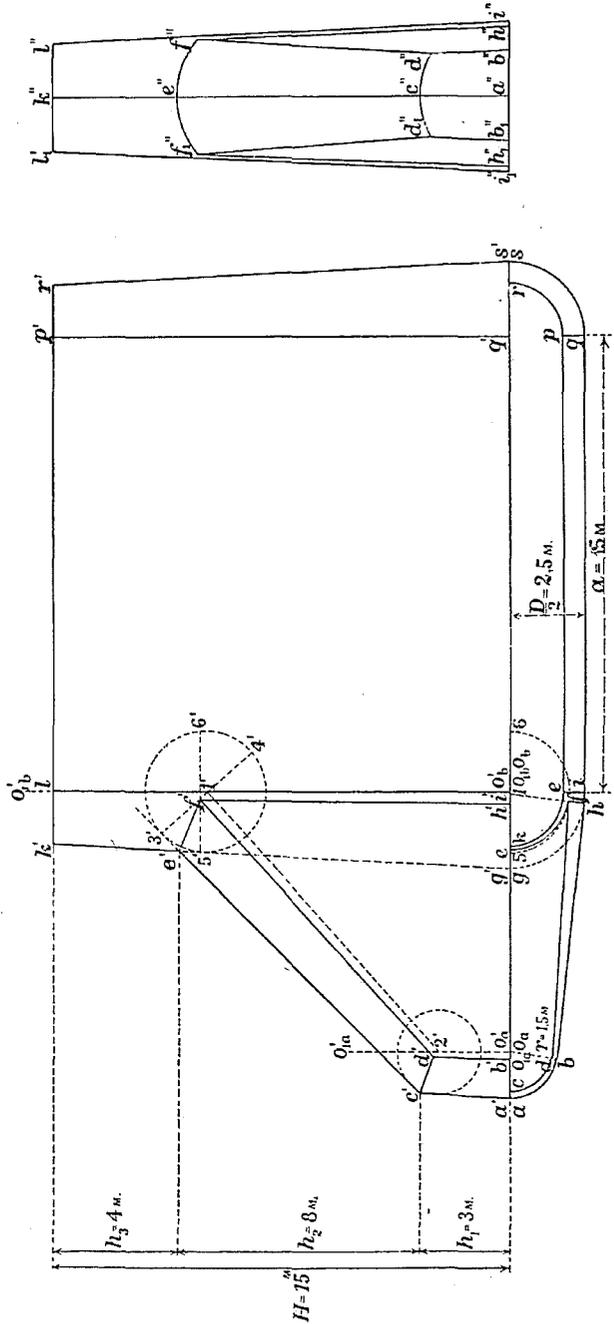
Построения совершенно тѣ же, что и въ примѣрѣ II (стр. 72).

Ледорѣзъ. Построение линии отдѣла на плоскость V тѣ же, что и въ примѣрѣ II (стр. 74).

Построение конуса A головы ледорѣза дѣлается такъ же, какъ и для конуса B головы быка. Данными для построения служатъ 1) производящая AC конуса, 2) радиусъ круга основанія $r = 1,5$ метра.

Построение конуса C рѣзущей части. Согласно заданію конусъ C долженъ быть касательнымъ къ боковымъ плоскостямъ P и P' ледорѣза. Но плоскости P и P' касательны къ конусамъ A и B . Для того, чтобы плоскость P касалась одновременно конусовъ A , C и B необходимо, чтобы конусъ C былъ описанъ вокругъ двухъ шаровъ, изъ которыхъ одинъ вписанъ въ конусъ A , а другой въ конусъ B .

Опредѣлимъ центръ шара, вписаннаго въ конуса B и C . Этотъ центръ 1 опредѣлится пересѣченіемъ двухъ линий: оси O_b, O_{1b} конуса B съ биссектрисею $E, 1$ угла между линиями CE и EK . Кругъ $3', 5'; 4', 6'$ будетъ вертикальной проекціей искомага шара. Совершенно подобнымъ же образомъ находимъ центръ 2 шара вписаннаго въ конуса A и C .



Черт. 76. — Построение формы ледорѣза и быка (примѣръ IV).

Соединяя точки 2 и 1 получимъ ось 1,2 конуса C . Проводимъ кругъ касанія конусовъ $B-5, F, 6$ и $C-3, F, 4$ съ шаромъ. Точка F пересѣченія круговъ между собою опредѣлитъ одну изъ точекъ линіи касанія плоскости P съ конусомъ C . Подобнымъ же образомъ опредѣлимъ и точку D соответствующую точкѣ F и принадлежащую конусу A . Соединяя точки F и D , получимъ производящую касанія плоскости P съ конусомъ C .

Построеніе боковой плоскости P ледорѣза. Зная положеніе точекъ D и F , принадлежащихъ плоскости P не трудно опредѣлить послѣднюю, проведя черезъ эти точки производящія конусовъ A и B , къ которымъ плоскость P должна быть касательна. Описываемъ изъ точки O_a кругъ въ плоскости H радіусомъ 1,5 метра. Этотъ кругъ будетъ служить основаніемъ конуса A на плоскости H . Соединяя точку O_a съ d , получимъ горизонтальную проекцію производящей $O_a D$ касанія плоскости P съ конусомъ A . Точка b пересѣченія этой проекціи съ кругомъ основанія опредѣлитъ точку B производящей касанія. Вертикальная проекція b' этой точки будетъ лежать на оси OX .

Проводя черезъ точку F прямую FH параллельную DB , получимъ производящую касанія плоскости P съ конусомъ B . Эта производящая пересѣчетъ плоскость H въ точкѣ H . Соединяя точки B и H , получимъ горизонтальный слѣдъ P_h плоскости P .

Построеніе линій сѣченія конуса C съ конусами A и B . Производится такъ же какъ и въ примѣрѣ III (стр. 83), при чемъ слѣдуетъ замѣтить, что нижняя и верхняя переходныя кривыя будутъ подобны другъ другу.

Примѣръ V. Заданіе подобно заданію въ примѣрѣ IV. Отличіе лишь въ томъ, что рѣзущая часть ледорѣза ограничена конусомъ уширяющимся отъ головы быка къ головѣ ледорѣза. Построенія подобны таковымъ же въ примѣрѣ IV.

Примѣръ VI. *Симметричный полный ледорѣзъ съ основаніемъ постоянной ширины. Рѣзущая часть уширяющаяся¹⁾.*

Д а н н ы я.

Быкъ (черт. 77).

Высота быка $H = 12$ метр.

Ширина основанія $D = 5$ метр.

Длина широкой части основанія $a = 15$ метр.

Уклонъ плоскостей R и R' , образующихъ боковыя грани быка, $i = 1/20$.

¹⁾ Форма соответствуетъ № 97 изъ таблицы 16.

Голова и задъ быка ограничены прямыми круговыми конусами B и D , касательными къ боковымъ плоскостямъ R и R' быка; въ виду этого уклонъ производящихъ конусовъ $i = 1/20$, а радіусъ круговъ основаніи конусовъ $R = \frac{D}{2} = 2,5$ метр.

Ледорѣзь. Основаніе ледорѣзѣ постоянной ширины $D = 5$ метр.

Уклонъ рѣзущей линіи $J = 1/1$. Нижний конецъ ея C отстоитъ отъ плоскости H на разстояніи $h_1 = 3$ метр.; верхній ея конецъ E возвышается надъ нижнимъ на высоту $h_2 = 8$ метр.

Слѣдовательно верхняя плоскость быка возвышается надъ верхнимъ концомъ рѣзущей линіи на высоту $h_3 = H - (h_1 + h_2) = 15 - (3 + 8) = 4$ метр.

Голова ледорѣзѣ ограничена прямымъ круговымъ конусомъ A , подобнымъ и подобно расположеннымъ конусу B . Радиусъ основанія конуса A равенъ $\frac{D}{2} = 2,5$ метр.

Боковыя поверхности ледорѣзѣ—плоскости R и R' , представляющія продолженіе боковыхъ плоскостей быка.

Рѣзущая часть ледорѣзѣ состоитъ изъ двухъ косыхъ плоскостей S и S' , пересѣкающихся по рѣзущей линіи. Плоскость параллелизма производящихъ 1-го направленія перпендикулярна къ рѣзущей линіи CE . Задаемъ двумя парами производящихъ 1-го направленія для обѣихъ косыхъ плоскостей. Для этого проводимъ черезъ точки C и E плоскости, перпендикулярныя къ CE и въ этихъ плоскостяхъ строимъ углы $\omega_1 = 90^\circ$ съ вершиною въ E и $\omega_2 = 100^\circ$ съ вершиною въ C такъ, чтобы плоскость V служила биссекторною плоскостью этихъ угловъ. Стороны послѣднихъ, лежація съ одной стороны ледорѣзѣ и примемъ за производящія 1-го направленія соотвѣтственной косой плоскости. Соединяя точки пересѣченія только что полученныхъ производящихъ съ плоскостью P , получимъ прямую, которую вмѣстѣ съ рѣзущей линіей примемъ за производящія 2-го направленія косой плоскости.

Построенія.

Быкъ (черт. 77).

Построенія тѣ же, что и въ примѣрѣ II (стр. 72).

Ледорѣзь. Построеніе линіи отдѣла ледорѣзѣ на плоскости V и построеніе основанія ледорѣзѣ тѣ же, что и въ примѣрѣ II (стр. 74).

Построеніе косой плоскости S рѣзущей части. Проводимъ черезъ точку C плоскость параллелизма M производящихъ 1-го направленія перпендикулярную къ рѣзущей линіи CE . Совмѣщаемъ M съ H вращеніемъ ея вокругъ слѣда Mh . Тогда точка C упадетъ въ C_0 . Строимъ у точки c_0 какъ у вершины уголъ $\frac{\omega_2}{2} = \frac{100}{2} = 50^\circ$, одною сто-

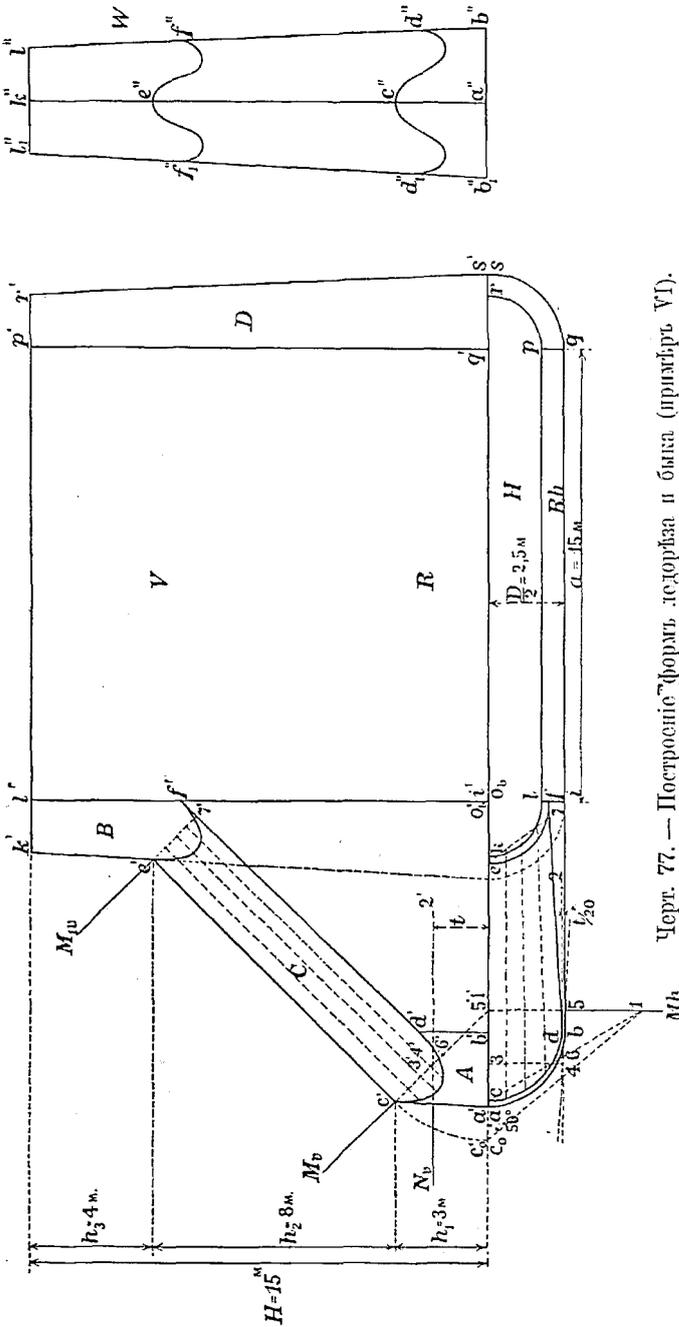
роною котораго была бы ось OX . Пусть найденная сторона $c_0,1$ пере-

сѣчь Mh въ точкѣ 1.

Возвращаемъ плоскость M въ прежнее положеніе. Тогда прямая $C_0,1$, производящая 1-го направленія, займетъ положеніе $C,1$. Найдемъ точку пересѣченія этой прямой съ боковою плоскостью R ледорѣза. Для этого опредѣлимъ сначала линію сѣченія плоскостей M и R . Проводимъ какую-нибудь горизонтальную плоскость N въ разстояніи t отъ плоскости.

Пусть вертикальный слѣдъ этой плоскости будетъ Nv . Тогда линія 2,4 сѣченія N съ R будетъ параллельна оси OX ; горизонтальная проекція 2,4 этой линіи будетъ параллельна Rh и будетъ проходить въ разстояніи $t/20$ отъ него въ сторону оси OX ; вертикальная же проекція 2',4' будетъ совпадать съ Nv .

Линія сѣченія N съ M будетъ перпендикулярна къ V ; вертикальной ея проекціей будетъ точка 4' пересѣченія Mv съ Nv , а горизонтальная будетъ перпендикулярна къ OX и будетъ проходить черезъ точку 3. Пересѣченіе прямыхъ 3,4 и 4,2 и дасть точку 4,



Черт. 77. — Построеніе формы ледорѣза и быка (примѣръ VI).

которая будет одною изъ точекъ линіи сѣченія плоскостей M и R . Другою точкою этой линіи можетъ служить точка 5 , пересѣченія слѣдовъ Mh и Rh . Проводимъ черезъ точки $4, 5$ прямую до пересѣченія съ прямой $C, 1$ въ точкѣ 6 , которая и будетъ искомою точкою пересѣченія производящей 1-го направленія $C, 1$ съ плоскостью R .

Совершенно подобнымъ же образомъ строимъ производящую $E, 7$ 1-го направленія косою плоскости у точки E подъ угломъ $\frac{90}{2} = 45^\circ$ къ плоскости V и находимъ точку ея пересѣченія 7 съ плоскостью R . Соединяя точки 6 и 7 получимъ производящую 2-го направленія, которая вмѣстѣ съ рѣзущей линіей CE опредѣлитъ плоскость параллелизма производящихъ 2-го направленія.

Построеніе линій сѣченія косою плоскости C съ конусами A и B . Для опредѣленія искомыхъ линій сѣченія находимъ послѣдовательно рядъ ихъ точекъ. Сначала задаемся производящими 2-го направленія косою плоскости. Для этого дѣлимъ производящія 1-го направленія $C, 6$ и $E, 7$ на одинаковое число равныхъ частей и соединяемъ соотвѣтственныя точки прямыми, которыя и будутъ производящими 2-го направленія. Пересѣченія ихъ конусами A и B находимъ по способу указанному въ примѣрѣ II (стр. 76).

Построеніе проекцій ледорѣза и быка на плоскости W произойдетъ по способу, аналогичному съ указаннымъ въ примѣрѣ I (стр. 71).

Примѣръ VII. *Симметричный неполный ледорѣзъ съ основаніемъ суживающимся.*

Въ рѣкахъ, гдѣ происходятъ значительныя колебанія горизонтовъ воды и ледохода, и гдѣ послѣдній сравнительно не силенъ, примѣняютъ иногда ледорѣзы неполные, именно безъ рѣзущей части, увеличивая соотвѣтственно высоту головы ледорѣза, которая и играетъ роль рѣзущей части. Въ качествѣ примѣра рассмотримъ одинъ изъ такихъ типовъ, подобный примѣненному на Средне-Сибирской жел. дорогѣ.

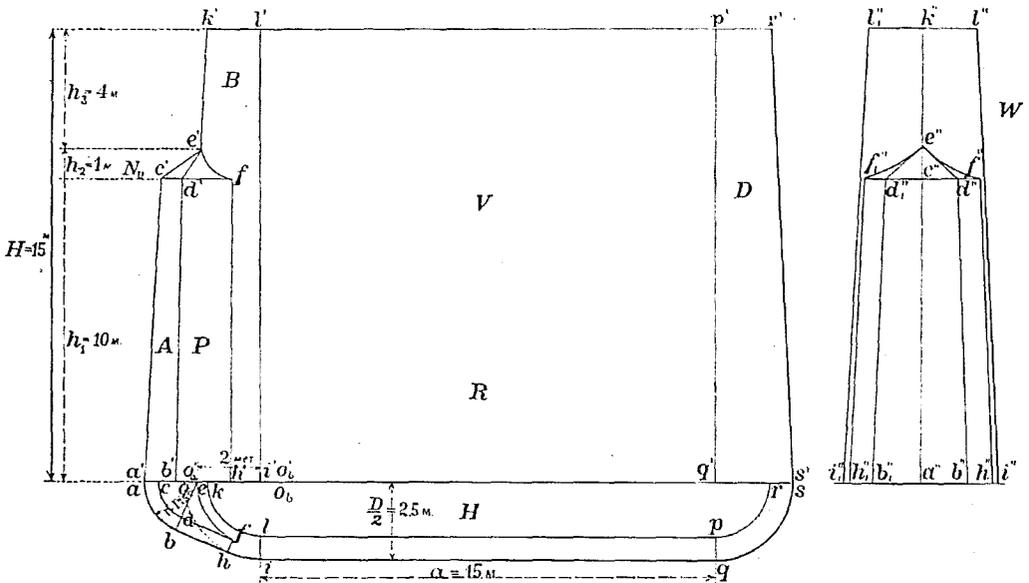
Д а н н ы я.

Быкъ такой же, какъ и въ примѣрѣ II.

Ледорѣзъ (черт. 78).

Уклонъ передней головной линіи ледорѣза $i = \frac{1}{20}$. Верхній конецъ этой линіи отстоитъ отъ плоскости H на разстояніи $h_1 = 10$ метр. Голова ледорѣза A ограничена прямыми круговыми конусами, съ уклономъ производящихъ $i = \frac{1}{20}$. Радиусъ круга основанія конуса $A - r = 1,75$ метр. Разстояніе центра O_a этого круга отъ центра O_b круга основанія конуса B равно 2 метр.

Ядро ледорѣза ограничено плоскостями P и P' касательными къ конусамъ головъ быка и ледорѣза. На высотѣ $h_1 = 10$ метр. отъ H голова ледорѣза сръзана горизонтальною плоскостію N , каковая пересѣкаетъ ледорѣзъ по дугѣ круга, въ мѣстѣ встрѣчи съ поверхностію конуса A , и по двумъ прямымъ, касательнымъ къ этой дугѣ, гдѣ плоскость N пересѣкаетъ плоскости P и P' . Отъ этой линіи сѣченія начинается шапка ледорѣза. Высота шапки, т. е. разстояніе ея вершины E до плоскости N — $h_2 = 1$ метр. Поверхность шапки образована частью изъ поверхности конуса съ вершиною въ точкѣ E , частью двумя плоскостями, касательными къ поверхности конуса шапки. Основаніемъ конуса шапки слу-



Черт. 78. — Построеніе формъ ледорѣза (примѣръ VII).

жить вышеупомянутая дуга круга сѣченія конуса A съ плоскостію N , а плоскости шапки проходятъ черезъ прямыя сѣченія плоскости N съ плоскостями P и P' и черезъ вершину E .

Построенія.

Быкъ. Построенія тѣ же, что и въ примѣрѣ II (стр. 72).

Ледорѣзъ. Голова ледорѣза и его боковыя плоскости стоятся такъ же, какъ въ примѣрѣ IV (стр. 85).

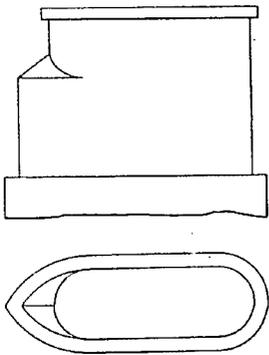
Построеніе шапки ледорѣза. Соединяемъ точку E съ точками C и D . Получаемъ двѣ производящихъ кругового не прямого конуса, ограничивающаго переднюю поверхность шапки, причѣмъ прямая DE пред-

ставить собою линію касанія боковой плоскости шапки (N_1) съ поверхностью конуса. Боковыя плоскости шапки опредѣляются линіями ED и DF .

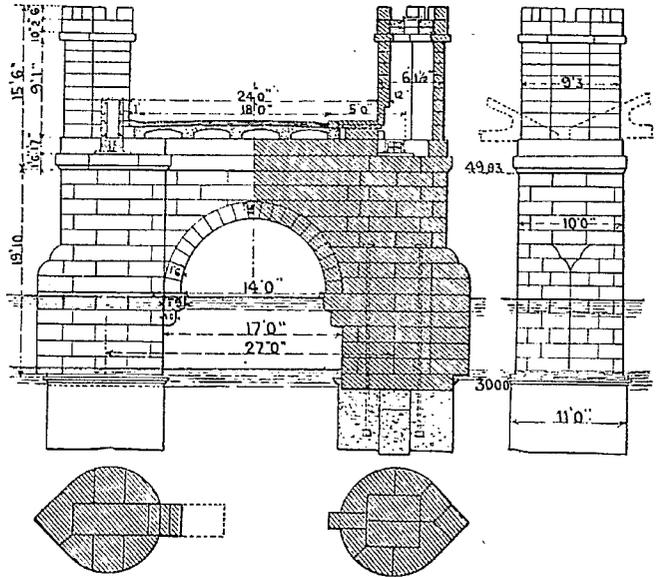
Чтобы построить линію сѣченія плоскости N_1 съ конусомъ B , находимъ послѣдовательно рядъ точекъ пересѣченія различныхъ линій, лежащихъ въ плоскости N_1 съ поверхностью конуса B по способу, указанному въ примѣрѣ II (стр. 76).

Кромѣ формъ ледорѣзовъ указанныхъ въ таблицѣ 16 возможны многія другія. На черт. 79 показанъ неполный симметричный ледорѣзъ, голова котораго образована двумя пересѣкающимися прямыми круговыми цилиндрами.

На черт. 80 изобра-



Черт. 79. — Симметричный неполный ледорѣзъ.



Черт. 80. — Ледорѣзъ Бонарскаго виадука въ Шотландіи.

женъ быкъ съ неполнымъ симметричнымъ ледорѣзомъ, образованнымъ двумя вертикальными, пересѣкающимися подъ прямымъ угломъ плоскостями.

Точность графическаго способа опредѣленія размѣровъ ледорѣза.

При проектированіи ледорѣза необходимо имѣть общіе и детальныя чертежи его поверхностей и конструкціи. Масштабъ чертежа долженъ соответствовать точности работы на мѣстѣ. Обыкновенно принимаютъ масштабъ въ $\frac{1}{10}$ натуральной величины. При точномъ черченіи и соответственно выбранномъ масштабѣ можно достигнуть того, что размѣры, опредѣленные графически, будутъ отличаться отъ истинныхъ на величину допускаемую при производствѣ работъ. Однако, принимая во вниманіе коробленіе чертежной бумаги, толщину проводимыхъ линій и вѣроятныя

ошибки въ черченіи, правильнѣе смотрѣть на чертежъ, какъ на провѣрку размѣровъ, опредѣленныхъ аналитическимъ путемъ. За графическими же построениями останутся спеціальныя достоинства въ томъ, что они способствуютъ выясненію болѣе простаго способа вычисленія, и даютъ большую наглядность и болѣе легкое представленіе въ пространствѣ опредѣляемыхъ размѣровъ.

