ИЗДАНІЕ ОТДѢЛА ЗЕМЕЛЬНЫХЪ УЛУЧШЕНІЙ
МИНИСТЕРСТВА ЗЕМЛЕДѢЛІЯ И ГОСУДАРСТВЕННЫХЪ ИМУЩЕСТВЪ.

6261.
Ф 72
626.1

ИРРИГАЦІОННЫЕ КАНАЛЫ

и

ОТНОСЯЩІЯСЯ КЪ НИМЪ СООРУЖЕНІЯ

Инженера П. П. Флинна.

ПЕРЕВОДЪ СЪ АНГЛІЙСКАГО

М. Герсеванова и Д. Жаринцева.

Оп.-Исслед. Институт
БИБЛІОТЕКА
Водн. Хозяйства.

С.-ПЕТЕРБУРГЪ.
Типографія Ю. Н. Эрлихъ, Садовая, № 9.
1898.

Б.

Печатано по распоряженію Министерства Земледѣлія и Государственныхъ Имуществъ.

ОГЛАВЛЕНІЕ.

		стр.
	Предисловіе переводчика	V
§ 1.	Раздѣленіе каналовъ на три разряда	1
§ 2.	Разные способы ирригаціи	2
§ 3.	Сравненіе каналовъ индійскихъ и американскихъ	3
§ 4.	Отведеніе воды изъ рѣкъ на орошаемую мѣстность	5
§ 5.	Количество воды, необходимое для орошенія	10
§ 6.	Ширина дна и размѣры каналовъ	11
§ 7.	Боковые откосы	16
§ 8.	Паденіе, или уклонъ дна канала	19
§ 9.	Размѣры банкетовъ	24
§ 10.	Перечень главнѣйшихъ ирригаціонныхъ каналовъ, дающій ихъ размѣры, уклонъ и пр.	26
§ 11.	Уклонъ поверхности воды въ рѣкахъ	29
§ 12.	Безопасныя среднія скорости	30
§ 13.	Средняя скорость на поверхности и на днѣ	37
§ 14.	Выводъ средней скорости изъ скорости на поверхности	38
§ 15.	Разрушительныя скорости	40
§ 16.	Скорость увеличивается съ увеличеніемъ глубины канала	43
§ 17.	Разрушающее и переносящее дѣйствіе воды	43
§ 18.	О средствахъ предохранять ирригаціонные каналы отъ отложенія въ нихъ ила	47
§ 19.	Оплодотворяющій илъ	51
§ 20.	Илъ, уплекаемый рѣками	56
§ 21.	Улучшеніе земель заливаніемъ ихъ, или кольматажемъ	59
§ 22.	Уравненіе выемокъ и насыпей при устройствѣ каналовъ	62
§ 23.	Устройство канала въ косогорѣ	66
§ 24.	Осадка насыпей	68
§ 25.	Сооруженія, встрѣчающіяся на ирригаціонныхъ каналахъ	71
§ 26.	Колодцы и массивы	71
§ 27.	Головныя сооруженія ирригаціонныхъ каналовъ	73
§ 28.	Направляющія плотины	75
	Индійскія и американскія плотины.	
	Нильскій барражъ.	
§ 29.	Промывные шлюза	111
§ 30.	Регуляторы	114
§ 31.	Шлюзные затворы. Подвижныя или разборныя плотины	115

стр.

§ 32. Потеря воды чрезъ просачиваніе подъ плотинами 132
§ 33. Мосты и трубы 134
§ 34. Акведуки (водопроводные мосты). Желоба 135
§ 35. Пересѣченіе канала водянымъ потокомъ въ томъ же уровнѣ 148
§ 36. Проводъ потоковъ поверхъ каналовъ 152
§ 37. Обратные сифоны 157
§ 38. Пониженіе уровня воды въ каналахъ вслѣдствіе самоуглубленія. . 164
§ 39. Перепады 170
§ 40. Водосливы 193
§ 41. Впаденіе ручьевъ въ каналъ 198
§ 42. Головныя сооруженія на второстепенныхъ каналахъ 199
§ 43. Отводные каналы 203
§ 44. Осадочные бассейны 205
§ 45. Тоннели 207
§ 46. Подпорныя стѣны 211
§ 47. Каналы, предназначенные какъ для судоходства, такъ и для ирригаціи 213
§ 48. Изслѣдованія 214
§ 49. Распредѣлительные каналы 221
§ 50. Донныя плотины 229
§ 51. Способы постройки каналовъ 231
§ 52. Вода ирригаціонныхъ каналовъ, какъ двигатель 234
§ 53. Подъемъ воды помпами 236
§ 54. Содержаніе ирригаціонныхъ каналовъ 238
§ 55. Способы орошенія 242
§ 56. Количество воды, нужное для орошенія 250
§ 57. Орошеніе трубами 254
§ 58. Число орошеній въ годъ и соотвѣтствующій слой воды 258
§ 59. Орошеніе кругооборотомъ 261
§ 60. Связь орошенія съ лѣсоводствомъ 262
§ 61. Количество выпадающаго дождя 264
§ 62. Испареніе воды 272
§ 63. Просачиваніе 275
§ 64. Стокъ воды 280
§ 65. Невыгоды ирригаціи 283
§ 66. Стоимость ирригаціи на экръ 287
§ 67. Годовой доходъ на кубическій футъ воды въ секунду 288
§ 68. Стоимость каналовъ на орошенный экръ земли 290
§ 69. Измѣреніе воды. Модули 291

Каналъ Канура 297

Предисловіе переводчика.

Имѣвъ честь быть приглашеннымъ Г. Министромъ Земледѣлія и Государственныхъ Имуществъ къ участію въ трудахъ Коммиссіи подъ предсѣдательствомъ генералъ-лейтенанта І. П. Жилинскаго, образованной для разсмотрѣнія проектовъ орошенія Туркестанскаго края. усмотрѣвъ изъ пояснительныхъ записокъ нѣкоторыхъ изъ составителей проектовъ, что они были очень затруднены въ проектныхъ работахъ за неимѣніемъ инженеровъ и техниковъ, знакомыхъ съ ирригаціоннымъ дѣломъ. и зная, впрочемъ, это отлично по опыту своей довольно продолжительной службы на Кавказѣ (гдѣ ирригація, къ которой я близко стоялъ, составляетъ также одинъ изъ жизненныхъ вопросовъ страны), я предложилъ Коммиссіи, въ виду бѣдности русской литературы по этой части, перевести и напечатать трудъ г. Флиппа — Irrigation Canals and other Irrigation Works, который былъ мнѣ ранѣе извѣстенъ, какъ руководство именно по инженерной части ирригаціи, такъ какъ по сельско-хозяйственной части ея имѣются другія руководства. Притомъ о трудѣ Флиппа существуютъ самые лестные отзывы въ англійской и американской печати, смыслъ которыхъ тотъ, что трудъ г. Флиппа долженъ считаться *настольной книгой* всякаго ирригаціоннаго инженера, что подтверждаетъ также ѣздившій въ Америку инженеръ Д. И. Головинъ, и что, конечно, достаточно рекомендуетъ книгу эту, изданную въ 1892 году въ Санъ-Франциско, въ Сѣверной Америкѣ, гдѣ, какъ извѣстно, въ послѣднее время обращено особое вниманіе на ирригацію, и производятся большія работы по устройству каналовъ и резервуаровъ.

Въ предисловіи къ своему труду г. Флиппъ говоритъ слѣдующее: «Вполнѣ признано, что надобность въ руководствѣ по сооруженію