ГЛАВА СЕДЬМАЯ.

Опредѣленіе размѣровъ каменныхъ ледорѣзовъ путемъ вычисленія (аналитическій методъ).

Примѣръ аналитическаго опредѣленія главнѣйшихъ размѣровъ ледорѣза и быка.—
Опредѣленіе площадей поверхности и объема ледорѣза.

При проектированіи ледорѣзовъ необходимо опредѣлить всѣ размѣры его аналитически, именно, длины его линий: кривыхъ и прямыхъ, величины угловъ линейныхъ и двугранныхъ, площади его поверхностей и объемъ ледорѣза.

Опредѣленіе различныхъ размѣровъ мы будемъ производить при помощи аналитической геометріи не въ пространствѣ, а на плоскости, т. е. будемъ пользоваться не самими линиями, а ихъ проекціями на плоскостяхъ V и H . Это значительно упрощаетъ выкладки и не требуетъ составленія уравненій плоскостей и др. поверхностей.

Разсмотримъ ходъ аналитическаго опредѣленія главнѣйшихъ размѣровъ какого-либо ледорѣза.

Примѣръ. Симметричный полный ледорѣзъ съ основаніемъ постоянной ширины. Рѣзущая часть уширяющаяся.

Д а н н ы я.

Быкъ (черт. 81).

Высота быка $H = 15$ метр.

Ширина основанія $D = 5$ метр.

Длина широкой части основанія $a = 15$ метр.

Уклонъ плоскостей образующихъ боковыя поверхности быка

$$R \text{ и } R' \dots i = 1/20.$$

Голова и задъ быка ограничены прямыми круговыми конусами B и D касательными къ боковымъ плоскостямъ R и R' быка; ввиду этого уклонъ

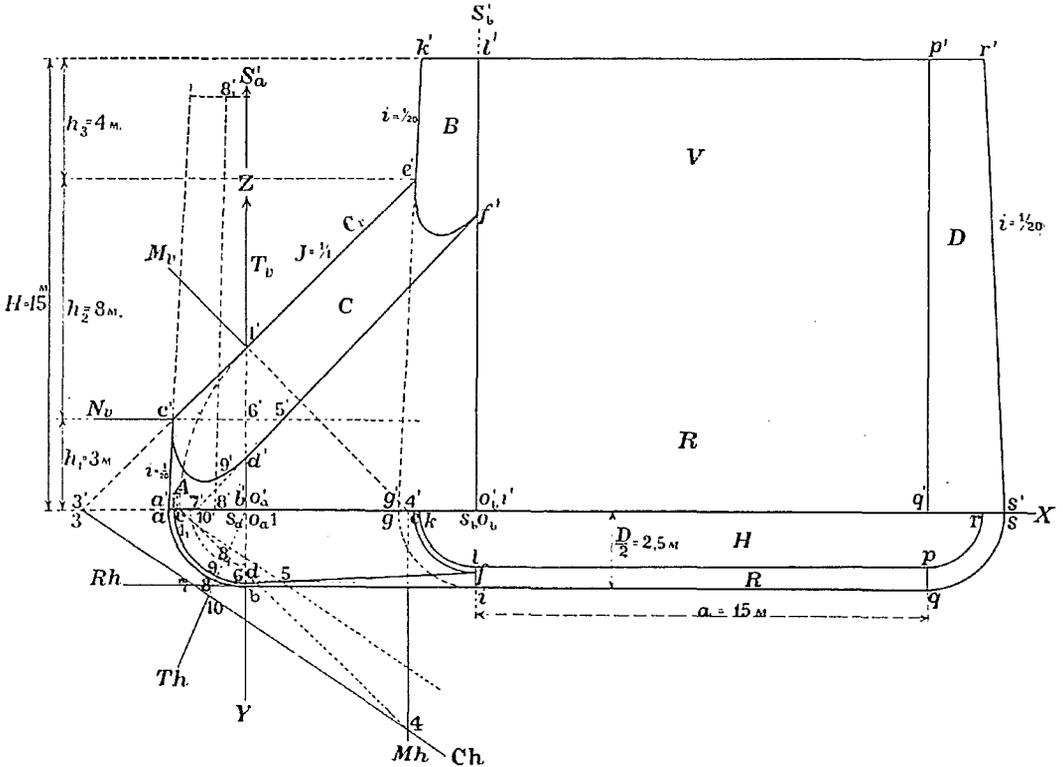
производящих конусовъ $i = 1/20$, а радиусъ основанія конусовъ $R = \frac{D}{2} = 2,5$ метра.

Ледорѣзъ. Основаніе ледорѣза постоянной ширины $D = 5$ метр.

Рѣзущая часть ограничена двумя плоскостями C и C' пересекающимися по рѣзущему ребру подъ угломъ $\alpha = 90^\circ$.

Уклонъ рѣзущей линіи $J = 1/1$.

Голова ледорѣза ограничена прямымъ круговымъ конусомъ A подоб-



Черт. 81. — Ледорѣзъ съ основаніемъ постоянной ширины.—Рѣзущая часть ушряющаяся.

нымъ конусу B головы быка. Ядро ледорѣза ограничено плоскостями касательными къ конусамъ головъ быка (B) и ледорѣза (A).

Высота головы $h_1 = 3$ метр.

Возвышеніе верхняго конца рѣзущаго ребра надъ нижнимъ $h_2 = 8$ метр.

Разстояніе верхней плоскости быка отъ верхняго конца рѣзущаго ребра

$$h_3 = H - (h_1 + h_2) = 15 - (8 + 3) = 4 \text{ метр.}$$

Предположимъ, что у быка карниза нѣтъ.

Вычисления¹⁾.

Быкъ. Радиусъ круговъ сѣченія конусовъ *B* и *D* съ верхней плоскостью быка

$$r = R - H \cdot i = 2,5 - 15 \cdot \frac{1}{20} = 1,75 \text{ метра}$$

Длина производящихъ конусовъ *B* и *D* между верхней плоскостью быка и плоскостью *H*

$$RS = PQ = LI = KL \text{ и т. д.} = \sqrt{(R-2)^2 + H^2} = \sqrt{0,75^2 + 15^2} = 15,019 \text{ метр.}$$

Длина дугъ круговъ нижняго основанія конусовъ *B* и *D*.

$$GI = QS = \frac{\pi R}{2} = \frac{3,142 \cdot 2,5}{2} = 3,928 \text{ м.}$$

Длина дугъ круговъ сѣченія конусовъ *B* и *D* верхнею плоскостью быка

$$RL = PR = \frac{\pi r}{2} = \frac{3,142 \cdot 1,75}{2} = 2,749 \text{ м.}$$

Длина частей *KE* и *EG* производящей *KG*

$$RE = \sqrt{4^2 + \left(4 \cdot \frac{1}{20}\right)^2} = 4,005; \quad KG = 15,019 - 4,005 = 11,014 \text{ м.}$$

Ледорѣзъ. Длина рѣзущаго ребра

$$CE = \sqrt{2,8^2} = 11,314 \text{ метр.}$$

Длина части *AC* производящей конуса *A*

$$AC = \sqrt{3^2 + \left(3 \cdot \frac{1}{20}\right)^2} = 3,004 \text{ м.}$$

Длина широкой части основанія ледорѣза

$$BI = 1,75 + 4 \cdot \frac{1}{20} + 8 + 3 \cdot \frac{1}{20} - 2,5 = 7,600 \text{ метр.}$$

Длина дуги круга основанія конуса *A*

$$AB = GI = 3,928 \text{ метр.}$$

¹⁾ Въ дальѣйшемъ въ случаѣ обозначенія длины какой-нибудь линіи 1,3 цифрами, будемъ писать: дл. 1,3; если же нужно будетъ показать, что длина какой-либо линіи равна 1,3 метра, то будемъ писать просто 1,3 метр. безъ буквъ «дл.».

Опредѣленіе длины прямой DF сѣченія плоскостей C и R .
 Принимаемъ: точку O_a за начало координатъ, ось конуса A за ось Z -овъ, линію $O_a O_b$ за ось X -овъ и перпендикулярную къ этимъ осямъ линію $O_b Y$ — за ось Y -овъ. Положительными направленіями осей будемъ считать тѣ, которыя лежатъ въ I-мъ углу пространства, удаляясь отъ O_b , т. е. направленіе OX вправо отъ O_b ; OZ — вверхъ отъ O_b и OY — перпендикулярно къ первымъ двумъ согласно чертежу. Плоскость H предполагаемъ совмѣщенной съ V .

Координаты точки 1 пересѣченія оси $O_b Z$ съ линіей CE будетъ

$$x = 0; z = 2,50 - 0,15 + 3 = 5,35 \text{ метр.}$$

Проводимъ черезъ точку 1 плоскость M перпендикулярно къ линіи CE .
 Координаты точки 2 пересѣченія плоскости M съ осью OX будутъ

$$x = 5,35 \text{ метр.}; y = 0.$$

Длина отрѣзка 1,2 слѣда Mh будетъ

$$\text{дл. } 1,2 = \sqrt{2 \cdot 5,35^2} = 7,566 \text{ м.}$$

Координаты точки 3 пересѣченія линіи CP съ осью OX будутъ

$$x = 0; y = 5,35 \text{ м.}$$

Длина линіи 3,2

$$\text{дл. } 3,2 = 5,35 + 5,35 = 10,70 \text{ метр.}$$

Совмѣщаемъ плоскость M съ плоскостью H вращеніемъ около Mh .
 Тогда точка 1 упадетъ въ точку 1₁, координаты которой будутъ

$$x = - (7,566 - 5,35) = - 2,216 \text{ м.}; y = 0.$$

Проводимъ изъ точки 1, линію 1,4 подъ угломъ 45° къ OX . Эта линія представляетъ совмѣщенное съ H положеніе линіи 1,4 сѣченіе плоскости M съ плоскостью C .

Координаты точки 4

$$x = 5,35 \text{ м.}; y = 7,566 \text{ метр.}$$

Соединяя точки 3 и 4, получимъ горизонтальный слѣдъ Ch плоскости C .

Проводимъ черезъ точку C горизонтальную плоскость N .

Эта плоскость пересѣчетъ плоскость C по нѣкоторой горизонтали ея C_5 и плоскость R по горизонтали этой послѣдней, которая опредѣляется слѣдующимъ образомъ.

Она должна проходить черезъ какую нибудь точку лежащую въ плоскости R на такой же высотѣ отъ плоскости H какъ и точка C , т. е.

на высотѣ 3 метр. Поэтому горизонтальная проекція 6 этой точки 6 должна отстоять отъ Rh по направлению къ OX въ разстояніи $3 \cdot \frac{1}{20} = 0,15$ метр. Слѣд. уравненіе горизонтальной проекціи 5,6 этой горизонтали 5,6 будетъ

$$y = 2,5 - 0,15 = 2,35 \text{ м.}$$

Координаты точки 5 пересѣченія горизонталей $C, 5$ и $5,6$ опредѣляются слѣдующимъ образомъ:

$$y = 2,35 \text{ м.}$$

$$\frac{\text{дл. } C,2}{\text{дл. } 3,2} = \frac{2,35}{\text{дл. } 2,4}; \text{ откуда дл. } C,2 = \frac{10,70 \cdot 2,35}{7,566} = 3,323 \text{ м.}$$

$$x = 3,323 - 2,35 = 0,973 \text{ м.}$$

Другою точкою линіи сѣченія прямой DF съ плоскостями C и R можетъ служить точка 7 пересѣченія слѣдovъ Ch и Rh . Координаты этой точки опредѣляются слѣд. образомъ:

$$y = 2,5 \text{ м.};$$

$$\frac{\text{дл. } 3,2}{\text{дл. } 2,4} = \frac{\text{дл. } 3,7}{2,5} \text{ или } \frac{10,70}{7,566} = \frac{\text{дл. } 3,7}{2,5}$$

откуда

$$\text{дл. } 3,7 = \frac{2,5 \cdot 10,70}{7,561} = 3,535; x = -(5,35 - 3,535) = -1,815 \text{ м.}$$

Уравненіе вертикальной проекціи $7'5'$ или $d'f'$ прямой 7,5 составится слѣд. образомъ:

$$\left. \begin{array}{l} \text{координаты точки } 7' \dots x = -1,815 \text{ м.} \\ z = 0. \end{array} \right\}$$

$$\left. \begin{array}{l} \text{» } \quad \quad \quad \text{» } 5' \dots x = 0,973 \text{ м.} \\ z = 3 \text{ м.} \end{array} \right\}$$

Уравненіе прямой $d'f'$ будетъ

$$\frac{z-0}{3-0} = \frac{x+1,815}{0,973+1,815} \text{ или } z = 1,076x + 1,949.$$

Уравненіе горизонтальной проекціи df прямой DF составится слѣд. образомъ:

$$\left. \begin{array}{l} \text{Координаты точки } 7 \dots x = -1,815 \text{ м.} \\ y = 2,5 \text{ м.} \end{array} \right\}$$

$$\left. \begin{array}{l} \text{» } \quad \quad \quad \text{» } 5 \dots x = 0,973 \text{ м.} \\ y = 2,35 \text{ »} \end{array} \right\}$$

Уравнение прямой $d'f$ будетъ:

$$y = -0,054x + 2,402.$$

Уравнение вертикальной проекціи $b'd'$ производящей BD касанія конуса A съ плоскостью R будетъ

$$x = 0.$$

Координаты точки d' опредѣляемъ, рѣшая совмѣстно уравненія

$$x = 0; \quad z = 1,076x + 1,949,$$

откуда

$$x = 0; \quad z = 1,949 \text{ м.}$$

Уравнение вертикальной проекціи $i'f'$ производящей касанія IF' конуса B съ плоскостью R будетъ

$$x = 7,60 \text{ м.}$$

Координаты точки f' опредѣляемъ, рѣшая совмѣстно два уравненія

$$x = 7,60; \quad y = 1,076x + 1,949$$

откуда

$$x = 7,60 \text{ м.}; \quad z = 10,127 \text{ м.}$$

Уравнение горизонтальной проекціи db прямой DB будетъ

$$x = 0.$$

Координаты точки d опредѣляемъ, рѣшая совмѣстно два уравненія

$$x = 0; \quad y = -0,054x + 2,402$$

откуда

$$x = 0; \quad y = 2,402 \text{ м.}$$

Уравнение горизонтальной проекціи if прямой IF будетъ

$$x = 7,60.$$

Координаты точки f опредѣляемъ, рѣшая совмѣстно два уравненія

$$x = 7,60; \quad y = -0,0547x + 2,402$$

откуда

$$x = 7,60; \quad y = 1,992 \text{ м.}$$

Слѣдовательно координаты точки D будутъ:

$$x = 0; \quad y = 2,402; \quad z = 1,949 \text{ м.}$$

а координаты точки F' —

$$x = 7,60 \text{ м.}; \quad y = 1,992 \text{ м.}; \quad z = 10,127 \text{ м.}$$

Длина прямой

$$DF = \sqrt{(7,60 - 0)^2 + (1,992 - 2,402)^2 + (10,127 - 1,949)^2} = 11,171 \text{ м.}$$

Длина отрезка BD производящей конуса A будеть

$$BD = \sqrt{1,949^2 + (2,5 - 2,402)^2} = 1,951 \text{ м.}$$

Длины отрезков IF и FL производящей IL конуса B будуть

$$IF = \sqrt{10,127^2 + (2,5 - 1,992)^2} = 10,129:$$

$$FL = 15,019 = 10,129 = 4,890 \text{ метр.}$$

Определение длины отрезка какой-либо производящей $8,9$ конуса A между кругомъ его основанія и плоскостью C . Проводимъ черезъ произвольно выбранную точку 8 на кругѣ основанія конуса A производящую $8, S_a$ конуса до пересѣченія съ плоскостью C въ нѣкоторой точкѣ 9 , пока неизвѣстной. Опредѣлимъ координаты этой точки. Для этого поступаемъ слѣдующимъ образомъ. Проводимъ черезъ производящую $8, S_a$ и черезъ ось конуса A плоскость T , которая пересѣчетъ плоскость C по нѣкоторой прямой $1,10$. Пересѣченіе прямыхъ $8, S_a$ и $1,10$ и опредѣлитъ искомую точку 9 . Производимъ упомянутыя построения въ проекціяхъ и опредѣляемъ необходимые размѣры.

Выбираемъ на кругѣ основанія конуса A какую-нибудь точку 8 , абсцисса которой была бы равна $x = -1$.

Ординату этой точки опредѣлимъ, рѣшая совмѣстно два уравненія

$$1) \text{ круга основанія конуса } A$$

$$x^2 + y^2 = 2,5^2$$

$$\text{и } 2) \quad x = -1$$

откуда

$$y = \sqrt{2,5^2 - 1^2} = 2,291 \text{ метр.}$$

Уравненіе горизонтальной проекціи $8S_a$ производящей $8, S_a$ будеть

$$y = -2,291x.$$

Уравненіе вертикальной проекціи $8', S'_a$ найдемъ слѣд. образомъ.

Координаты вершины S_a конуса A будуть

$$x = 0; \quad z = 2,5 \cdot 20 = 50 \text{ метр.}$$

Слѣд. уравненіе прямой $8', S'_a$ будеть

$$z = 50x + 50.$$

Находимъ уравненіе вертикальной проекціи $1', 10'$ прямой $1,10$ сѣченія плоскостей T и C .

Координаты точки 10 пересѣченія слѣдовъ Tn и Ch опредѣляемъ, рѣшая совмѣстно два уравненія:

1) прямой Th $y = -2,291x$

2) прямой Ch

$$y = \frac{7,566}{10,7}x + 3,784 \text{ или } y = 0,707x + 3,784$$

откуда

$$x = -1,262 \text{ м.; } y = 4,002 \text{ м.};$$

кромѣ того

$$z = 0.$$

Координаты точки 1 пересѣченія слѣдовъ Tv и Cv будутъ

$$x = 0; \quad z = 5,35 \text{ м.};$$

кромѣ того

$$y = 0.$$

Уравненіе вертикальной проекціи $1',10'$ прямой **10,11** будетъ

$$z = \frac{5,35}{1,262} + 5,35 = 4,239x + 5,35.$$

Рѣшая совместно уравненія

$$z = 50x + 50$$

$$z = -4,239x + 5,35,$$

получимъ координаты вертикальной проекціи точки $9'$ искомой точки **9** пересѣченія производящей $8,S_a$ конуса A съ плоскостью C .

$$x = -0,976 \text{ м.; } z = 1,20 \text{ метр.}$$

Горизонтальная проекція 9 точки **9** должна лежать на прямой Th , уравненіе которой

$$y = -2,291x.$$

Абсцисса точки 9

$$x = -0,976.$$

Слѣдовательно ордината точки 9 будетъ

$$y = (-2,291) \cdot (-0,976) = 2,235 \text{ метр.}$$

Итакъ, окончательно, координаты точки **9** будутъ

$$x = -0,976 \text{ м.; } y = 2,235 \text{ м.; } z = 1,20 \text{ метр.}$$

Длина прямой **8,9** будетъ

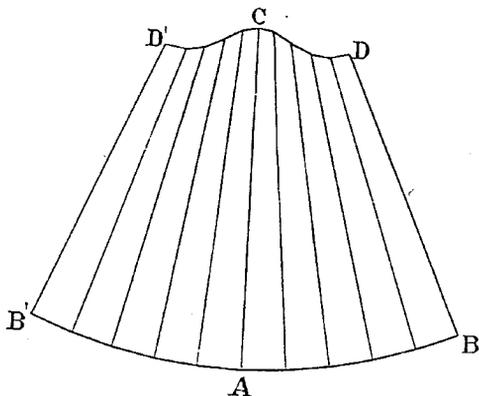
$$\text{дл. } 8,9 = \sqrt{(1-0,976)^2 + (2,291-2,235)^2 + (1,20-0)^2} = 1,346 \text{ метр.}$$

Подобнымъ же образомъ можно опредѣлить длину отрѣзка любой производящей конусовъ A и B между основаніемъ и плоскостью C , и найти координаты концовъ этого отрѣзка. При этомъ слѣдуетъ брать на кругахъ основанія конусовъ одинаковое число точекъ и на одинако-

вомъ разстояніи другъ отъ друга для того, чтобы прямыя, соединяющія соотвѣтственные точки переходныхъ кривыхъ сходились бы всё въ одной точкѣ, именно, въ точкѣ пересѣченія рѣзущаго ребра съ линіей соединяющей вершины конусовъ *A* и *B*, что является удобнымъ для построения переходныхъ кривыхъ при разверзаніи рѣзущей части.

Опредѣленіе площадей поверхности и объема ледорѣза.

Зная всё линейные размѣры ледорѣза, нетрудно опредѣлить площадь его поверхности и объемъ.



Черт. 82. — Видъ развернутой поверхности части конуса съ дѣленіемъ ея на трапеціи.

При этомъ, когда опредѣляется площадь поверхности конусовъ *A* и *B*, то можно вычислить ее съ требуемой точностью, разбивъ ее на нѣсколько трапецій. На черт. 82 показана развернутая поверхность части конуса *A*.

Для избѣжанія грубыхъ ошибокъ при аналитическомъ опредѣленіи величины площадей, полезно опредѣлять тѣ же площади планиметромъ.

Для опредѣленія объема ледорѣза слѣдуетъ разбить его въ зависимости отъ очертанія на рядъ полныхъ и усѣченныхъ конусовъ, цилиндровъ, пирамидъ, призмъ и т. д. и опредѣляетъ объемъ каждой части отдѣльно.

ГЛАВА ВОСЬМАЯ.

Правила разрѣзки кладки каменныхъ ледорѣзовъ.

Облицовка. Быкъ. Ледорѣзъ. Облицовка рѣзущей части. Соединеніе облицовки ядра ледорѣза съ облицовкою быка. Облицовка ядра ледорѣза.—Забутка.—Соединеніе забутки ледорѣза и быка съ облицовкою ихъ.—Связи между камнями, притеска камней и укрѣпленіе рѣзущей части.—Форма и вѣсъ камней.

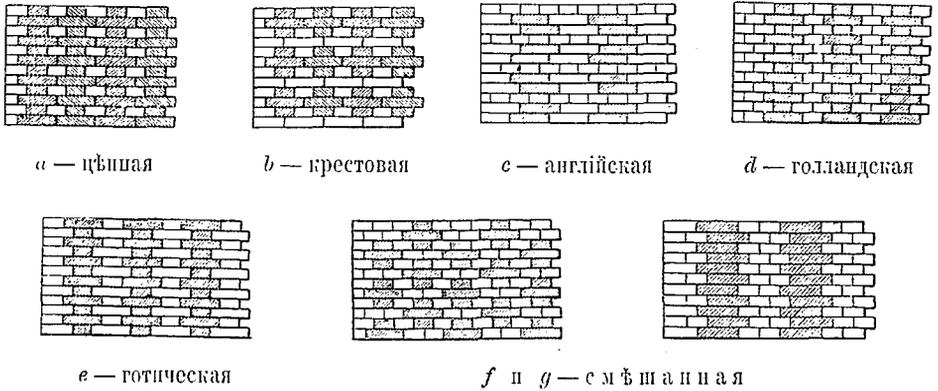
Облицовка.

Быкъ. Разрѣзка облицовки быка производится по общимъ правиламъ разрѣзки каменной кладки тремя рядами плоскостей: 1) горизонтальными, 2) вертикальными, нормальными къ поверхности облицовки и 3) вертикальными, нормальными къ первымъ двумъ. Очевидно, въ слу-

чаѣ ограниченія головы или зада быка поверхностью кругового конуса или цилиндра, необходимо плоскости второй системы проводить через оси этихъ тѣлъ¹⁾.

Различаютъ два рода облицовки²⁾: облицовка поверхностная, и облицовка въ перевязку. Обыкновенно въ ледорѣзахъ и быкахъ примѣняютъ второй родъ облицовки, такъ какъ въ этомъ случаѣ точки чередуются съ ложками, чего нѣтъ въ поверхностной облицовкѣ, гдѣ вся поверхность состоитъ или изъ однихъ тычковъ или изъ однихъ ложекъ.

Перевязка швовъ можетъ быть различной, смотря по роду облицовки и забутки. На черт. 83 показаны различные виды перевязокъ швовъ:

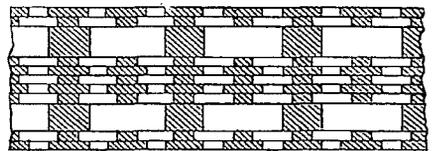


Черт. 83. — Виды перевязокъ швовъ.

Наилучшей изъ нихъ является готическая перевязка ввиду того, что облицовка вездѣ одинакова прочно связана съ забуткой тычковыми камнями. Въ отношеніи же простоты работа и также хорошей связи съ забуткой является цѣпная перевязка, хотя здѣсь затрачивается матеріала больше, нежели при перевязкѣ готической, потому что увеличивается число тычковъ.

Въ отношеніи прониканія сырости внутрь кладки первое мѣсто занимаютъ перевязки англійская и готическая, какъ имѣющія наименьшее количество швовъ, второе—цѣпная и крестовая и послѣднее—голландская.

Упомянутые виды перевязокъ примѣнимы въ случаѣ кирпичной и тесовой облицовокъ. Если же облицовка смѣшанная, т. е. ряды тесовыхъ камней чередуются съ рядами кирпича, то упомянутые перевязки

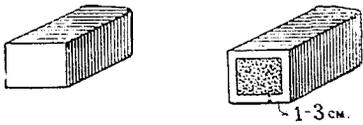


Черт. 84. — Смѣшанная облицовка.

¹⁾ Отступленіе отъ правилъ разрѣзки см. курсъ В. Бурдюмова «Каменная кладка».

²⁾ Подразумѣвается облицовка толщиной въ одинъ рядъ камней.

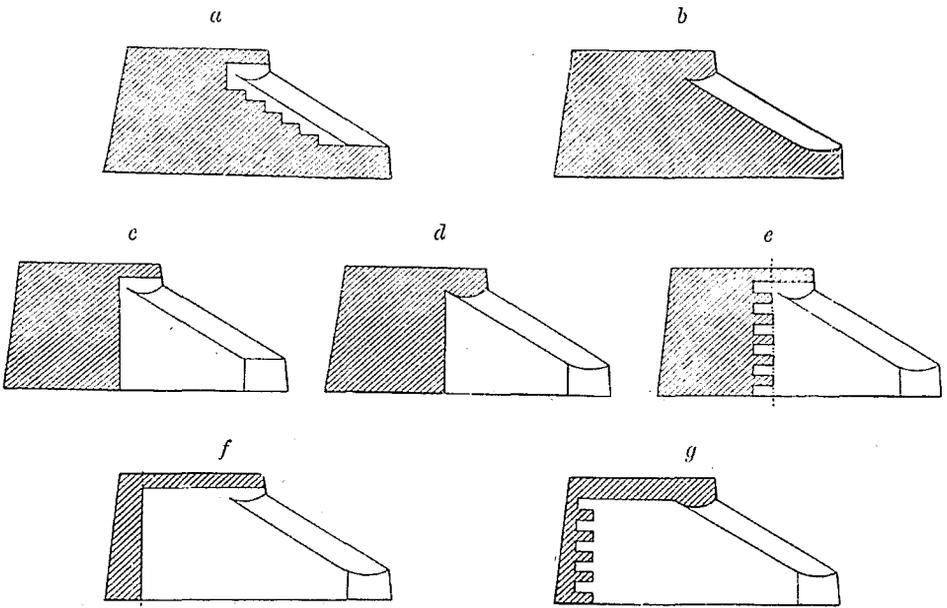
комбинируютъ, избѣгая по возможности соединенія заусенковъ въ смежныхъ рядахъ. На черт. 84 показанъ примѣръ смѣшенной облицовки, гдѣ кирпичная кладка имѣетъ готическую перевязку. Конечно можно сдѣлать цѣпную перевязку и какую-нибудь другую въ зависимости отъ толщины кирпичной облицовки и ея поперечнаго профиля.



a—чистая теска *b*—теска въ рамку
Черт. 85. — Формы обтески поверхности камней.

Что касается до вида поверхности камней, выходящей на поверхность быка, то она бываетъ или чистой тески (черт. 85 *a*) или тески въ рамку (черт. 85 *b*).

Въ зависимости отъ силы и направленія ледохода или ограничиваются чистой теской облицовкой рѣзущей части ледорѣза (черт. 86 *a* и *b*) оставляя облицовку остальной части ледорѣза и быка обтесанной въ рамку¹⁾, или всю облицовку ледорѣза



Черт. 86. — Части поверхности быка и ледорѣза чистой тески и тески въ рамку.

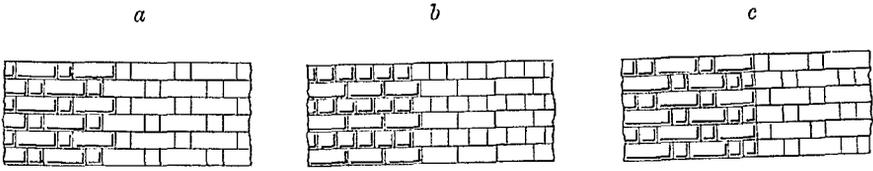
дѣлаютъ чистой тески по типу черт. 86, *c*, *d*, *e*. Иногда продолжаютъ облицовку чистой тески до заднихъ боковыхъ реберъ быка (черт. 86, *f*, *g*).

На черт. 87, *a*, *b* и *c* показаны типы соединенія облицовки обтесанной въ рамку съ облицовкой чистой тески.

¹⁾ На чертежахъ № 86 *a*, *b*, *c*, *d*, *e*, *f*, *g* части поверхности облицовки, обтесанной въ рамку, заштрихованы.

Размѣры рамки камней при облицовкѣ въ рамку дѣлаются отъ 1—3 сант. (0,005—0,015 саж.).

Высота горизонтальныхъ рядовъ облицовки бываетъ или постоянной по высотѣ быка или переменною въ зависимости отъ удобства сопряже-



Черт. 87.—Типы соединенія облицовки обтесанной въ рамку съ облицовкой чистой тески.

нiя облицовки быка съ облицовкой ледорѣза. Иногда дѣлаютъ по всей высотѣ быка ряды одинаковой высоты за исключенiемъ самаго верхняго ряда у карниза и самаго нижняго ряда — у основанiя быка (черт. 88). Это обусловливается опять-таки расположенiемъ горизонтальныхъ рядовъ облицовки ледорѣза.

Высота рядовъ тесовой облицовки колеблется въ предѣлахъ 0,10—0,30 саж. (0,21—0,54 метр.); въ среднемъ же обыкновенно принимаютъ ее въ 0,17—0,23 саж. (0,36—0,50 метр.).

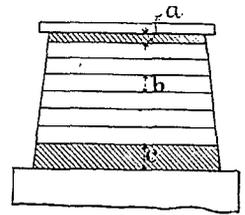
Ледорѣзъ. Разрѣзка облицовки ледорѣза подчиняется вообще правиламъ разрѣзки каменной кладки.

Однако въ нѣкоторыхъ случаяхъ отступаютъ отъ этихъ правилъ. Разсмотримъ разрѣзку облицовки отдѣльныхъ частей ледорѣза.

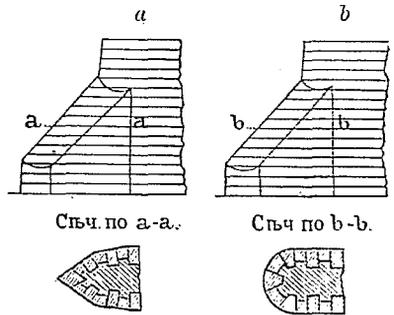
Облицовка рѣзущей части. Выборъ системы плоскостей разрѣзки

зависитъ отъ уклона рѣзущаго ребра и отъ вида поверхности ограничивающей рѣзущую часть. Дѣленiе кладки на ряды или первая система плоскостей разрѣзки образуется при помощи плоскостей горизонтальныхъ, если рѣзущее ребро имѣетъ крутой уклонъ ($J > 1/1$), и если въ сѣченiяхъ рѣзущей части получаются простыя очертанiя — прямолинейныя (черт. 89, *a*) или по дугамъ круга (черт. 89, *b*). Первое можетъ быть въ случаѣ ограниченiя рѣзущей части плоскостями, а второе — эллиптическимъ цилиндромъ или конусомъ.

Разрѣзка горизонтальными плоскостями имѣетъ то удобство, что этими же плоскостями можно произвести и разрѣзку облицовки быка,



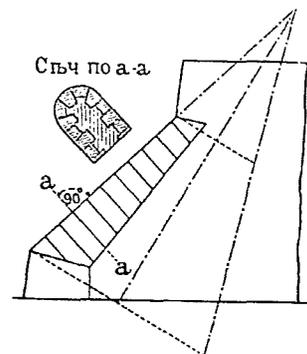
Черт. 88.—Облицовка быка рядами не равной высоты.



Черт. 89.—Разрѣзка облицовки рѣзущей части горизонтальными плоскостями.

и, кромѣ того, форма облицовочныхъ камней ледорѣза вообще получается проще, нежели при другой системѣ плоскостей. Однако въ смыслѣ сопротивленія выбиванію ряда облицовочныхъ камней разрѣзка подобнаго рода является невыгодной, такъ какъ ударами и сдвигающему дѣйствию льда подвергаются только тѣ ряды, которые съ нимъ соприкасаются.

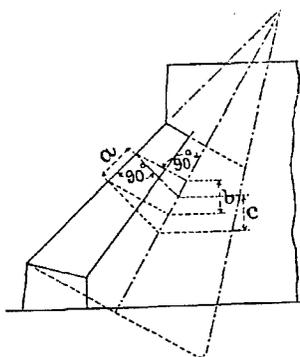
Кромѣ того при такого рода разрѣзкѣ у камней образуются острые углы. Поэтому первую систему плоскостей разрѣзки образуютъ при помощи наклонныхъ плоскостей. Здѣсь могутъ встрѣтиться два случая: 1) плоскости разрѣзки перпендикулярны къ рѣзущему ребру и 2) плоскости разрѣзки наклонны къ нему ¹⁾.



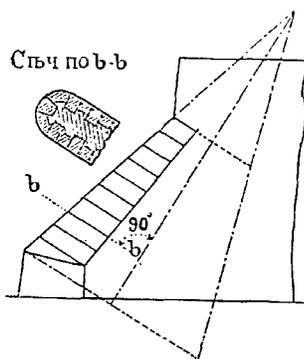
Черт. 90.—Разрѣзка облицовки рѣзущей части наклонными плоскостями. 1-й случай.

Первый случай имѣетъ мѣсто, когда рѣзущая часть ограничена плоскостями, поверхностями цилиндровъ или эллиптическихъ конусовъ или косою плоскостью. Тогда въ поперечномъ сѣченіи рѣзущей части плоскостью разрѣзки получается фигура съ простыми очертаніями — прямыми линіями или дугами круговъ (черт. 90) ²⁾. При ограниченіи рѣзущей части поверхностью эллиптического конуса и при данной высотѣ ряда облицовки по рѣзущему

ребру въ этомъ случаѣ высота рядовъ облицовки ядра ледорѣза получается больше, нежели во второмъ случаѣ, какъ это видно изъ черт. 91.



Черт. 91.—Зависимость между наклономъ 1-й системы плоскостей разрѣзки къ рѣзущему ребру и высотой рядовъ облицовки ядра ледорѣза.



Черт. 92.—Разрѣзка облицовки рѣзущей части наклонными плоскостями. 2-й случай.

ребру въ этомъ случаѣ высота рядовъ облицовки ядра ледорѣза получается больше, нежели во второмъ случаѣ, какъ это видно изъ черт. 91.

Второй случай примѣняется въ случаѣ ограниченія рѣзущей части

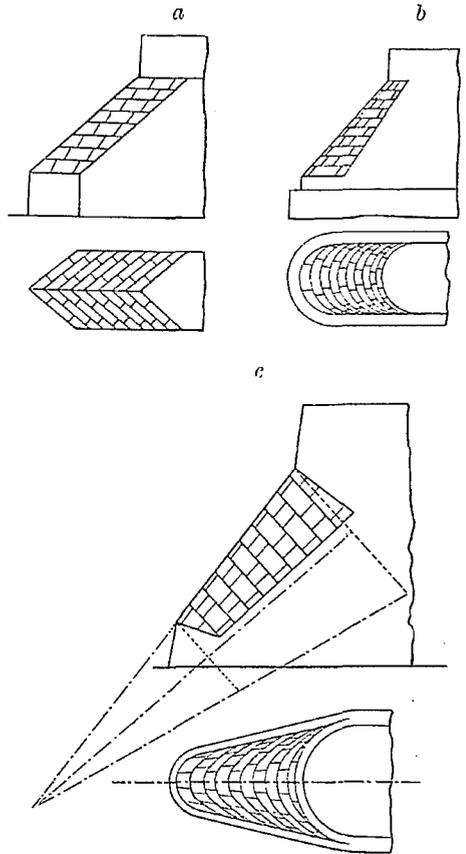
¹⁾ Наклонъ принимается въ сторону отъ головы ледорѣза къ головѣ быка считая по низу.

²⁾ При соответственномъ выборѣ поверхности конуса или косою плоскости.

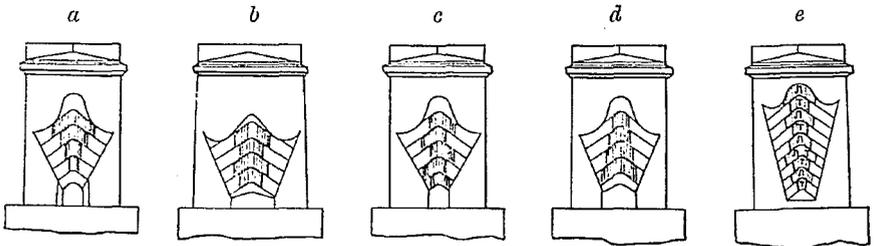
поверхностью кругового конуса. Тогда плоскость разръзки перпендикулярна къ оси этого конуса и въ поперечномъ сѣченіи его рѣзущей части получается дуга круга (черт. 92).

Дѣленіе рядовъ облицовки, образованныхъ первою системою плоскостей разръзки на отдѣльные камни производится второю и третьею системами плоскостей разръзки. Плоскости второй системы нормальны къ плоскостямъ первой системы и нормальны къ поверхности рѣзущей части (черт. 93 *a, b* и *c*). Наконецъ, плоскости третьей системы нормальны къ плоскостямъ 1-й и 2-й системъ.

Перевязка швовъ облицовки рѣзущей части можетъ быть сдѣлана по типамъ, указаннымъ на черт. 94. Однако иногда приходится отступать отъ указанныхъ перевязокъ ввиду незначительной ширины рѣзущей части и трудности сопряженія ея облицовки съ облицовкою головъ быка и ледорѣза. На чертежахъ 94 *a, b, c, d, e* показаны особые виды перевязокъ швовъ облицовки рѣзущей части, при чемъ на черт. *c* указана не симметричная перевязка швовъ, каковая иногда примѣняется въ симметричныхъ и не симметричныхъ ледорѣзахъ, а на черт. *e* показанъ осо-



Черт. 93. — Вторая система плоскостей разръзки облицовки рѣзущей части.

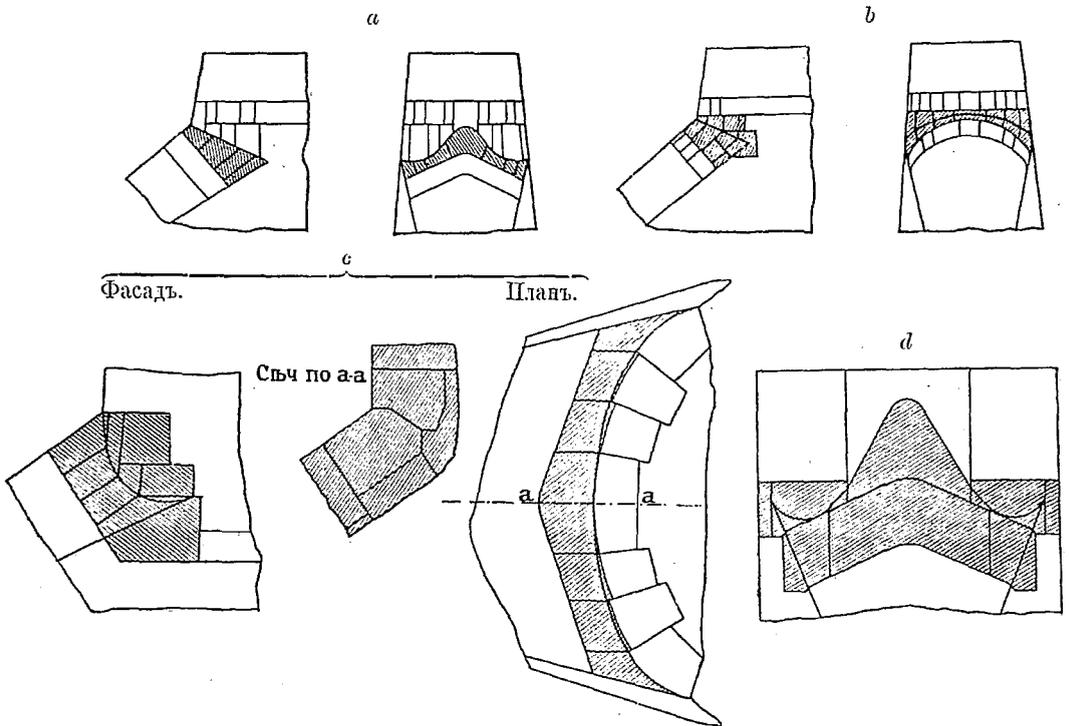


Черт. 94. — Типы перевязокъ швовъ рѣзущей части по рѣзущему ребру.

бый видъ симметричной перевязки, гдѣ камень *л*, *т* служитъ ложкомъ для выше лежащихъ рядовъ и тычкомъ для ниже лежащихъ. Такого рода

перевязка вызывается слишком большим углом при вершинѣ конуса, ограничивающаго рѣжущую часть и значительною длиною рѣжущей части.

Наибольшую трудность представляетъ разрѣзка камней по переходнымъ кривымъ. Здѣсь приходится считаться съ двумя возрѣніями. По одному изъ нихъ швы могутъ быть по верхней переходной линіи. По другому же — по этой кривой швовъ быть не должно. На черт. 95а показана разрѣзка, отвѣчающая 1-му возрѣнію. Эту разрѣзку особенно выгодно примѣнять, когда верхняя переходная линія — кривая плоская. Тогда и поверхность разрѣзки будетъ плоскостью. На черт. 95б пока-



Черт. 95. — Разрѣзка кладки облицовки рѣжущей части около верхней переходной линіи.

зана разрѣзка, отвѣчающая второму возрѣнію, каковая въ большинствѣ случаевъ и примѣняется.

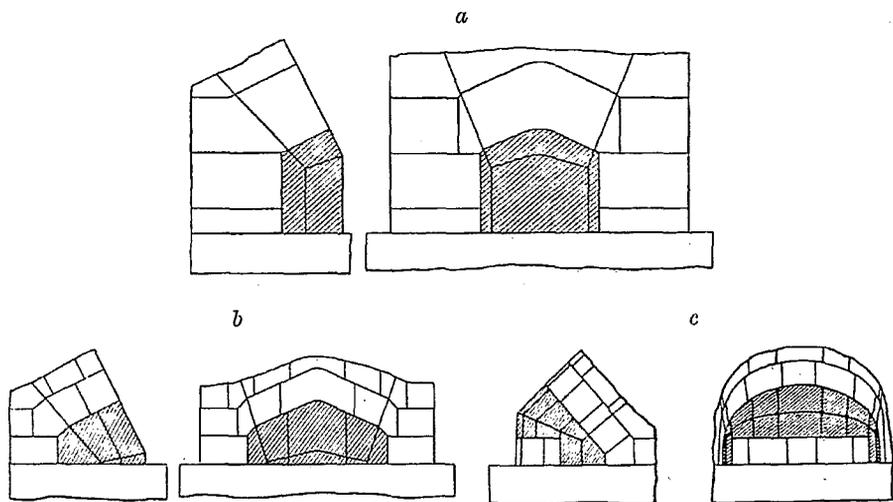
Наконецъ встрѣчаются примѣры, гдѣ плоскости разрѣзки первой системы касаются переходной кривой, примѣромъ чего можетъ служить ледорѣзъ Троицкаго моста въ С.-Петербургѣ черезъ р. Неву (черт. 95с). На черт. 95, d показанъ еще одинъ типъ разрѣзки подобный предъидущему.

Разрѣзка камней облицовки по нижней переходной линіи представляетъ меньше затрудненій; здѣсь не слѣдуетъ дѣлать швовъ по этой линіи, такъ какъ въ противномъ случаѣ получились бы камни съ острыми

углами. На черт. 96 (*a, b* и *c*) показано нѣсколько примѣровъ разрѣзки кладки облицовки рѣзущей части по нижней переходной линіи.

Разсмотримъ теперь соединеніе облицовки рѣзущей части съ облицовкою ядра ледорѣза. Здѣсь могутъ быть примѣнены различные типы соединеній наклонныхъ рядовъ съ горизонтальными, указанные на черт. 97 (*a, b, c, d, e*).

Относительно выбора того или другого сопряженія, нельзя дать опредѣленныхъ правилъ. Нужно лишь по возможности выбирать наиболѣе простыя формы камней и избѣгать въ нихъ острыхъ и входящихъ угловъ.



Черт. 96.—Разрѣзка кладки облицовки рѣзущей части около нижней переходной линіи.

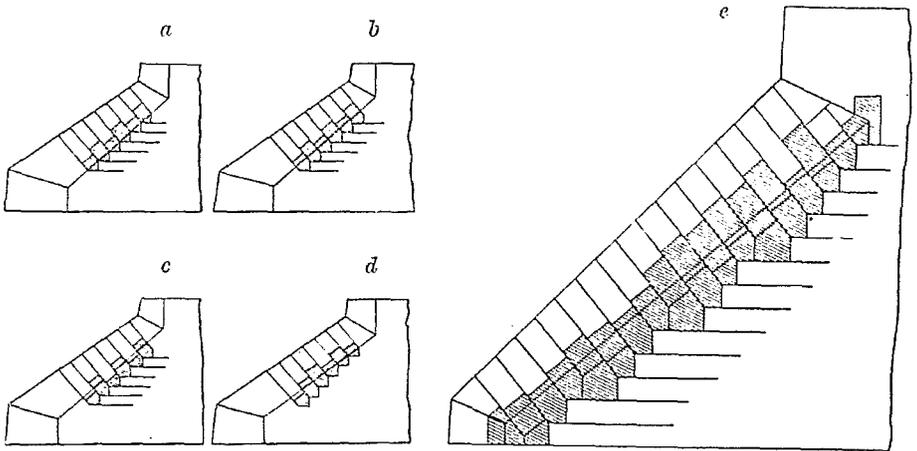
Сопряженіе угловъ облицовки рѣзущей части съ облицовкою быка и ледорѣза дѣлается различнымъ образомъ. На черт. 98, 95 и 97e показано нѣсколько примѣровъ этого соединенія.

Соединеніе облицовки ядра съ облицовкою быка дѣлаютъ обычнымъ способомъ, именно, ряды облицовки быка служатъ продолженіемъ рядовъ облицовки ядра ледорѣза.

Облицовка ядра дѣлается по типамъ указаннымъ на черт. 83. На отдѣльномъ листѣ чертежей (къ стр. 116, черт. *g* и *e*) показана однообразная (готическая) перевязка швовъ кладки облицовки быка и ядра ледорѣза. Иногда дѣлаютъ разрѣзку кладки облицовки ядра ледорѣза и быка не одинаковаго типа, какъ показано на черт. 99, гдѣ облицовка ядра сдѣлана ложковыми рядами, а перевязка швовъ облицовки быка — готическая. Наконецъ, иногда, приходится совсѣмъ отказаться отъ однообразія въ перевязкѣ швовъ кладки облицовки ядра, что бываетъ при незначительной длинѣ послѣдняго.

На черт. 100, *a* и *b* показанъ вертикальный рядъ облицовочныхъ камней тесовой кладки, помѣщенный въ мѣстѣ соединенія поверхностей ядра и быка.

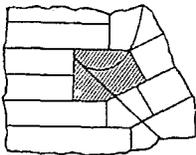
Высота рядовъ кладки облицовки зависить отъ того, какой силы бываетъ на рѣзкѣ ледоходъ, какими подъемными механизмами распола-



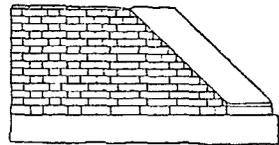
Черт. 97.—Соединеніе облицовки рѣзущей части съ облицовкою ядра.

гаетъ строитель п какой величины камни онъ можетъ достать. Обычно принимаютъ высоту рядовъ облицовки рѣзущей части отъ 0.15—0.50 саж. (0.32—1.07 метр.), причемъ иногда не всѣ ряды дѣлаютъ одинаковой высоты.

Соединеніе кирпичной облицовки съ тесовой дѣлается по типу указанному на черт. 101а¹⁾. При этомъ слѣдуетъ дѣлать зубцы тесовой обли-



Черт. 98.—Соединеніе угла облицовки рѣзущей части съ облицовкою быка и ядра ледорѣза.



Черт. 99.—Разрѣзка кладки облицовки быка и ядра ледорѣза.

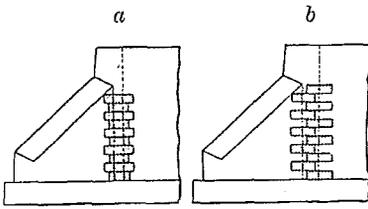
цовки такой длины, чтобы не было совпаденія швовъ заусенковъ подобно указанному на черт. 101б.

При соединеніи кирпичной и тесовой облицовокъ камни послѣдней должны имѣть форму прямоугольнаго параллелепипеда, а размѣры

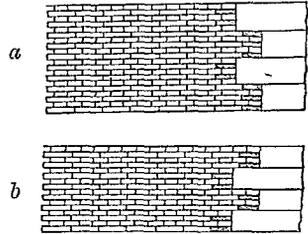
¹⁾ Штриховкой показаны трехчетвертные кирпичи.

ихъ по высотѣ должны быть кратными размѣровъ нѣсколькихъ рядовъ кирпича, принимая во вниманіе и толщину швовъ кирпичной кладки.

Забутка. Забутка быка и ледорѣза дѣлается различнаго рода. Если ледоходъ на рѣкѣ очень силенъ, и если строитель располагаетъ хорошими подъемными механизмами и имѣетъ въ своемъ распоряженіи крупные

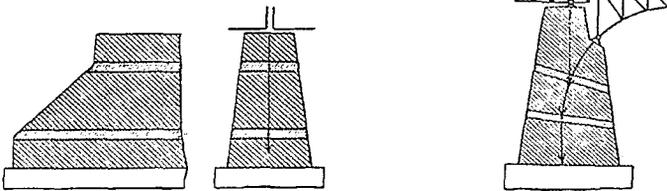


Черт. 100. — Соединеніе облицовки ядра съ облицовкою быка.



Черт. 101. — Соединеніе тесовой облицовки съ кирпичной.

камни, то устраивается сплошная тесовая забуутка ледорѣза, а иногда и всего быка. Обыкновенно же забутка какъ быка, такъ и ледорѣза устраивается изъ бутового камня. Среднее между этими видами забутки представляетъ забутка смѣшанная, т. е. состоящая изъ бутовой кладки съ рядами тесоваго камня. На черт. 102, *a* и *b* показана забутка быка



a—горизонтальные прокладные ряды.

b—наклонные прокладные ряды.

Черт. 102.—Забутка съ прокладными рядами.

съ прокладными рядами. Толщина прокладныхъ рядовъ дѣлается около 0,15—0,30 саж. (0,32—0,64 метр.), и устраиваются они изъ одного или нѣсколькихъ рядовъ камней тесовой кладки.

Прокладной рядъ долженъ состоять изъ камней возможно большаго размѣра (площадью около 0,1 кв. с.), соединенными другъ съ другомъ связями или помощью рѣшетки.

Разстояніе между прокладными рядами зависитъ отъ размѣровъ быка и отъ величины давленія приходящагося на каждый прокладной рядъ. Въ существующихъ сооруженіяхъ разстояніе между прокладными рядами колеблется приблизительно въ предѣлахъ 1—3,20 саж. (2—6,8 метр.).

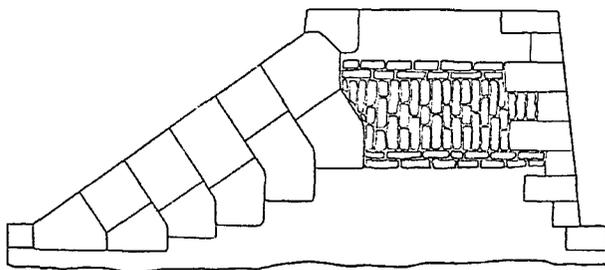
Назначеніе прокладныхъ рядовъ въ забуткѣ двоякое: 1) они передаютъ приходящееся на нихъ сверху давленіе болѣе равномерно на всю площадь горизонтальнаго сѣченія опоры и 2) они ограничиваютъ небольшими предѣлами, именно, между смежными прокладными рядами возможности распространенія трещинъ или неравномѣрности осадка ¹⁾.

Прокладные ряды устраиваются такъ, чтобы направленіе наибольшаго дѣйствующаго усилія было нормально къ ихъ плоскости (черт. 102, б).

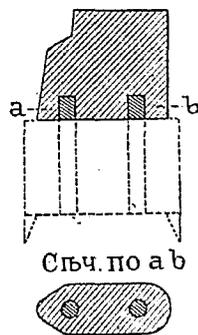
Иногда забутку дѣлаютъ бетонной. Бетонъ употребляется разныхъ составовъ въ зависимости отъ размѣровъ быка и силы ледохода.

Ряды забутки устраиваются иногда не горизонтальными слоями, а наклонными или вертикальными (черт. 103) для лучшаго сопротивленія слоевъ скалыванію.

Забутка быка и ледорѣза соединяется съ



Черт. 103.—Вертикальные ряды забутки ледорѣза.



Черт. 104.—Соединеніе забутки быка и ледорѣза съ забуткой ихъ основанія.

забуткой основанія ихъ вертикальными частями болѣе прочной кладки, которая составляетъ продолженіе забутки шахтовыхъ трубъ кессона и служитъ опять таки для лучшаго сопротивленія скалыванію быка по плоскости основанія (черт. 104).

Соединеніе забутки ледорѣза и быка съ облицовкой ихъ дѣлается различнымъ образомъ.

На черт. 105 показано соединеніе кирпичной облицовки съ забуткой въ перевязку.

Сединеніе бетонной забутки съ облицовкой дѣлается по типу указанному на черт. 106 а и б.

Въ случаѣ тесовой облицовки, камни послѣдней обтесываются иногда только съ поверхности и на глубину 0,02—0,20 саж. (0,04—0,4 метр.) по постелямъ и заусенкамъ швовъ для болѣе плотнаго прилеганія одного

¹⁾ Приблизительный способъ опредѣленія числа и взаимнаго разстоянія между прокладными рядами въ каменныхъ опорахъ приведенъ въ сочиненіи Л. Николаи «Мосты» изд. 1901 г., стр. 709.

камня къ другому, а остальную часть его грубо обкалываютъ въ видѣ неправильной суживающейся закругленной пирамиды (черт. 107).

Соединеніе тесовой облицовки рѣзущей части съ забуткой дѣлается слѣдующимъ образомъ. Если забутка сдѣлана изъ бутоваго камня, то упомянутое соединеніе устраивается по типу, указанному на черт. 108, *a*, *b* и *c*.

Въ томъ случаѣ, когда удары льдинъ очень сильны, для лучшаго сопряженія облицовки рѣзущей части ледорѣза съ забуткой устраиваютъ подъ облицовкой рѣзущей части второй рядъ тесовыхъ камней.

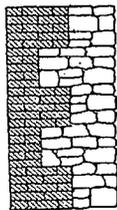
Наконецъ устраиваютъ еще сопряженіе облицовки рѣзущей части съ забуткой въ видѣ лѣстницы (черт. 109 *a* и *b*), дѣлая всю рѣзущую часть изъ тесанныхъ камней. Въ послѣднемъ случаѣ полезно устраивать связи между рѣзущею частью и ядромъ ледорѣза для лучшаго сопротивленія сдвигу въ поперечномъ направленіи.

Связи между камнями, притеска камней и укрѣпленіе рѣзущей части. Въ случаѣ, если въ распоряженіи строителя имѣются облицовочные камни незначительныхъ размѣровъ, или если удары льдинъ весьма сильны, то для соединенія камней между собою для лучшаго сопротивленія сдвигу примѣняются связи металлическія и каменные; кромѣ того самымъ камнямъ кладки придаютъ помощью притески ту или иную форму, способствующую лучшему соединенію ихъ между собою ¹⁾.

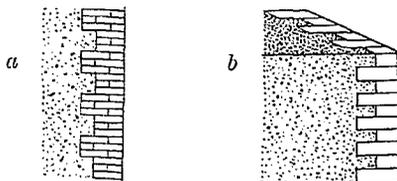
Для лучшей связи между рядами по высотѣ примѣняютъ вертикальные тычки, камни съ выступами и кубики.

Однако при этомъ слѣдуетъ замѣтить, что лучше употреблять для облицовки камни возможно большихъ размѣровъ и не сложной формы, такъ какъ вытѣсываніе сложной формы обходится дорого, и связи, благодаря вліянію ржавчины и разности коэффициентовъ расширенія металла и камня, могутъ ослабнуть въ своихъ гнѣздахъ.

Для укрѣпленія рѣзущаго ребра, послѣднее иногда покрываютъ желѣзной или стальной полосой, соединяя ее потайными болтами съ клад-



Черт. 105. — Соединеніе кирпичной облицовки съ забуткой.



Черт. 106. — Соединеніе бетонной забутки съ облицовкой.

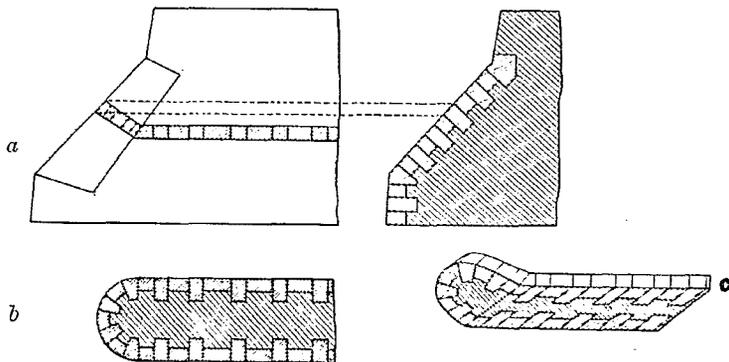


Черт. 107. — Форма камня обтесаннаго только съ поверхности быка и по постелямъ и заусенкамъ швовъ.

¹⁾ См. соч. В. Курдюмова «Каменная кладка» и «Handbuch der Architectur» 1 Band. 3 Theil.

кой. Однако приготовление подобной полосы очень затруднительно въ виду того, что она должна имѣть форму вполне соответствующую очертанію рѣзущей части ледорѣза, и кромѣ того остается въ силѣ вредное вліяніе перемѣнъ температуры.

Форма и вѣсъ камней. Размѣры штучныхъ камней тесовой облицовки колеблются въ довольно широкихъ предѣлахъ. Отношеніе между

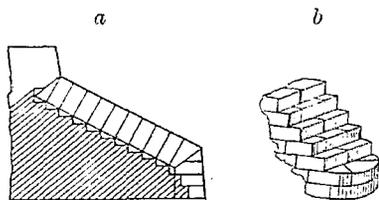


Черт. 108.—Соединеніе облицовки съ забуткой въ перевязку.

высотой h , шириною b и длиною l камня можетъ находиться приблизительно въ слѣдующихъ предѣлахъ:

$$h : b : l = 1 : 2 : 2$$

$$h : b : l = 1 : 1 : 5.$$



Черт. 109.—Соединеніе облицовки рѣзущей части съ забуткой въ видѣ лѣстницы.

Наиболѣе удобною формою для перевязки является одна изъ промежуточныхъ, а именно, которая имѣетъ отношеніе сторонъ

$$h : b : l = 1 : 2 : 4.$$

Вообще для облицовки быка и ледорѣза и въ особенности для рѣзущей части желательно примѣнять болѣе тяжелые камни. При постройкѣ ледорѣзовъ Троицкаго моста въ Петербургѣ черезъ р. Неву вѣсъ облицовочныхъ камней доходилъ до 400 пудовъ (6.550 килогр.); объемъ ихъ достигалъ до 0,21 куб. с. (2,22 куб. метр.). Обыкновенно же примѣняютъ камни объемомъ около 0,1 куб. саж. (1 куб. метр.).

Камень на мѣсто работъ доставляется въ большинствѣ случаевъ въ формѣ параллелепипедовъ, изъ которыхъ вытесываются камни требуемой формы. Поэтому при проектированіи формы камня полупно слѣдуетъ опредѣлять и размѣры параллелепипеда, изъ котораго онъ можетъ быть вытесанъ, набавляя 0,2—1 сант. на чистую обтеску, въ зависимости отъ грубости обтески поверхности присылаемыхъ параллелепипедовъ.

Швы постелей и заусенковъ тесовой кладки облицовки дѣлаются толщиной 0,002—0,003 саж. (0,4—0,6 сант.). Перекрытіе швовъ дѣлается не менѣе 0,05 саж. (0,10 метр.). Если ставится условіемъ, чтобы нигдѣ на ребрахъ и на переходныхъ линияхъ не было бы ни пересѣченій швовъ ни совпаденія послѣднихъ съ ними, то разстояніе ближайшей къ ребру линіи шва или пересѣченія швовъ дѣлается не менѣе 0,05 с. (0,10 метр.).

Кирпичъ, примѣняемый для облицовки имѣетъ размѣры $6 \times 3 \times 1\frac{1}{2}$ вершка. Однако при этомъ приходится дѣлать въ ложковыхъ и тычковыхъ рядахъ швы заусенковъ разной толщины, именно, въ тычковыхъ рядахъ при правильной перевязкѣ швы будутъ вдвое меньше, нежели въ ложковыхъ.

По Урочному Положенію на 1 пог. саж. кладки полагаетъ 7,6 ложковъ и 15,2 тычковъ. При этихъ размѣрахъ толщина шва заусенка въ ложковомъ ряду будетъ 0,316 вершка (0,00658 саж.), а въ тычковомъ 0,158 верш. (0,00329 саж.). На 1 саж. высоты полагается 27 рядовъ кирпичной кладки. Слѣдовательно, при указанныхъ размѣрахъ кирпича толщина шва будетъ 0,277 вершка (0,00577 саж.).

Правильнѣе было бы дѣлать кирпичъ размѣрами $0,150 \times 0,06 \times 0,03125$ с., а толщину швовъ заусенковъ—0,005 саж. При этомъ толщина швовъ заусенковъ въ ложковыхъ и въ тычковыхъ рядахъ была бы одинакова.

(Въ Германіи размѣръ кирпича принять $250 \times 120 \times 65$ мм. Толщина швовъ заусенковъ—10 мм., постелей—12 мм. На высотѣ 1 метра укладывается ровно 13 рядовъ такого кирпича).

ГЛАВА ДЕВЯТАЯ.

Исполнительные чертежи и другія данныя проекта каменнаго ледорѣза.

Комплектъ чертежей. Разверзаніе поверхностей.—Графическій способъ разверзанія. Аналитическій способъ разверзанія.—Шаблоны и модели. Примѣненіе аксонометрѣи.

Количество чертежей. Для полнаго проекта каменнаго ледорѣза необходимо имѣть слѣдующіе чертежи.

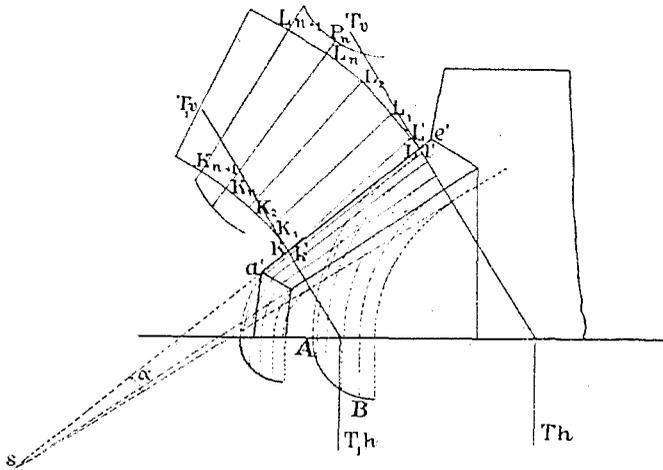
- 1) Общій видъ ледорѣза въ проекціяхъ на H , V и W .
- 2) Различныя разрѣзы ледорѣза въ зависимости отъ его конструкціи.
- 3) Детальныя чертежи каждаго камня въ проекціяхъ на H , V и W .
- 4) Развернутую поверхность всего ледорѣза.
- 5) Развернутую поверхность каждаго камня ледорѣза.

6) Изображеніе отдѣльныхъ группъ камней ледорѣза въ аксонометрическихъ проекціяхъ.

7) Изображеніе отдѣльныхъ камней наиболѣе сложной формы въ аксонометрическихъ проекціяхъ.

На чертежахъ должны быть показаны: нумерація камней, обозначенія граней и реберъ и размѣры ихъ, какъ-то: длины прямыхъ и кривыхъ реберъ, длины хордъ, стягивающихъ дуги, стрѣлы дугъ, величины угловъ линейныхъ и двугранныхъ, размѣры швовъ постелей и заусепковъ.

Разверзаніе поверхностей. Для обтески камня необходимо имѣть чертежъ каждой грани его съ показаніемъ всѣхъ размѣровъ. Между тѣмъ



Черт. 110.—Разверзаніе поверхности рѣзущей части ледорѣза.

выше было только указано, какъ получать размѣры отдѣльныхъ камней въ ортогональныхъ проекціяхъ. Покажемъ теперь, какъ развернуть поверхность какой-нибудь части ледорѣза, имѣя изображеніе его въ ортогональныхъ проекціяхъ. Пусть дана построенная въ ортогональныхъ проекціяхъ поверхность суживающейся конической рѣзущей части (черт. 110). Разверзаніе этой поверхности можно произвести двумя способами—графическимъ и аналитическимъ.

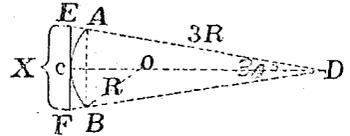
Графическій способъ разверзанія состоитъ въ слѣдующемъ¹⁾.

Проводимъ какую-нибудь плоскость T перпендикулярно къ оси конуса рѣзущей части. Совмѣщаемъ плоскость T съ H вращеніемъ около слѣда T_h . Тогда на плоскости H получится въ совмѣщенномъ положеніи n , слѣдовательно, въ неискаженномъ видѣ дуга AB круга сѣченія плоскости T съ поверхностью конуса C . Длину этой дуги можно опредѣлить по способу Николая Куза (черт. 111).

¹⁾ Болѣе подробныя указанія о разверзаніи различныхъ поверхностей можно найти въ соч. В. Курдюмова: «Курсъ начертательной геометріи. Проекціи ортогональныя. Ч. I и II».

Проводимъ черезъ середину (c) хорды AB перпендикулярную къ ней линію cD и откладываемъ на ней отръзокъ $cD = 3R$ отъ точки c пересѣченія линіи cD съ дугою AB . Соединяемъ точку D съ точками A и B и продолжаемъ линіи AD и BD до пересѣченія въ точкахъ E и F съ проведенной черезъ точку c касательной къ дугѣ AB . Длина прямой EF и выразитъ длину спрямленной дуги AB ¹⁾.

Дѣлимъ дугу AB (черт. 110) на произвольное число равныхъ частей такъ, чтобы каждую часть дуги можно было бы считать по длинѣ равной соотвѣтствующей хордѣ съ достаточной точностью. Возвращаемъ плоскость T въ прежнее положеніе. Проводимъ новую плоскость T' подобную плоскости T и дѣлимъ такъ же дугу круга сѣченія ея съ поверхностью конуса C на такое же число равныхъ между собой частей. Соединяя соотвѣтствующія точки дугъ обоихъ круговъ, получимъ на поверхности рѣзущей части рядъ равныхъ другъ другу отръзковъ производящихъ этой конической поверхности.



Черт. 111. — Опредѣленіе длины дуги круга по способу Николая Куза.

Всѣ эти отръзки будутъ равны длинѣ KL линіи AE между точками K и L пересѣченія рѣзущей линіи съ плоскостями T и T' . Длина частей кривыхъ сѣченія плоскостей T и T' съ поверхностью конуса опредѣляется по вышеупомянутому способу Николая Куза.

Слѣдовательно разверзаніе поверхности конуса сводится къ построению ряда правильныхъ трапецій по извѣстнымъ сторонамъ ихъ. Предположимъ, что поверхность конуса C развертывается отъ линіи AE и совмѣщается съ плоскостью V . Пусть длина спрямленной части дуги круга въ сѣченіи плоскостью T будетъ (a), а въ сѣченіи плоскостью T' —(b), причемъ $a > b$.

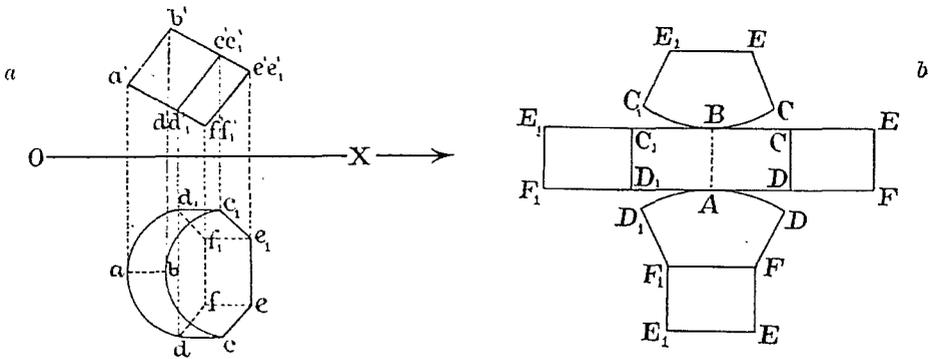
Строимъ въ плоскости V равнобедренный треугольникъ, одною изъ равныхъ сторонъ котораго былъ бы отръзокъ KL , а третьею неравной стороной $a - b$. Получаемъ треугольникъ KLL' . Проводимъ черезъ точку K линію параллельную LL' и откладываемъ на ней отъ точки K отръзокъ $KK_1 = b$. Изъ точки K_1 проводимъ прямую параллельную KL , до пересѣченія съ LL' въ точкѣ L_1 . Трапеція KK_1L_1L и представить собою совмѣщенную съ V часть поверхности конуса C между его двумя производящими KK_1, L_1L_2 . Продолжая построеніе подобнымъ же образомъ, получимъ послѣдовательно рядъ примыкающихъ другъ къ

¹⁾ Если уголъ AOB равенъ 30° , то, при указанномъ способѣ, точность опредѣленія длины дуги — $1/2000$. Поэтому, если уголъ AOB больше 30° , или, если требуется большая точность, то слѣдуетъ дугу AB разбить на нѣсколько частей, и опредѣлить длину каждой части отдѣльно.

другу трапецій, которыя и представляют собою развернутую часть поверхности конуса C .

Опредѣлимъ теперь длину какого-либо отръзка $L_n P_n$ производящей $K_n L_n$ между кругомъ сѣченія плоскости T съ поверхностью конуса и верхней переходной кривой. Для этого слѣдуетъ провести черезъ прямую $K_n L_n$ въ пространствѣ плоскости N перпендикулярную къ H и совмѣстить ее съ V или съ H . Тогда линия $L_n P_n$ будетъ проектироваться въ неизскаженную величину.

Опредѣливъ такимъ образомъ длину ея, слѣдуетъ отъ точки L_n отложить вверхъ по производящей $K_n L_n$ длину $L_n P_n$. Тогда получится точка P_n верхней переходной кривой при развернутомъ положеніи поверхности конуса C . Построивъ подобнымъ образомъ рядъ точекъ верх-



Черт. 112 *a* и *b*. — Разверзаніе поверхности конуса.

ней и нижней кривыхъ, получимъ окончательное очертаніе развернутой и совмѣщенной съ V поверхности конуса C рѣзущей части.

Въ случаѣ, если предстоитъ развернуть поверхности цилиндра, то задача упрощается тѣмъ, что вмѣсто кривыхъ (дугъ круговъ), $L, L_1, L_2 \dots L_n$ и $K, K_1, K_2 \dots K_n$, мы получили бы прямыя $L, L_1, L_2 \dots L_n$ и $K, K_1, K_2 \dots K_n$, перпендикулярныя къ KL . Отръзки $LL_1 = L_1 L_2 = L_n L_{n+1}$ и т. д. будутъ равны отръзкамъ $KK_1, K_1 K_2 \dots K_n K_{n+1}$ и т. д., а производящія $KL, K_1 L_1, \dots$ будутъ параллельны другъ другу.

Въ случаѣ примѣненія поверхности неразверзаемой (косая плоскость, цилиндроидъ, коноидъ), очевидно, нельзя построить ихъ поверхности совмѣщенные съ V .

На отдѣльномъ листѣ чертежей показаны развернутыя поверхности ледорѣза и быка примѣнительно къ примѣру № 277 таблицы 16.

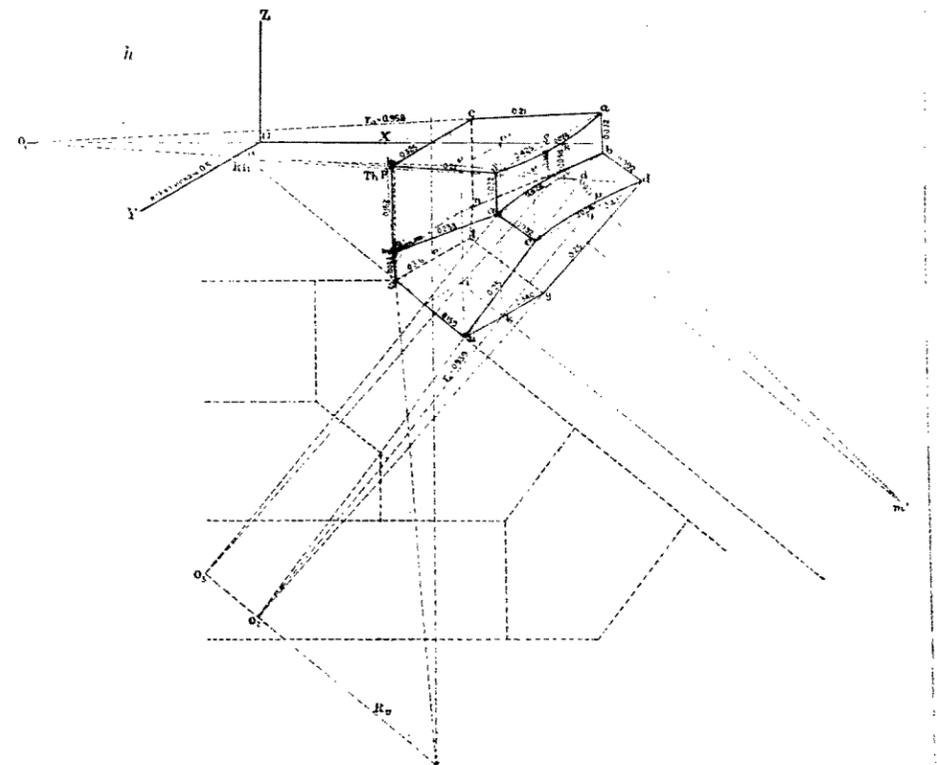
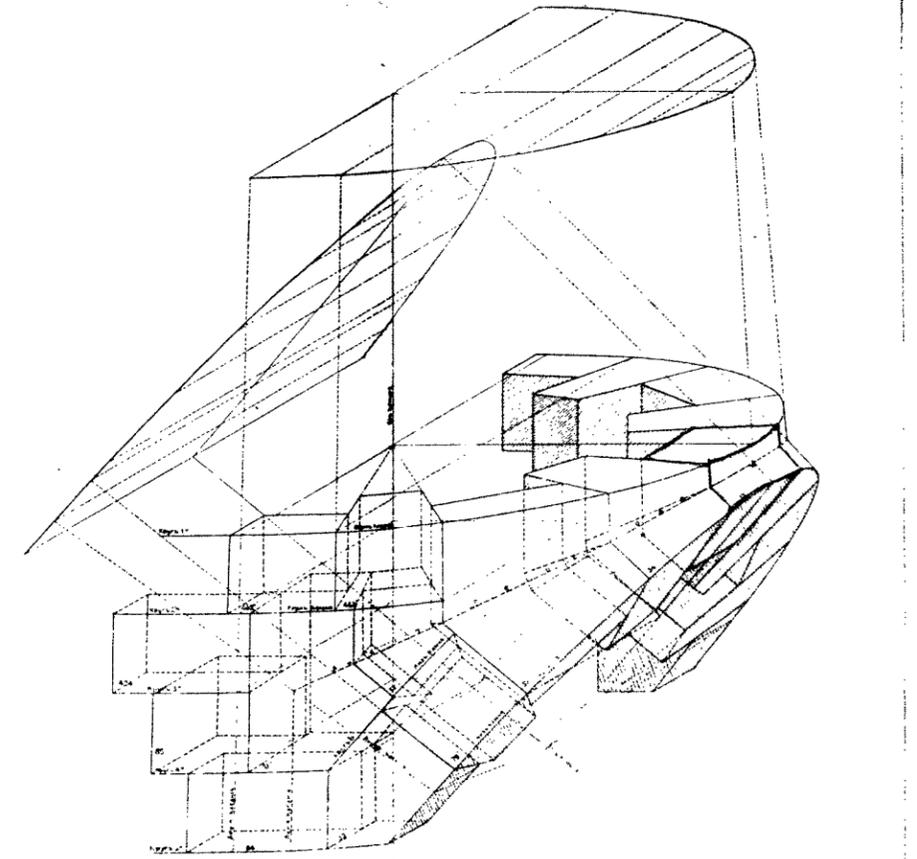
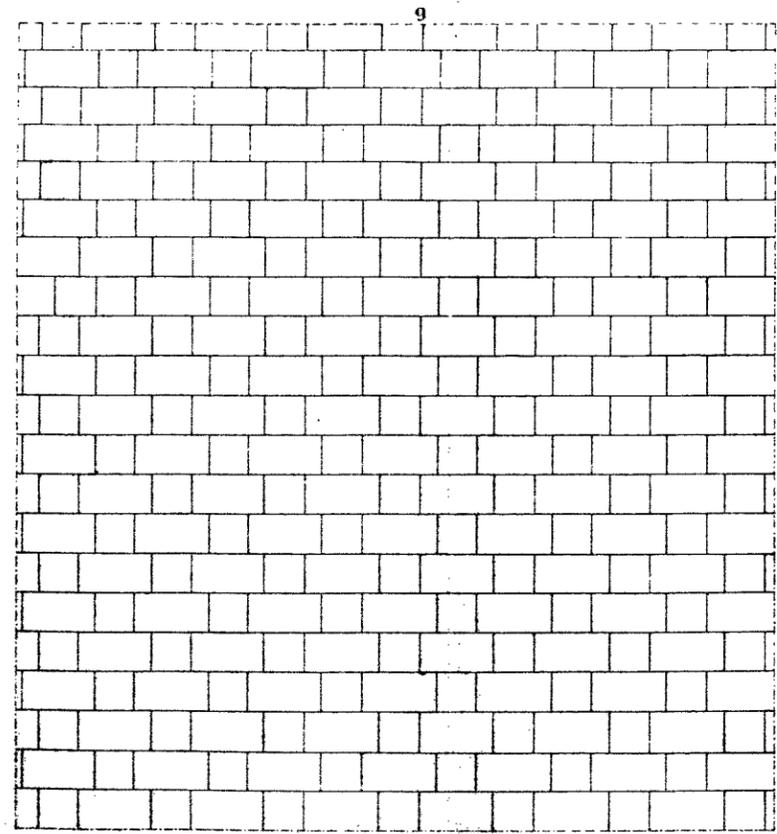
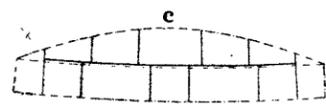
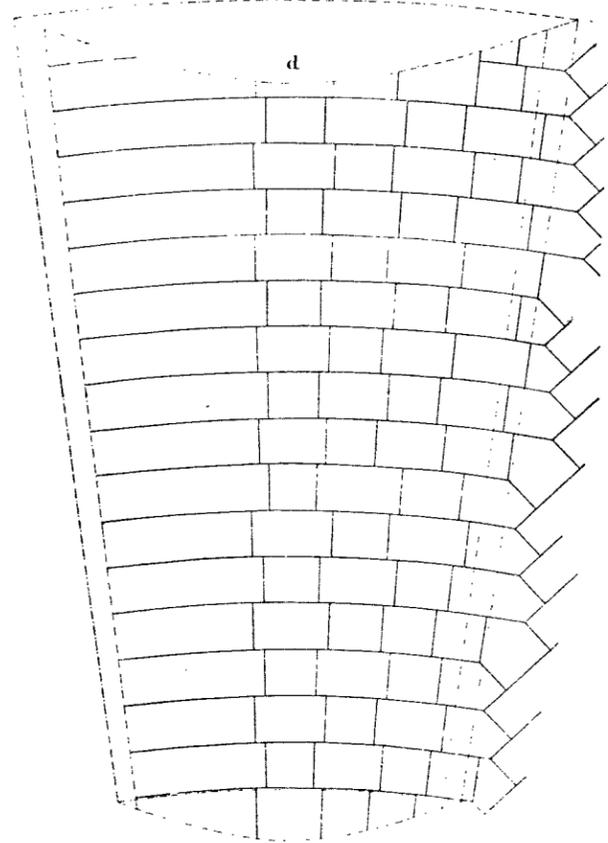
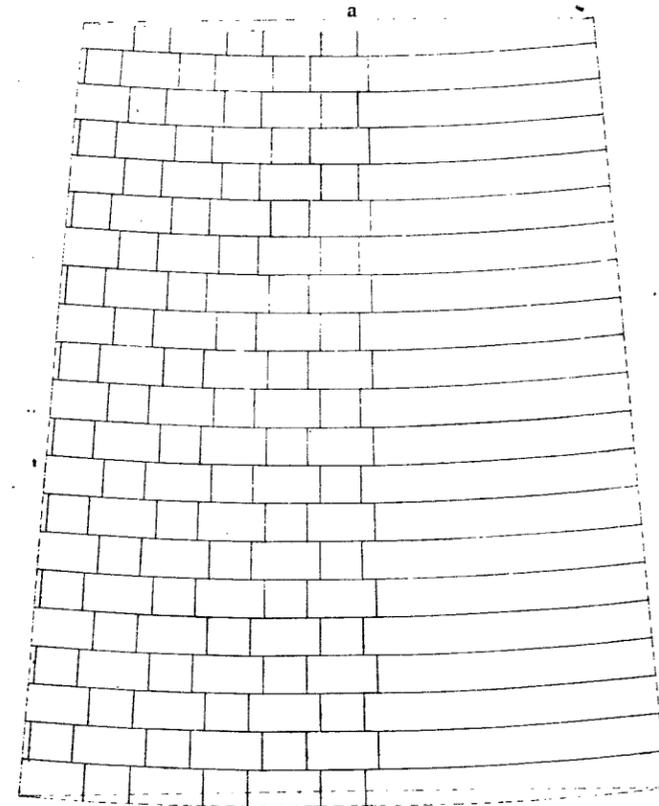
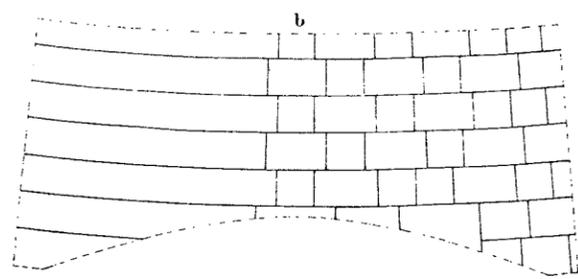
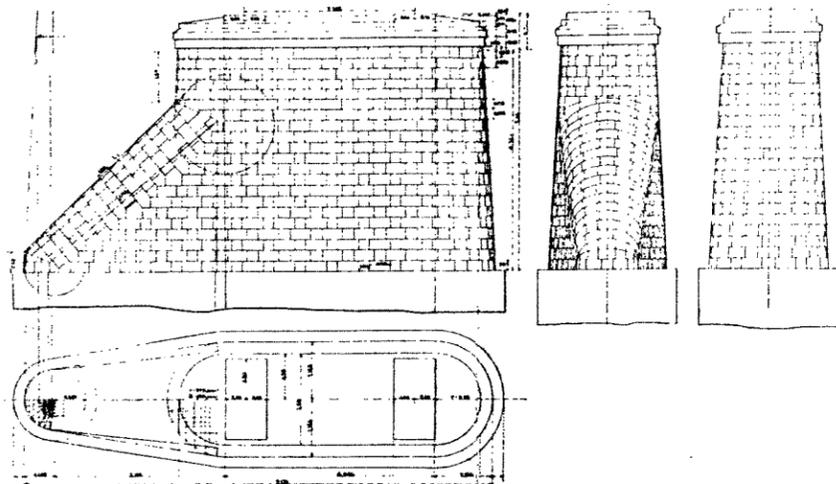
Покажемъ теперь, какъ построить развернутую поверхность какого-либо камня, заданнаго въ ортогональныхъ проеціяхъ (черт. 112 *a*).

РАЗВЕРНУТЫЯ ПОВЕРХНОСТИ БЫКА И ЛЕДОРЪЗА.

(Примѣръ № 277 табл. 16 стр. 64).

Развертка поверхности конического суживающегося ледоръза.

(Форма соответствует № 277 табл. 16 стр. 61).



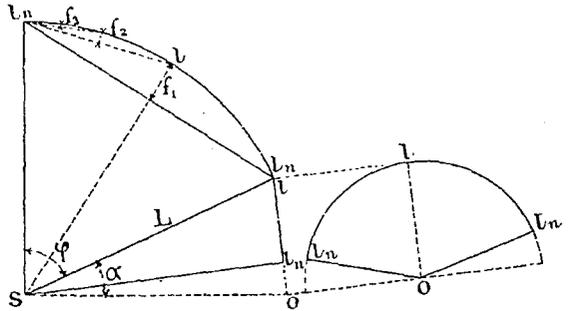
- a) Развертка поверхности заднего конуса (D) быка.
- b) > > конуса (B) головы быка.
- c) > > конуса (A) головы ледоръза.
- d) > > конуса (C) режущей части ледоръза.
- e) > > ядра ледоръза.

- f) Развертка переходной поверхности E ледоръза.
- g) Неискаженный вид боковой поверхности быка.
- h) Вид в аксонометрических проекциях верхнего кампа на верхней переходной кривой.
- i) Вид в аксонометрических проекциях обшивки ледоръза и быка около верхней переходной кривой.

Строимъ по вышеуказанному способу разверзаніе поверхности $ADCBC_1D_1$, (черт. 112 *b*) которую предполагаемъ цилиндрической. Совмѣщая плоскости отдѣльныхъ граней съ плоскостями V или H получимъ неискаженныя ихъ формы и размѣры. Зная же послѣдніе нетрудно пристроить фигуры этихъ граней къ полученной нами ранѣе.

Аналитическій способъ разверзанія отличается отъ вышеприведеннаго графическаго тѣмъ, что размѣры всѣхъ отдѣльныхъ элементовъ—угловъ, длины реберъ, хордъ, дугъ, стрѣлъ дугъ и т. п. опредѣляется расчетомъ и затѣмъ уже строится по

этимъ даннымъ развернутая поверхность. Опредѣлимъ въ видѣ примѣра нѣкоторые элементы развернутой поверхности конуса C рѣзущей части примѣнительно къ предъидущему примѣру (черт. 113). Обозначимъ величину радиуса сѣченія плоскости T съ поверхностью конуса C



Черт. 113.

черезъ r , длину производящей конуса между его вершиною и плоскостью T — черезъ L , уголъ наклона производящихъ къ оси конуса — черезъ α , уголъ между крайними радиусами дуги круга сѣченія — черезъ α_1 и, наконецъ, искомый уголъ между крайними производящими развернутой поверхности — черезъ φ (черт. 113).

Въ этомъ случаѣ длина D дуги круга сѣченія плоскости съ конусомъ C выразится

$$D = r\alpha_1.$$

При разверзаніи поверхности конуса мы получимъ секторъ круга, радиусъ котораго будетъ L . Дуга этого сектора также будетъ равна

$$D = L\varphi.$$

Слѣдовательно

$$L\varphi = r\alpha_1;$$

Но $r = L \sin \alpha$ и потому

$$\varphi = \alpha_1 \sin \alpha.$$

Зная уголъ φ нетрудно опредѣлить длину хорды $l_n l_n'$, дуги $l_n l_n'$, стрѣлу f дуги $l_n l_n'$, и другіе элементы преобразования. Для построения дуги $l_n l_n'$ можно разбить ее на рядъ малыхъ дугъ и опредѣлить длины соответствующихъ послѣднимъ хордъ и стрѣлъ.

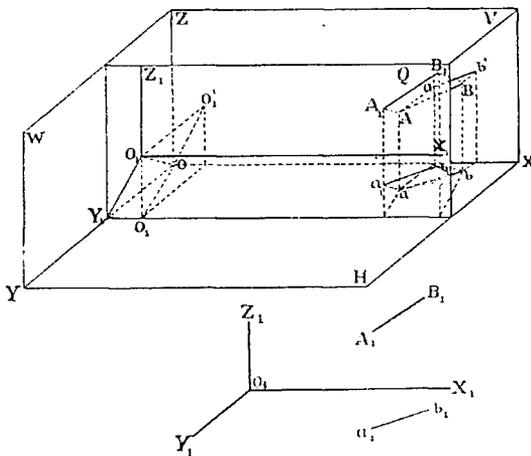
Шаблоны и модели. При обтескѣ камней необходимо имѣть заготовленные по исполнительнымъ чертежамъ шаблоны каждой отдѣльной грани камня. При болѣе сложныхъ формахъ камня желательнѣе имѣть и модель его сдѣланную изъ картона или изъ дерева. Модели дѣлаются на основаніи исполнительныхъ чертежей. На картонѣ чертятъ развернутую поверхность камня; затѣмъ фигуру вырѣзываютъ и склеиваютъ въ послѣдовательномъ порядкѣ. На основаніи же картонной модели нетрудно вырѣзать и деревянную.

Иногда довольствуются проволочными моделями.

Примѣненіе аксонометріи. При опредѣленіи размѣровъ камня сложной формы съ значительнымъ числомъ граней графическимъ путемъ иногда

бываетъ трудно представить себѣ относительное расположеніе граней въ пространствѣ.

Тогда для приданія болѣе наглядности чертежу, изображаютъ камень въ аксонометрическихъ проекціяхъ, избирая для этого наиболѣе простой видъ плоскости аксонометрическихъ проекцій, именно плоскость Q^1 , параллельную плоскости V , и принимая косоугольное направленіе проектированія.



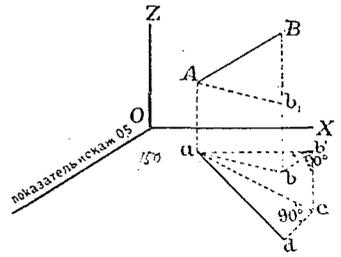
Черт. 114.—Схема проектированія въ косоугольныхъ аксонометрическихъ проекціяхъ на пл. $Q \parallel V$.

угольныхъ аксонометрическихъ проекціяхъ отрѣзка прямой линіи AB на плоскость аксонометрическихъ проекцій Q параллельную V . На чертежѣ AB представляетъ собою самую линію въ пространствѣ, $a'b'$ и ab — ея вертикальную и горизонтальную проекціи. A_1B_1 — аксонометрическая проекція AB и a_1b_1 — вторичная горизонтальная проекція прямой AB на плоскости Q . Направленіе проектированія параллельно OO_1 .

На отдѣльномъ листѣ чертежей (къ стр. 116) представлено изображеніе (*h*) верхняго переходнаго камня рѣзущей части въ аксонометрическихъ проекціяхъ къ пл. Q . Показатель искаженія направлений параллельныхъ оси OY принятъ равнымъ 0,5. Уголъ между аксонометрическими проекціями осей OY и OX принятъ равнымъ 30° . При выборѣ плоскости аксонометрическихъ проекцій Q параллельно V всѣ направленія, парал-

¹⁾ См. соч. В. Курдюмова «Аксонометрія въ прямоугольныхъ и косоугольныхъ проекціяхъ».

дельныя плоскости V проектируются безъ искаженія. Что же касается до направленій параллельныхъ оси OY , то длины ихъ искажаются при проектированіи, и для полученія истиннаго значенія этихъ длинъ, слѣдуетъ величину отрѣзка, измѣренную по чертежу, раздѣлить на показателя искаженія. Для того, чтобы опредѣлить длину какой нибудь линіи AB не параллельной ни одной изъ плоскостей проекціи (H , V и W), слѣдуетъ изъ концовъ ея A и B опустить перпендикуляры Aa и Bb на одну изъ плоскостей проекцій, напр. на H (черт. 115). Опредѣляемъ разность разстояній точекъ a и b до OX ; въ аксонометрическихъ проекціяхъ прямые углы, плоскость которыхъ параллельна H , въ проекціяхъ на Q искажаются; поэтому перпендикуляръ bb' , опущенный изъ точки b на OX будетъ параллеленъ OY .



Черт. 115. — Опредѣленіе въ аксонометрическихъ проекціяхъ длины линіи AB не параллельной ни одной изъ пл. проекціи (H , V и W).

Изъ точки a проводимъ прямую ab' параллельную OX до пересѣченія съ bb' въ точкѣ b' .

Если точка A ниже точки B , то изъ первой проводимъ прямую Ab , параллельную ab до пересѣченія съ Bb въ точкѣ b_1 .

Искомая длина AB будетъ равна

$$AB = \sqrt{(Bb_1)^2 + (bb')^2 + (ab')^2}$$

гдѣ Bb_1 = разности горизонтально проектирующихъ линій на плоскость H . (непосредственно измѣряемая на чертежѣ);

ab' = разности вертикально проектирующихъ на плоскость V (непосредственно измѣряемая на чертежѣ);

bb' = разности вертикально проектирующихъ на плоскость W (размѣръ, полученный на чертежѣ, слѣдуетъ раздѣлить на показателя искаженія).

Относительно выбора показателей искаженія и угловъ между аксонометрическими проекціями осей OY и OX нельзя дать точныхъ указаній, такъ какъ они въ каждомъ данномъ случаѣ зависятъ отъ формы камня, его относительныхъ размѣровъ, положенія его и т. д.

На отдѣльномъ листѣ чертежей (къ стр. 116) показано изображеніе (i) въ аксонометрическихъ проекціяхъ разрѣзки каменной кладки верхней части ледорѣза, формы котораго соотвѣтствуютъ примѣру № 277 таблицы 16. Показатель искаженія измѣреній перпендикулярныхъ къ V равенъ 0,5 (плоскость акс. пр. $Q \parallel V$).

Построеніе производимъ слѣдующимъ образомъ.

По известнымъ намъ координатамъ осей конусовъ *C* и *B* строимъ эти оси.

Затѣмъ въ двухъ точкахъ оси конуса *C* и въ двухъ точкахъ оси конуса *B* строимъ эллипсы, въ какove въ аксонометрическихъ проекціяхъ проектируются круги нормальныхъ сѣченій конусовъ. Наносимъ на дугахъ эллипсовъ по координатамъ края камней и проводимъ производящія конусовъ, соотвѣтствующія ребрамъ камней.

Разрѣзка камней облицовки произведена слѣдующими плоскостями: 1) плоскостями перпендикулярными къ оси конуса *B* головы быка, 2) плоскостями перпендикулярными къ оси конуса *C* рѣжущей части, 3) плоскостями проходящими черезъ ось конуса *C*, 4) плоскостями проходящими черезъ ось конуса *B*, 5) плоскостями параллельными оси конуса *C* и 6) плоскостями параллельными оси конуса *B*.

При выборѣ масштаба чертежа въ аксонометрическихъ проекціяхъ слѣдуетъ руководствоваться правилами относительно графическихъ построений, изложенныхъ въ гл. 6 (стр. 91). Однако необходимо замѣтить слѣдующее: ввиду того, что длины параллельныя оси *OY* искажаются, точность измѣренія ихъ будетъ менѣе таковой же для измѣренія длинъ параллельныхъ осей *OX* и *OZ*. Поэтому слѣдуетъ или оставлять масштабъ такой же, какой принятъ для чертежа въ ортогональныхъ проекціяхъ, принимая показатель искаженія длинъ параллельныхъ оси *OY* равнымъ единицѣ, или, при показателѣ искаженія меньшемъ единицы, увеличивать соотвѣтственно масштабъ чертежа въ аксонометрическихъ проекціяхъ.

ГЛАВА ДЕСЯТАЯ.

Деревянные ледорѣзы.

Общія замѣчанія. Расположеніе деревянныхъ ледорѣзовъ въ планѣ. — Форма и классификація ихъ. — Ледорѣзы свайные. — Кусты свай (палы). — Ледорѣзы безъ шпунтоваго огражденія. — Ледорѣзы изъ одного ряда свай. — Ледорѣзы изъ нѣсколькихъ рядовъ свай. — Ледорѣзы на паллахъ. — Ледорѣзы со шпунтовымъ огражденіемъ — Ледорѣзы ряжевые. Ледорѣзы ряжевые на сваяхъ. — Ледорѣзы изъ ряжевыхъ ящиновъ безъ свай.

Если ледоходъ на рѣкѣ сравнительно не силенъ, или если устройство каменныхъ ледорѣзовъ обходится дорого, а лѣсъ дешевъ, то устраиваютъ деревянные ледорѣзы болѣе или менѣе солидной конструкціи. Такими ледорѣзами обыкновенно ограждаютъ отъ вреднаго дѣйствія льда деревянные мосты, металлическіе мосты на деревянныхъ быкахъ, затоны, пристани и т. п. Иногда деревянные ледорѣзы устраиваютъ въ качествѣ

карчеотводовъ на южныхъ рѣкахъ, гдѣ является опасность для мостовъ отъ ударовъ и напора плывущихъ по рѣкѣ карчей и бревенъ.

Расположеніе деревянныхъ ледорѣзовъ въ планѣ. Форма и классификація ихъ.

Устройство и расположеніе деревянныхъ ледорѣзовъ зависитъ отъ глубины воды въ рѣкѣ, большей или меньшей силы ледохода и отъ конструкціи опоръ моста. Ледорѣзы помѣщаются отдѣльно отъ быковъ въ разстояніи, считая отъ крайней упорной сваи быка до ближайшей сваи ледорѣза въ среднемъ отъ 0,50 до 2 саж. съ цѣлью оградить мостъ отъ ударовъ льдинъ. Ширина обращенной къ быку стороны ледорѣза должна быть не менѣе ширины быка. Ось ледорѣза должна совпадать съ осью быка. Уклонъ ледорѣзнаго или упорнаго бруса (ножа) дѣлается обыкновенно полуторный, но въ зависимости отъ мѣстныхъ условій можетъ быть однопочный и двойной. Верхъ ледорѣзнаго бруса долженъ возвышаться надъ горизонтомъ самаго высокаго ледохода на высоту 0,50 — 0,85 саж., а низъ бруса долженъ быть ниже горизонта самаго низкаго ледохода на глубину около 0,5 саж. (въ зависимости отъ толщины льдинъ и скорости ледохода). Въ тѣхъ случаяхъ, когда вслѣдствіе значительнаго ледохода есть основаніе опасаться, что льдины могутъ повредить боковыя грани быковъ — срѣзать болты, схватки и т. п., означенныя грани въ предѣлахъ отъ горизонта нижнихъ водъ и на высоту около 0,25 саж. выше горизонта самаго высокаго ледохода должны быть обшиты досками толщиной отъ 1½ до 2 вершковъ.

Сваи для ледорѣзовъ забиваются на глубину около 2 саж. отъ отмѣтки подмыва въ случаѣ средняго грунта. Вообще же глубина забивки берется такая же, какъ и для свай деревянныхъ быковъ моста.

Какъ въ планѣ, такъ и въ продольномъ и поперечномъ разрѣзахъ ледорѣзы имѣютъ различныя очертанія.

Въ дальнѣйшемъ мы будемъ придерживаться слѣдующей классификаціи:

А. Ледорѣзы свайные.

1. Кусты свай (палы).
2. Ледорѣзы безъ шпунтоваго огражденія:
 - а) ледорѣзы изъ одного ряда свай;
 - б) ледорѣзы изъ нѣсколькихъ рядовъ;
 - в) ледорѣзы на палахъ.
3. Ледорѣзы со шпунтовымъ огражденіемъ.

В. Ледорѣзы ряжевые.

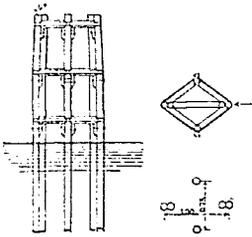
1. Ледорѣзы ряжевые на сваяхъ.
2. Ледорѣзы изъ ряжевыхъ ящиковъ безъ свай.

Ледорѣзы свайные.

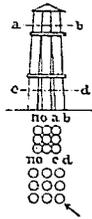
Кусты свай. Простѣйшій типъ деревянныхъ ледорѣзовъ представляетъ *кусты свай* или *палы*, которыя состоятъ изъ нѣсколькихъ свай, забитыхъ въ дно рѣки и стянутыхъ между собою болтами и хомутами. Для болѣе прочнаго и неизмѣняемаго положенія свай по отношенію другъ

къ другу верхніе ихъ концы нѣсколько приближаютъ другъ къ другу, немного изгибая свай.

На черт. 116 изображенъ кустъ изъ 6-ти свай съ распорками между ними. Для того, чтобы льдины не застревали между сваями, послѣднія обыкновенно обшиваются досками въ предѣлахъ ледохода.



Черт. 116. — Кустъ изъ 6 свай.

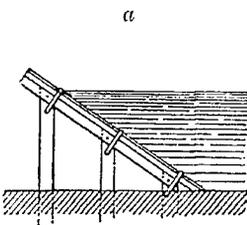


Черт. 117. — Кустъ изъ 9 свай.

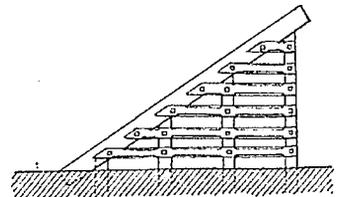
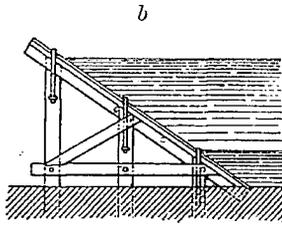
На черт. 117 указанъ болѣе прочный кустъ изъ 9 свай, стянутыхъ хомутами и покрытыхъ сверху желѣзнымъ листомъ.

Ледорѣзы безъ шпунтоваго огражденія. Ледорѣзы изъ одного ряда свай. На рѣкахъ съ незначительнымъ ледоходомъ для быковъ изъ трехъ основныхъ свай можно устроить ледорѣзы изъ одного ряда свай.

На черт. 118a представленъ ледорѣзъ изъ 3 свай, на которыя



Черт. 118 a и б. — Ледорѣзы изъ 3 свай.



Черт. 119. — Ледорѣзъ изъ 4 свай.

посажено ледорѣзное бревно, укрѣпленное желѣзной полосой, причѣмъ послѣдняя связана съ ледорѣзнымъ бревномъ рядомъ хомутовъ и болтовъ.

На черт. 118b изображенъ ледорѣзъ на 3 сваяхъ, причѣмъ всѣ свай связаны между собою горизонтальными схватами, а ножъ кромѣ того укрѣпленъ подкосомъ.

На черт. 119 показанъ ледорѣзъ изъ 4 свай, причѣмъ всѣ эти свай связаны между собою горизонтальными схватками.

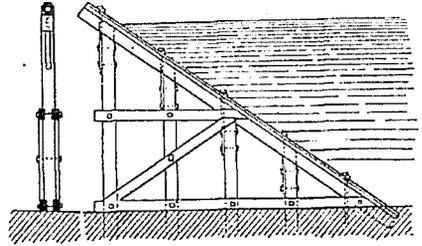
Ледорѣзы на 5 сваяхъ изображены на черт. 120 и 121 ¹⁾. На черт. 120 ножъ ледорѣза укрѣпленъ на 5 сваяхъ расположенныхъ на одинаковомъ разстоя-

¹⁾ Всѣ размѣры въ саж. (какъ и въ дальнѣйшемъ).

ни другъ отъ друга и связанныхъ другъ съ другомъ схватками и подкосомъ.

На черт. 121¹⁾ изображенъ ледорѣзъ изъ свай расположенныхъ въ одинъ рядъ и сръзанныхъ подъ одинъ общій уклонъ.

Двѣ крайнія пары свай удалены отъ средней сваи на разстояніе 1,25 саж. Съ боковъ ледорѣзъ обшитъ 2 в. досками и заполненъ внутри камнемъ. Ледорѣзное бревно, образующее ножъ ледорѣза, укрѣплено брусковымъ желѣзомъ 2" × 2" прикрѣпленнымъ къ бревну и сваямъ желѣзными хомутами размѣровъ 5" × 1/2" стянутыми болтами. Ледорѣзное бревно связано двумя подкосами изъ 5 в. лѣса со сваями опоръ.

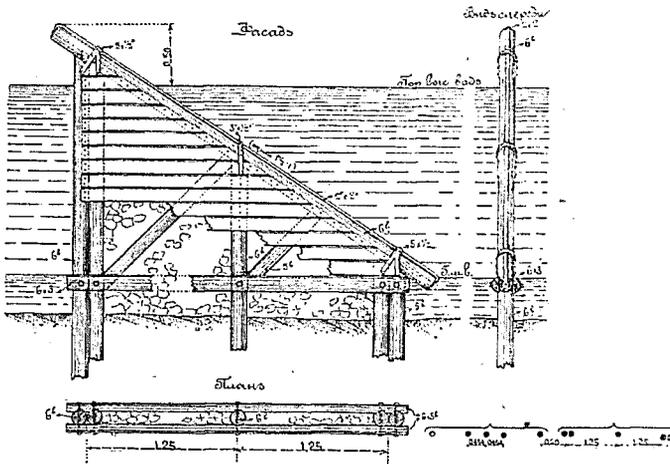


Черт. 120.—Ледорѣзъ изъ 5 свай.

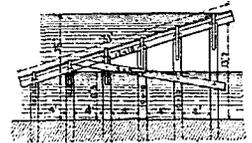
На черт. 122 представленъ ледорѣзъ изъ 6 свай расположенныхъ въ одинъ рядъ. Сваи связаны между собою подкосомъ. Ледорѣзное бревно прикрѣплено къ сваямъ хомутами и болтами.

Ледорѣзы изъ нѣсколькихъ рядовъ свай. Для быковъ изъ 12 основныхъ свай при условіи незначительнаго ледохода можно устроить

ледорѣзъ по типу, изображенному на черт. 123. Ледорѣзъ состоитъ изъ 6 свай, забитыхъ до различной высоты. На уровнѣ низкаго горизонта сваи связаны попе-



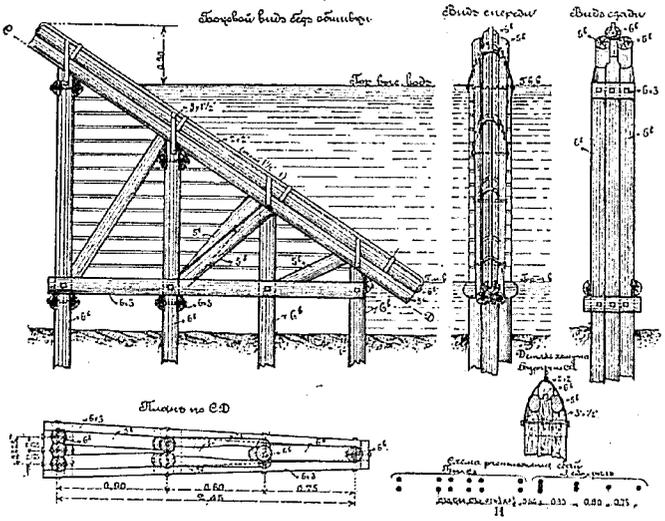
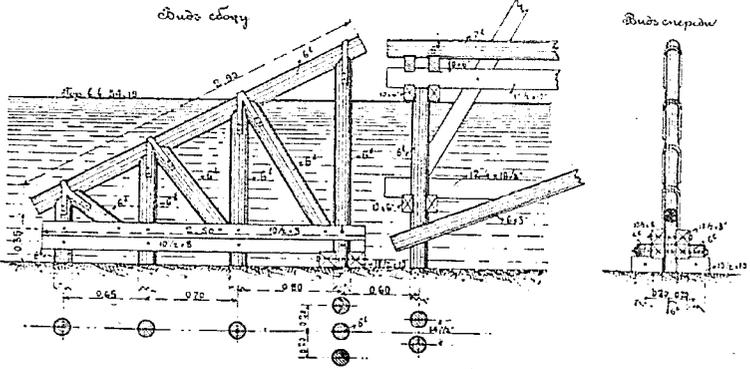
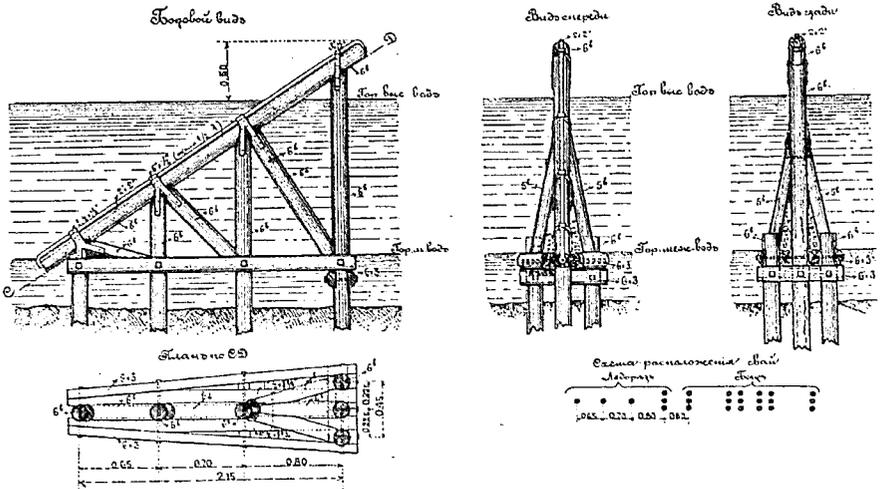
Черт. 121.—Ледорѣзъ изъ 5 свай.



Черт. 122.—Ледорѣзъ изъ 6 свай.

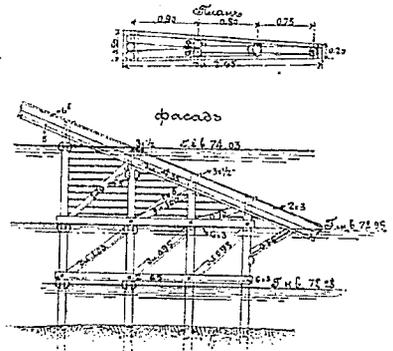
речными схватками изъ брусевъ 10 1/2" × 8 3/4". Выше этого горизонта по четыремъ среднимъ сваямъ положено подъ уклономъ около полоторнаго бревно изъ 6 в. лѣса, составляющее ножъ ледорѣза, укрѣпленное и связанное пятью подкосами изъ 5 в. и 6 в. лѣса со сваями ледорѣза. Ножъ ледорѣза укрѣпленъ брусковымъ желѣзомъ 2" × 2", прикрѣпленнымъ къ бревну, сваямъ и подкосамъ желѣзными хомутами размѣрами 5" × 1/2".

¹⁾ Альбомъ исполнительныхъ чертежей по сооруженію новыхъ линий Общества Рязанско-Уральской ж. д.



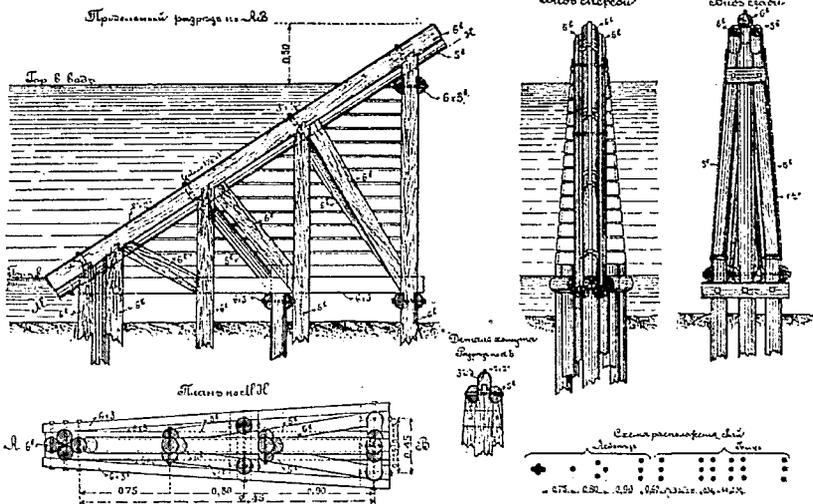
На черт. 124 показанъ ледорѣзъ тоже изъ 6 свай, отличающійся отъ предыдущаго отсутствіемъ боковыхъ подкосовъ и инымъ расположеніемъ схватокъ.

Для быковъ, состоящихъ изъ 8 основныхъ свай, можно устроить ледорѣзъ изъ 7 свай, срубанныхъ подъ одинъ общій уклонъ, около полоторнаго (черт. 125). На уровнѣ низкаго горизонта сваи связаны продольными и поперечными схватками изъ пластинъ 6 вершк. лѣса (6 в. \times 3 в.). Выше этого горизонта на сваи положено три ледорѣзныхъ бревна— верхнее изъ 6 в., два нижнихъ изъ 5 в. лѣса, составляющихъ ножъ ледорѣза, укрѣпленный и связанный подкосами изъ 5 в. лѣса со сваями ледорѣза. Боковыя грани ледорѣза обшиты $1\frac{1}{2}$ верш. досками; ножъ ледорѣза усиленъ брусковымъ желѣзомъ размѣрами $2'' \times 2''$, прикрѣпленнымъ къ вышеупомянутымъ тремъ бревнамъ желѣзными хомутами размѣрами $3'' \times 1\frac{1}{2}''$ стянутыми болтами.



Черт. 126. — Ледорѣзъ изъ 7 свай при высокомъ горизонтѣ ледохода.

На черт. 126 показанъ другой типъ ледорѣза изъ 7 свай, примѣняемый

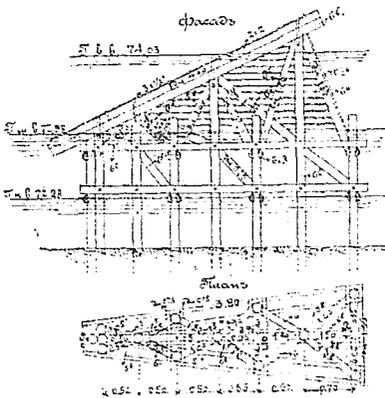


Черт. 127. — Ледорѣзъ изъ 11 свай.

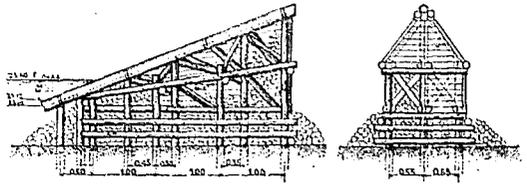
въ томъ случаѣ, когда разность колебаній горизонта ледохода незначительна, ледоходъ не сильный и происходитъ при высокомъ горизонтѣ воды.

При быкахъ, состоящихъ изъ 12 основныхъ свай устраивается иногда ледорѣзъ облегченнаго типа безъ заброски камнями (черт. 127). Онъ

состоитъ изъ 11 свай 6 в. лѣса забитыхъ до различной высоты. На уровнѣ низкаго горизонта сваи для жесткости связываются продольными и поперечными схватками изъ пластинъ 6 в. лѣса (6 в. \times 3 в.). Выше этого горизонта по среднимъ 7 сваямъ положено подъ уклономъ около полторнаго три упорныхъ бруса — верхній изъ 6 в., два нижнихъ изъ 5 в. лѣса, образующихъ



Черт. 128. — Ледорѣзъ изъ 14 свай при высокомъ горизонтѣ ледохода.

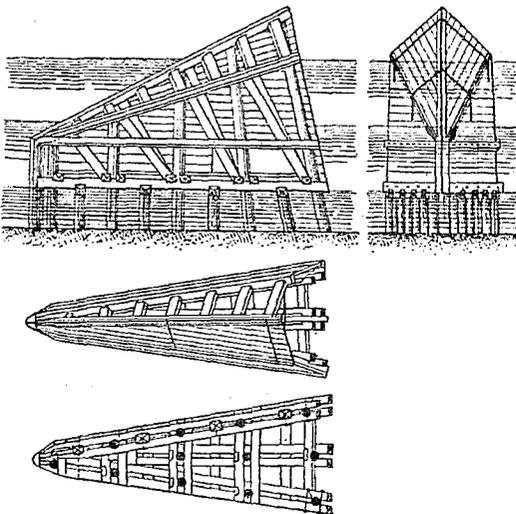


Черт. 129. — Ледорѣзъ моста черезъ рѣку Подхоренокъ на Сѣверно-Уссурийской жел. дорогѣ.

ножь ледорѣза, укрѣпленный и связанный подкосами изъ 6 в. лѣса съ четырьмя боковыми сваями. Боковыя грани ледорѣза обшиты $1\frac{1}{2}$ верш. досками. Ножь ледорѣза укрѣпленъ брусковымъ желѣзомъ размѣрами

$2'' \times 2''$ прикрѣпленнымъ къ тремъ вышеупомянутымъ бревнамъ желѣзными хомутами $3'' \times \frac{1}{2}''$ стянутыми болтами.

На черт. 128 показанъ ледорѣзъ изъ 14 свай при незначительныхъ колебаніяхъ горизонта ледохода и при высокомъ его горизонтѣ. Сваи забиты до различной высоты. На уровнѣ низкаго горизонта онъ связанъ продольными схватками и поперечинами; выше этого горизонта по среднимъ сваямъ положено три наклонныхъ ледорѣзныхъ бруса съ желѣзною оковкой самаго верхняго изъ уголка размѣрами $3'' \times 3'' \times \frac{3}{8}''$.



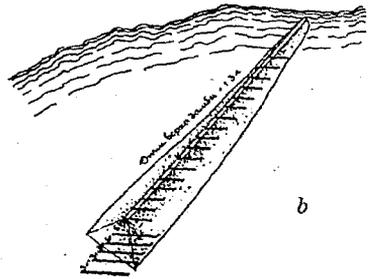
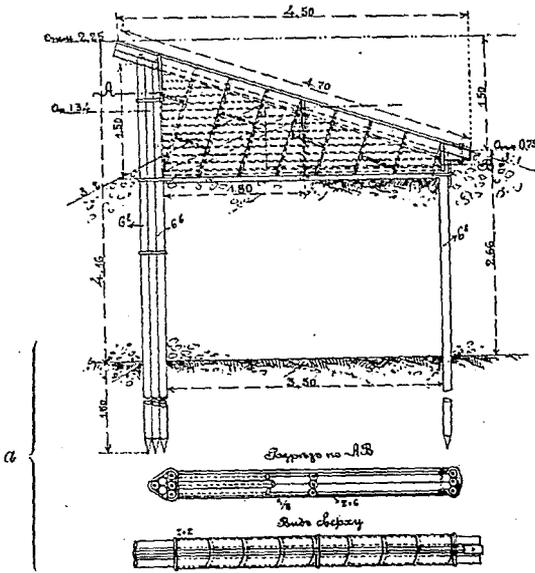
Черт. 130. — Ледорѣзъ со сваями забитыми наклонно.

Эти брусья составляютъ ножь ледорѣза, который еще укрѣпляется и связывается подкосами изъ 5 в. и 6 в. лѣса съ другими сваями. Съ боковъ ледорѣзъ обшитъ досками толщиной $1\frac{1}{2}$ — 2 верш.

На черт. 129 показанъ другой типъ ледорѣза изъ 14 свай, примѣ-

ледорѣза и упирающихся въ три горизонтальныя бревна, укрѣпленныя въ переднемъ и заднемъ кустахъ свай.

Въ нѣкоторыхъ случаяхъ для укрѣпленія дамбъ въ смыслѣ сопротивленія ударамъ льдины соединяють ледорѣзъ на палахъ съ дамбою. На черт. 132*b* и указано такого

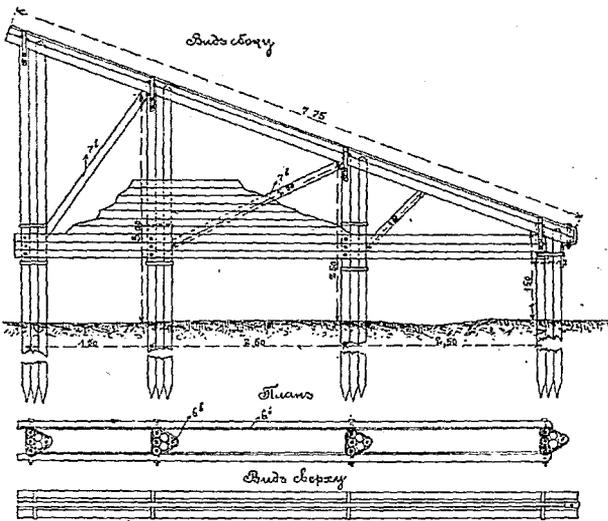


Черт. 132.—Ледорѣзъ на палахъ, соединенный съ дамбой.

рода соединеніе, примененное для огражденія отъ ледохода нефтяного затона на р. Волгѣ у г. Саратова.

Боковыя поверхности и ножъ ледорѣза обшиты листовымъ желѣзомъ.

На черт. 133 показанъ ледорѣзъ, ножъ котораго укрѣпленъ на 4 кустахъ свай и соединенъ съ ними кромѣ того тремя подкосами. Ножъ укрѣпленъ брусковымъ желѣзомъ, соединеннымъ съ кустами свай помощью хомутовъ и болтовъ. Боковыя грани ледорѣза обшиты досками.



Черт. 133.—Ледорѣзъ на 4-хъ палахъ.

Иногда ножъ ледорѣза пропускають между крайними сваями кустовъ. На черт. 134 показанъ такого рода ледорѣзъ. Среднія сваи кустовъ сръзаны ниже, нежели крайнія. Ножъ прикрѣпленъ въ промежуткѣ между крайними сваями болтами, а сверху придерживается хомутами.

Сваи ножа между собою также соединены болтами и хомутами. Подобнаго же типа ледорѣзъ показанъ на черт. 135. Отличіе лишь заключается въ присутствіи промежуточной сваи, поддерживающей ножъ по серединѣ.

Ледорѣзы со шпунтовымъ огражденіемъ. При значительной глубинѣ (болѣе 2 саж.) и скорости теченія воды, слабымъ грунтѣ дна и при сильномъ ледоходѣ деревянные ледорѣзы окружаютъ шпунтовымъ рядомъ свай, соединеннымъ рядомъ схватокъ, стоекъ и подкосовъ со сваями и ножомъ ледорѣза.

На черт. 136 показанъ ледорѣзъ ¹⁾ изъ 14 свай, забитыхъ на различной высотѣ. На уровнѣ низкаго горизонта сваи связаны продольными схватками и поперечинами. Выше этого горизонта, по среднимъ сваямъ положено наклонно 3 ледорѣзныхъ бруса съ желѣзной оковкой изъ уголка размѣрами $3'' \times 3'' \times \frac{3}{8}''$, составляющихъ ножъ ледорѣза, укрѣпленный и связанный подкосами изъ 5 в. и 6 в. лѣса съ другими сваями. Для связи и жесткости подводной части свай забить вокругъ ледорѣза сплошной ограждающій рядъ изъ свай 6 в. лѣса по направляющимъ схваткамъ на уровнѣ низкихъ водъ. Огражденное пространство съ промежутками между сваями забрасывается камнемъ. Съ боковъ остовъ ледорѣза обшить досками толщиною $1\frac{1}{2}$ —2 вершка.

На черт. 137 показанъ ледорѣзъ со шпунтовымъ огражденіемъ и съ придаткомъ впереди главнаго ледорѣза, служащимъ для сопротивленія ударамъ льда при низкомъ горизонтѣ ледохода. Боковыя вертикальныя стороны ледорѣза обшиты досками размѣрами 2×5 верш., которыя на продольномъ разрѣзѣ не показаны.

Шпунтовые ряды ледорѣза обшиты листовымъ желѣзомъ; въ угловыхъ точкахъ ледорѣза поставлены оковки изъ брускаго желѣза размѣрами $2'' \times 2'' \times 10''$.

На черт. 138 показанъ ледорѣзъ, построенный у моста черезъ р. Кошылшей на 70 в. Пенза — Сердобской линіи Рязанско-Уральской жел. дороги. Этотъ ледорѣзъ отличается отъ типа, указаннаго на черт. 137 инымъ расположеніемъ въ планѣ шпунтоваго огражденія и устройствомъ верхней части.

Ледорѣзы ряжевые.

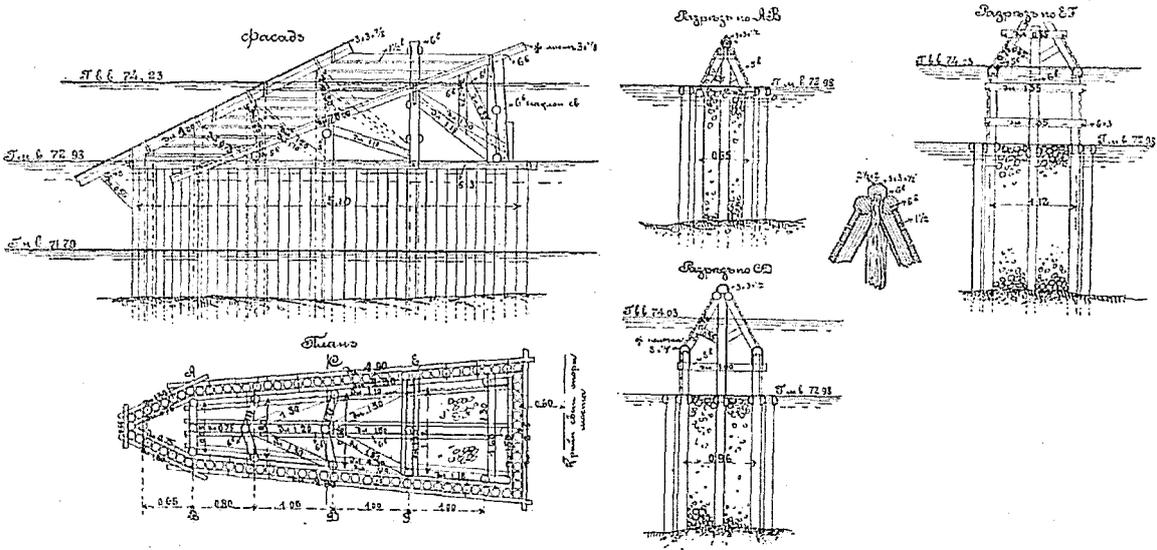
Ледорѣзы ряжевые на сваяхъ. Ряжевые ледорѣзы на сваяхъ примѣняются при сильномъ ледоходѣ.

На черт. 139 ²⁾ показанъ ряжевой ледорѣзъ имѣющій форму неправильной четырехгранной пирамиды. Сваи забиты внутри ряжевого ящика

¹⁾ Этотъ типъ утвержденъ Инженернымъ Совѣтомъ Мѣнистерства Путей Сообщенія по журналу 17 марта и 7 апрѣля 1893 г., за № 32.

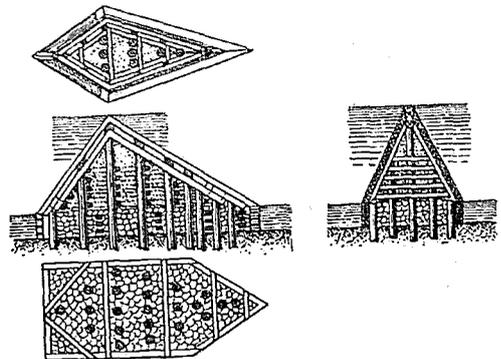
²⁾ Николай «Мосты», стр. 595.

вдоль оси ледорѣза и перпендикулярно къ ней и стянуты между собою схватками. По высотѣ сваи сръзаны такъ, что на осевыя сваи можно надѣть насадки, сходящіяся подъ прямымъ угломъ у наиболѣе высокой



Черт. 138.—Ледорѣзъ со шпунтовымъ огражденіемъ черезъ р. Колышлей на Рязанско-Уральской жел. дорогѣ.

средней сваи. Въ нижнихъ частяхъ обѣ насадки сдѣланы двойными. На крайній рядъ свай, представляющій въ планѣ неправильный четырехугольникъ и сръзанный на одномъ уровнѣ, также положена насадка. Верхняя и боковыя насадки соединены между собою подкосами, подпертыми промежуточными рядами свай. Поверхъ подкосовъ расположенъ сплошной рядъ брусевъ, образующихъ пирамидальную поверхность ледорѣза. Внутренность ящика и ледорѣза заполнена камнемъ.



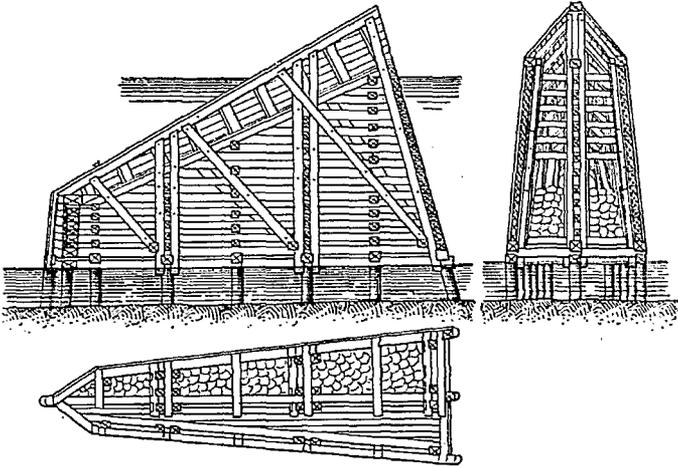
Черт. 139.—Ряжевой ледорѣзъ пирамидальной формы.

На черт. 140 ¹⁾ показанъ ледорѣзъ подобнаго же типа.

Наружныя стѣнки состоятъ изъ сплошныхъ ряжей, внутреннія же продольныя и поперечныя — изъ ряжей съ просвѣтомъ. Стѣнки связаны

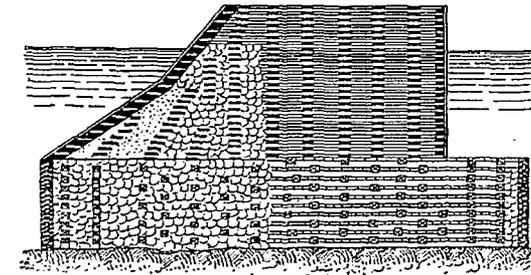
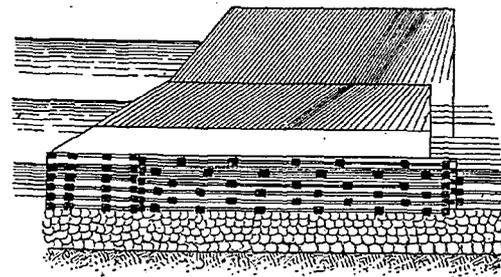
¹⁾ Николай «Мосты», стр. 740.

между собою рядами горизонтальных стяжек, врубленных въ лапу. Во избѣжаніе выпучиванія стѣнокъ, послѣднія укрѣплены сжимами.



Черт. 140.—Ряжевой ледорѣзъ.

Всѣ стѣнки посажены на сваи. На первомъ снизу рядѣ схватокъ устроенъ полъ, на который располагается каменная засыпка. Всѣ стѣнки



Черт. 141.—Ледорѣзъ изъ однихъ ряжевыхъ ящичковъ безъ свай.

сверху сръзаны подъ одинаковымъ уклономъ и на нихъ посажены насадки. На насадкѣ средней стѣнки укрѣплены перпендикулярно къ ней стойки, а на послѣднія насаженъ ножъ, поддерживаемый кромѣ того боковыми подкосами, упирающимися въ насадки боковыхъ стѣнокъ, сжямами и подкосами.

Ледорѣзы изъ ряжевыхъ ящичковъ безъ свай. Такіе ледорѣзы обыкновенно примѣняются тамъ, гдѣ рѣка имѣетъ скалистое дно, или гдѣ вообще трудно забивать во дно рѣзки сваи. На черт. 141 ¹⁾ изображенъ ледорѣзъ такого

рода, примѣненный у Канзаскаго моста въ Америкѣ. Нижняя часть ледорѣза состоитъ изъ ряжевыхъ ящичковъ съ отвѣсными гранями и двумя

¹⁾ Ibid, стр. 596.

остроугольными головами. На уровнѣ нѣсколько ниже низкаго горизонта ледохода ряжевой ящикъ состоитъ также изъ ряжей, и ограниченъ: съ низовой стороны и съ боковъ отвѣсными гранями, а съ верховой наклонными взаимно пересѣкающимися плоскостями. Рѣзущее ребро перемѣннаго уклона: вверху круче, чѣмъ внизу. Стѣнки ледорѣза снаружи обшиты котельнымъ желѣзомъ. Внутри ледорѣзъ заполненъ камнемъ.

При слабомъ ледоходѣ иногда устраиваютъ ряжевые ледорѣзы соединенными съ быкомъ.

ГЛАВА ОДИННАДЦАТАЯ.

Ледорѣзы металлическіе и смѣшанной конструкции.

Металлическій ледорѣзъ соединенный съ быкомъ и неимѣющій собственнаго основанія.—Ледорѣзы металлическіе и смѣшанной конструкции соединенные съ быкомъ и имѣющіе собственное основаніе.—Металлическіе ледорѣзы отдѣленные отъ быка.—Желѣзо-бетонные ледорѣзы.

Если мостъ поддерживается опорами съ металлической оболочкой, то иногда устраиваютъ съ верховой стороны быковъ ледорѣзы металлическіе или смѣшанной конструкции соединенные съ мостовыми опорами. Такого рода ледорѣзы могутъ быть просто приклепанными къ опорѣ, не имѣя собственнаго основанія, или же, будучи соединенными съ быкомъ, могутъ имѣть и собственное основаніе. Кромѣ того устраиваютъ металлические ледорѣзы и отдѣльно отъ быка.

Разсмотримъ всѣ эти типы въ отдѣльности.

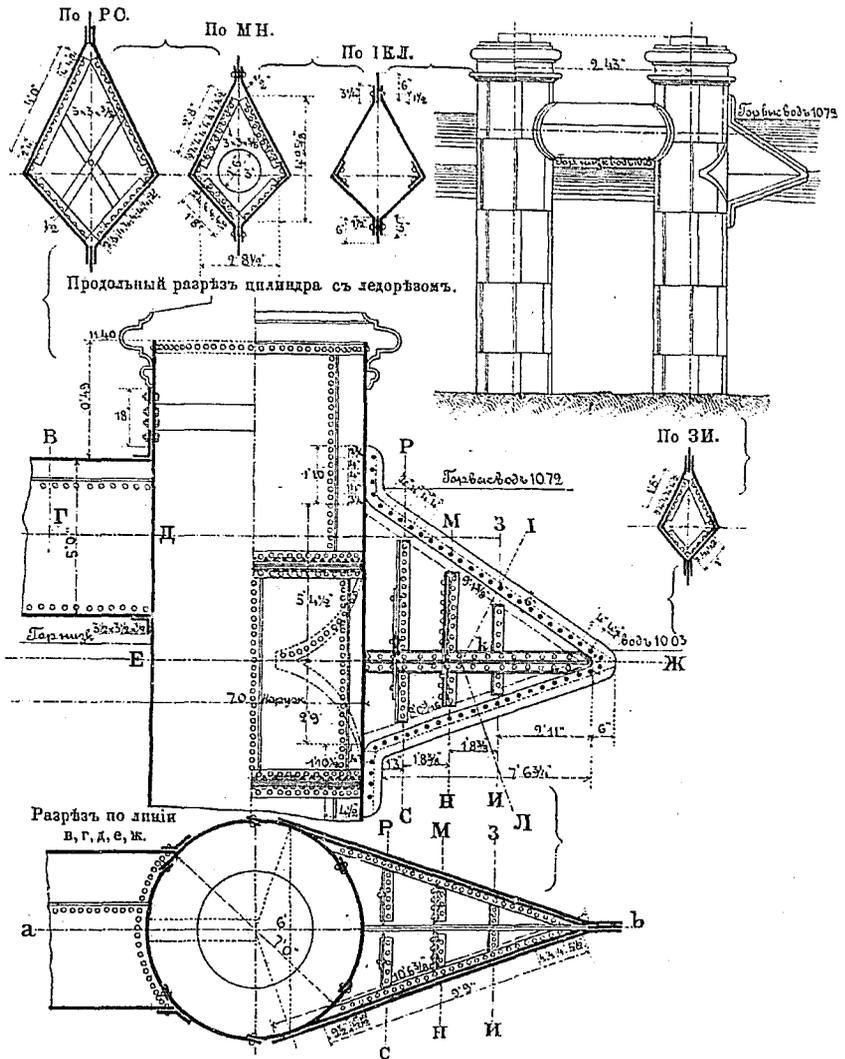
Металлическій ледорѣзъ соединенный съ быкомъ и неимѣющій собственнаго основанія.

Примѣромъ подобнаго типа ледорѣза можетъ служить ледорѣзъ моста черезъ рѣку Аа на Риго-Тукумской жел. дорогѣ¹⁾ (черт. 142). Быки моста состоятъ каждый изъ двухъ желѣзныхъ колоннъ, діаметромъ 1 саж., разставленныхъ по оси быка на 2,43 саж. другъ отъ друга. Эти колонны склепаны изъ отдѣльныхъ звеньевъ высотой каждое 1 саж., сдѣланныхъ изъ листового желѣза толщиной $\frac{5}{16}$ дюйма. Внутри колонны заполнены кирпичной и бетонной кладкой. Для большаго сопротивленія ударамъ льда выше горизонта низкихъ водъ колонны соединены между собою горизонтальной трубой діаметромъ 5 фут., изъ листового желѣза толщиной $\frac{3}{8}$ дюйма.

Ледорѣзъ, приклепанный къ верховой колоннѣ, имѣетъ форму четы-

¹⁾ Ibid, стр. 794.

регранный пирамиды. Въ поперечномъ вертикальномъ сѣченіи онъ представляетъ собою четырехугольникъ съ двумя тупыми (по бокамъ) и съ двумя острыми углами (сверху и снизу). Въ острыхъ углахъ листы сое-



Черт. 142.—Ледорѣзъ моста черезъ рѣку Аа на Риго-Тукумской жел. дорогѣ.

днутся помощью вертикальныхъ прокладокъ, а въ тупыхъ—внутренними уголками. Внутри ледорѣза для жесткости прикрѣплены горизонтальныя и вертикальныя связи, состоящія изъ уголковъ. Въ мѣстѣ же *МН* помѣщенъ въ видѣ распорки вертикальный листъ съ круглымъ отверстіемъ по серединѣ.

Ледорѣзы металлическіе и смѣшанной конструкціи, соединенныя съ быкомъ и имѣющіе собственное основаніе.

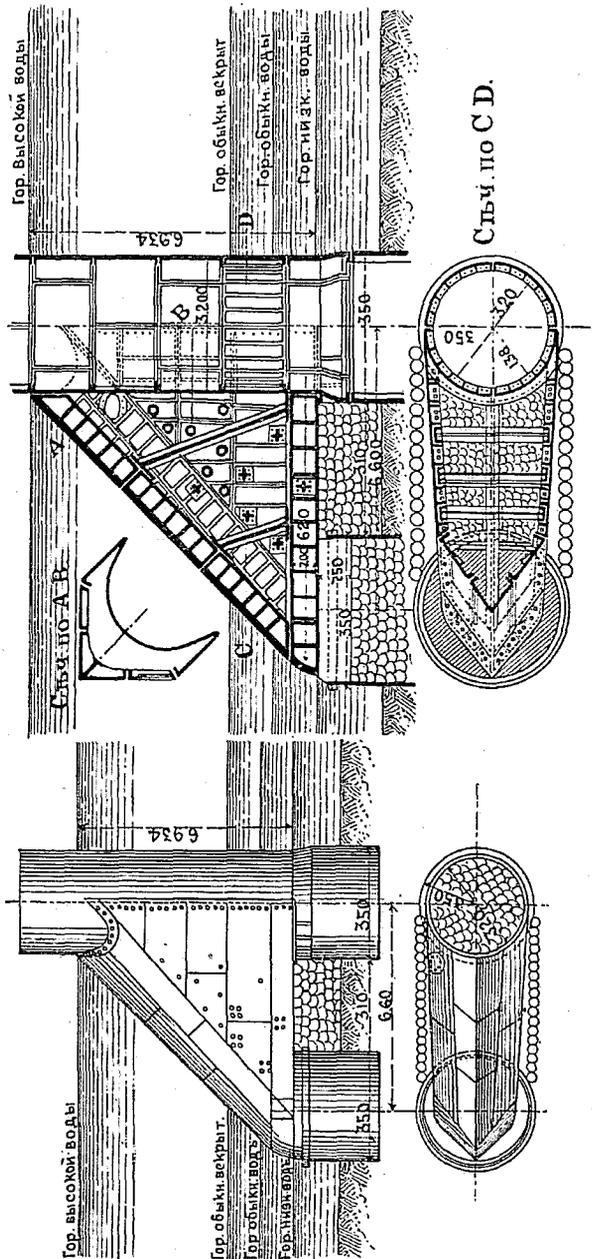
Примѣрами подобнаго рода ледорѣзовъ могутъ служить ледорѣзы мостовъ черезъ р. Нѣманъ ¹⁾ близъ городовъ Ковно и Гродно на С.-Петербургско-Варшавской желѣзной дорогѣ; черезъ р. Волгу ¹⁾ на Рыбинско-Бологовской желѣзной дорогѣ и ледорѣзъ Орнскаго виадука въ Шотландіи.

Разсмотримъ каждый изъ этихъ типовъ въ отдѣльности.

Металлическій ледорѣзъ моста черезъ р. Нѣманъ близъ Гродно на С.-Петербургско-Варшавской желѣзной дорогѣ.

Ледорѣзъ этого моста состоитъ изъ чугунныхъ частей и прикрѣпленъ частью къ чугунной колоннѣ быка, частью къ особой колоннѣ, находящейся подъ головой ледорѣза и составляющей его основаніе (черт. 143). Эта послѣдняя состоитъ изъ чугунныхъ звеньевъ и заполнена каменной кладкой.

Низъ ледорѣза составляютъ три чугунныя балки, изъ которыхъ двѣ крайнія поддерживаютъ боковыя грани ледорѣза и опираются однимъ концомъ на особый выступъ



Черт. 143. — Ледорѣзъ моста черезъ р. Нѣманъ близъ Гродно.

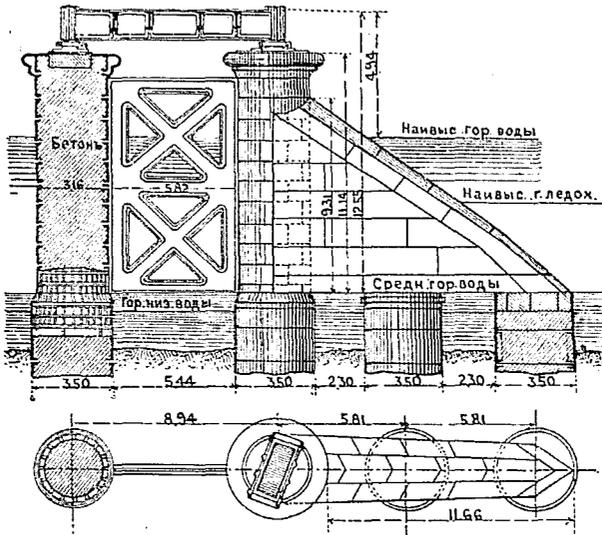
¹⁾ Ibid, стр. 874.

внизу колонны быка, а другимъ на переднюю колонну ледорѣза, гдѣ эти балки закружены болтами въ каменной кладкѣ.

Поверхность ледорѣза составляютъ массивныя свинченныя другъ съ другомъ чугуныя плиты, толщиною 6 сант., съ заплечиками.

Какъ видно изъ поперечнаго сѣченія рѣзущей части (разрѣзъ по *AB*), плиты, образующія поверхность этой послѣдней, опираются на плиты боковыхъ граней. Рѣзущее ребро поддерживаются двумя чугуныя подкосами, опирающимися на среднюю чугунную балку.

Связями между боковыми гранями ледорѣза служитъ цѣлый рядъ чугуныхъ отливокъ, имѣющихъ частью крестообразное, частью кольцевое



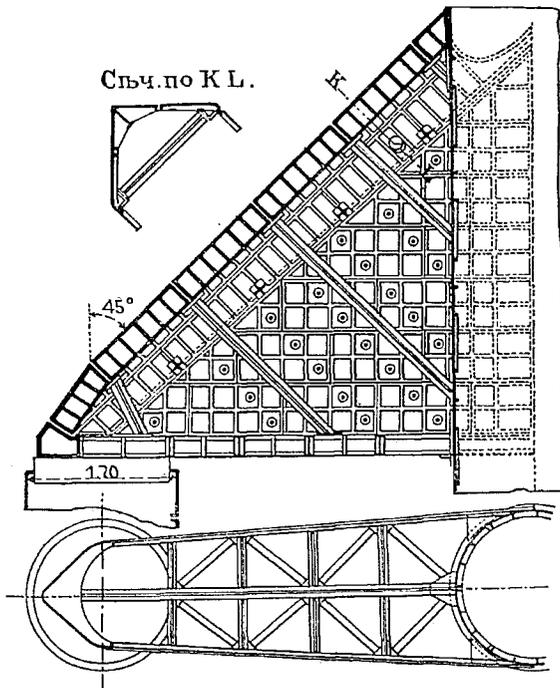
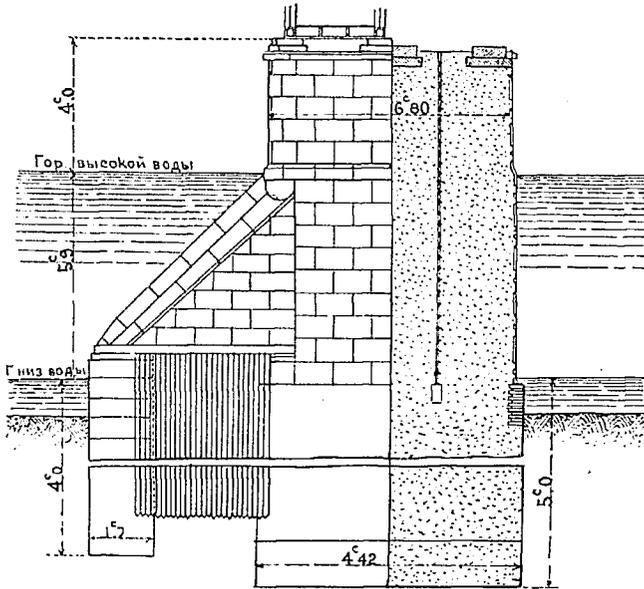
Черт. 144.—Ледорѣзъ моста черезъ р. Нѣманъ близъ Ковно.

поперечное сѣченіе. Именно, 3 ряда связей съ низу состоятъ изъ отливокъ крестообразнаго сѣченія съ квадратными по концамъ заплечиками, съ помощью которыхъ онѣ прикручиваются къ чугуныя плиты боковыхъ граней, остальные ряды связей состоятъ изъ полыхъ чугуныхъ цилиндровъ, упирающихся въ боковыя грани ледорѣза. Сквозь эти цилиндры пропущены стержни болтового желѣза. Послѣдніе прикручены къ чугуныя плиты боковыхъ граней помощью потайныхъ головокъ и гаекъ.

На черт. 144 показанъ металлическій ледорѣзъ моста черезъ р. Нѣманъ близъ Ковно на С.-Петербурго-Варшавской дорогѣ.

Каждый быкъ этого моста состоитъ изъ двухъ чугуныхъ полыхъ колоннъ, діаметромъ въ предѣлахъ ледорѣза 3,16 метр.; разстояніе между колоннами 8,94 метр. Внутри колонны заполнены бетономъ. Съ верховой стороны устроенъ чугунный ледорѣзъ, который соединенъ съ верховой

колонной быка и, кромѣ того опирается на двѣ чугунныя колонны. Конструкція этого ледорѣза такова же, какъ и предыдущаго.



Черт. 145.—Ледорѣзъ моста черезъ р. Волгу на Рыбинско-Бологовской жел. дорогѣ.

Ледорѣзъ моста черезъ р. Волгу на Рыбинско-Бологовской ж. дорогѣ (черт. 145) отличается отъ предыдущихъ типовъ слѣдующими особенностями.

Балки въ плоскости основанія ледорѣза вмѣсто чугунныхъ устроены желѣзными, и онѣ связаны между собою рядомъ стоекъ и раскосовъ. Увеличено число подкосовъ, поддерживающихъ рѣзущее ребро, и они упираются еще въ колонну быка. Измѣнено расположеніе горизонтальныхъ связей. Наконецъ, самымъ чугуннымъ плитамъ, образующимъ поверхность ледорѣза, придана другая форма.

Ледорѣзы Орнскаго віадукъ въ Шотландіи принадлежатъ скорѣе къ типу водорѣзовъ (черт. 146). Быки этого віадукъ состоятъ изъ двойныхъ чугунныхъ полыхъ колоннъ вѣшняго діаметра 6 фут. Колонны состоятъ изъ колецъ вышиною 4 фута, соединенныхъ при помощи флянцевъ. Толщина стѣнки кольца $1\frac{1}{4}$ д. Колонны соединены крестообразною связью (размѣры частей ея указаны на чертежѣ).

Съ верховой стороны быка устроенъ ледорѣзъ, который состоитъ изъ ряда сосновыхъ брусевъ (7 штукъ) квадратнаго сѣченія $12'' \times 12''$, забитыхъ въ дно рѣки, и возвышающихся надъ наивысшимъ горизонтомъ около 1 фута. Пространство между брусьями и быкомъ заполнено бетономъ. Снаружи брусья обшиты желѣзными листами, съ которыми скрѣплены заершенными болтами размѣрами $6'' \times \frac{1}{2}''$ съ потайными головками.

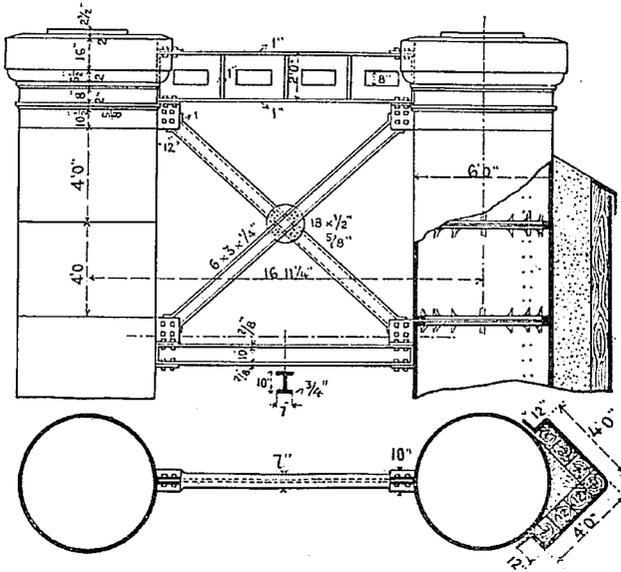
Металлическіе ледорѣзы отдѣленные отъ быка.

Для предохраненія быка или какого-либо сооруженія отъ ударовъ льда устраиваютъ иногда металлическіе ледорѣзы отдѣльно отъ быка, причемъ конструкція такихъ ледорѣзовъ можетъ быть подобна указаннымъ ранѣе. Иногда же устраиваютъ отдѣльные металлическіе ледорѣзы изъ рельсовъ.

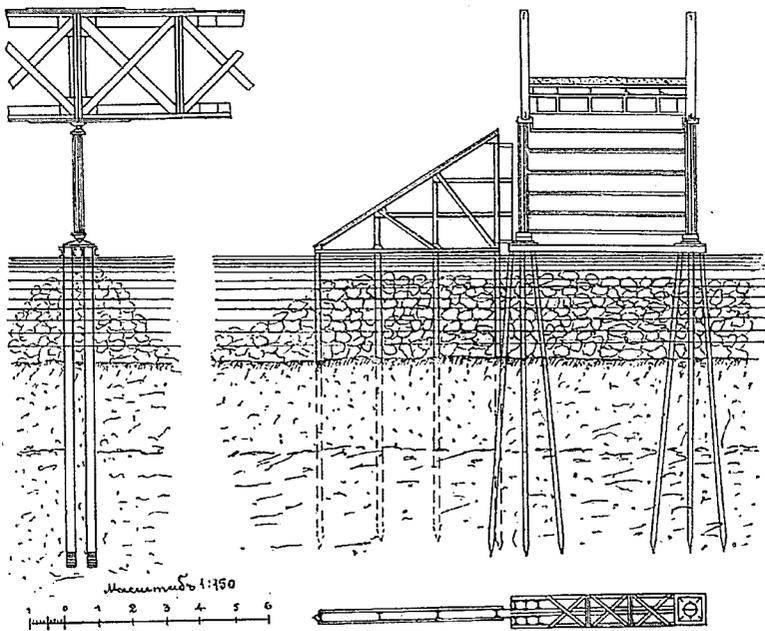
Въ дно рѣки забиваютъ три ряда сходящихся въ одну точку (въ планѣ) свай изъ попарно склепанныхъ рельсовъ. Средній рядъ выше другихъ, срѣзается подъ уклономъ и на него кладется насадка изъ двухъ рельсовъ; къ рельсамъ крайнихъ рядовъ прикрѣпляются изогнутые рельсы огибающіе насадку средняго ряда въ видѣ стропильныхъ ногъ. Поверхъ послѣднихъ укладывается рядъ рельсовъ на подобіе обрѣшетинъ кровли, сходящихся къ головѣ ледорѣза. Наконецъ вся поверхность ледорѣза обшивается листовымъ желѣзомъ.

На черт. 147 изображенъ металлическій отдѣленный отъ быка ледорѣзъ моста черезъ рѣку Ааръ въ Швейцаріи¹⁾. Въ дно рѣки забито 4 сваи изъ двутавроваго желѣза. Сваи по верху срѣзаны подъ полукруглымъ уклономъ и на нихъ насаженъ ледорѣзный брусъ изъ фасоннаго желѣза. Вся система соединена рядомъ схватокъ и укрѣплена подкосами

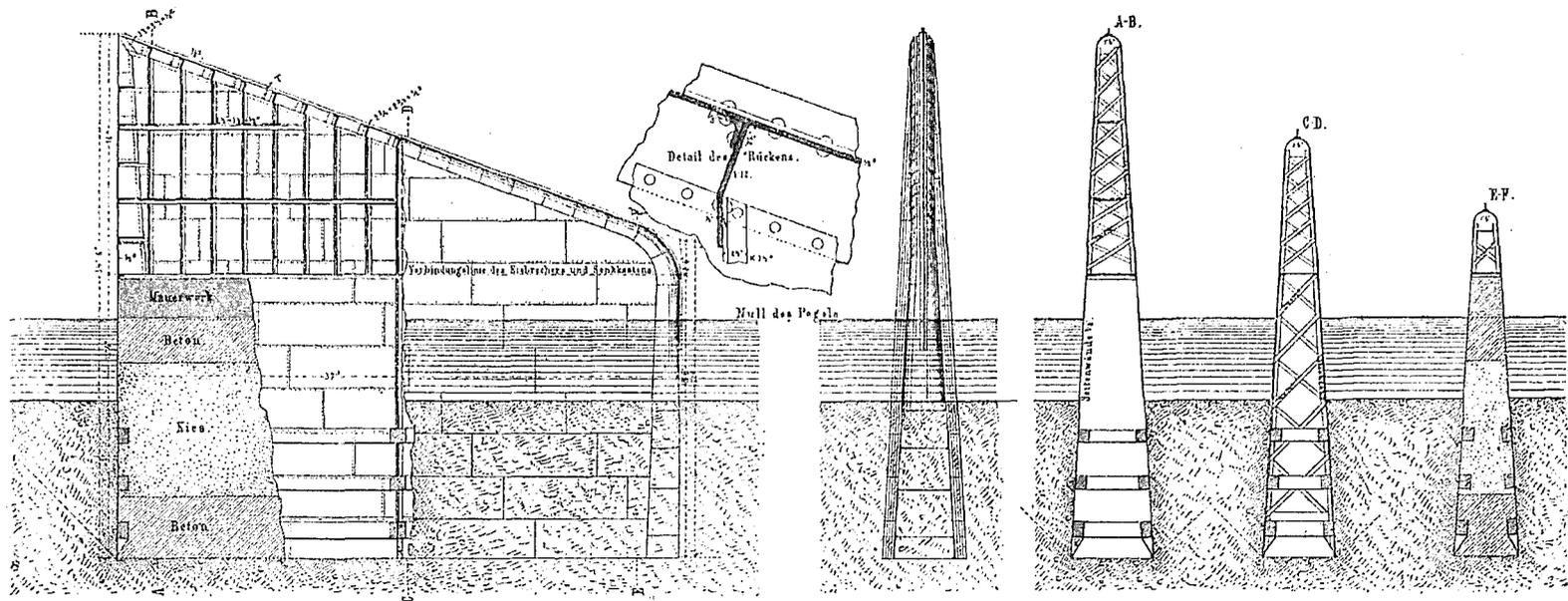
¹⁾ Schweizer. Bauzeit. 1893. № 4.



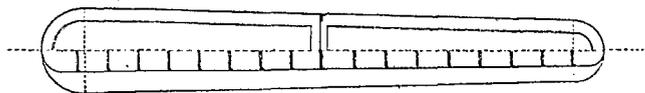
Черт. 146. — Ледоръзъ Орнскаго виадука въ Шотландіи.



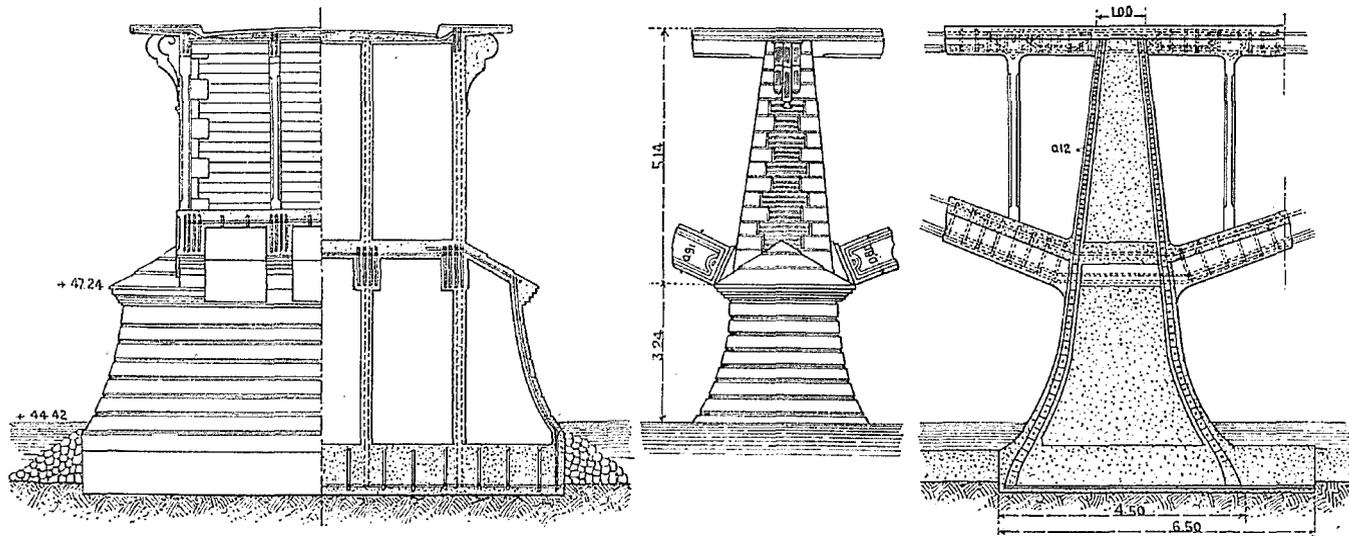
Черт. 147. — Металлическій ледоръзъ, отдѣленный отъ быка. (Мостъ черезъ р. Ааръ въ Швейцаріи).



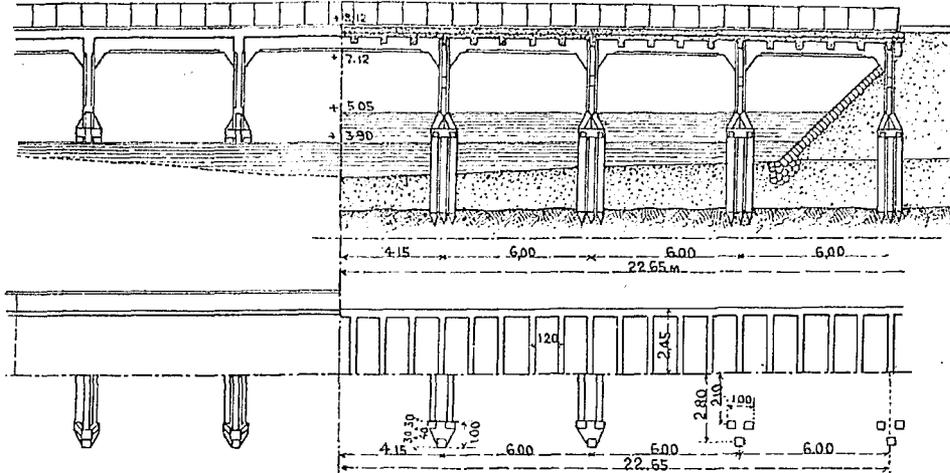
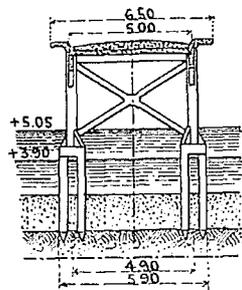
Grundriss.



Черт. 148.—Металлический ледорубъ, отдѣленный отъ быка. (Мостъ черезъ р. Везеръ въ Бременѣ).



Черт. 149. — Железо-бетонный ледорезь моста въ Шателеро.



Черт. 150.—Мостъ съ жельзо-бетонными свайными ледоръзми.

изъ коробчатого желѣза. Для лучшаго сопротивленія опрокидыванію сваи у дна рѣки обсыпаны камнями.

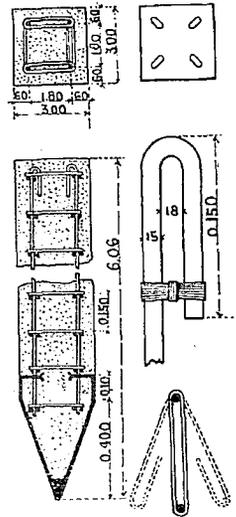
На черт. 148 показаны въ различныхъ видахъ и разрѣзахъ металлическій отдѣленный отъ быка ледорѣзъ на кессонномъ основаніи. Такого рода ледорѣзъ былъ устроенъ на рѣкѣ Везерѣ въ Бременѣ. Ледорѣзъ состоитъ изъ цѣлаго ряда рѣшетчатыхъ фермъ соединенныхъ между собою уголками и листами и обшитыхъ снаружки листовымъ желѣзомъ¹⁾.

Вообще о металлическихъ ледорѣзахъ можно замѣтить, что имъ можно придать такіе очертаніе и устройство, что они будутъ обладать значительной сопротивляемостью въ отношеніи порчи ихъ поверхности; рѣзущее ребро можетъ быть сдѣлано острѣе, нежели въ каменныхъ и деревянныхъ ледорѣзахъ. Напримеръ металлическимъ ледорѣзамъ можно придать форму, подобную формѣ двукрылыхъ снѣгоочистителей примѣняемыхъ на желѣзныхъ дорогахъ. При этомъ необходимо замѣтить, что если приходится дѣлать обшивку ледорѣза изъ желѣзныхъ листовъ, то слѣдуетъ дѣлать стыки послѣднихъ такъ, чтобы они представляли наименьшее сопротивленіе движенію льдинъ.

Наилучшимъ, стыкомъ является стыкъ въ притыкъ. Во всякомъ случаѣ не слѣдуетъ стыкъ дѣлать такъ, чтобы ледъ встрѣчалъ тупые кромки листовъ.

Кромѣ вышеописанныхъ типовъ ледорѣзовъ за послѣднее время начинаютъ устраивать желѣзо бетонные ледорѣзы, причемъ нѣкоторые по своей наружной формѣ подходятъ къ каменнымъ или желѣзнымъ ледорѣзамъ, другіе же имѣютъ сходство съ деревянными.

На черт. 149 представленъ быкъ съ ледорѣзомъ (водорѣзомъ) похожимъ по наружной формѣ на каменный ледорѣзъ. Онъ состоитъ изъ одной оболочки сдѣланной изъ желѣзо-бетона по системѣ Геннебика. На черт. 150 изображенъ ледорѣзъ, состоящій изъ желѣзо-бетонныхъ свай, устроены по системѣ Геннебика. Детали свай показаны на черт. 151.



Черт. 151.—Детали желѣзо-бетонныхъ свай.

Н. Рыницъ.

С.-Петербургъ,
26 января 1903 года.

¹⁾ Zeitschr. d. Archit. u. Ing. Ver. für das Königreich Hannover. Band XII. 1866.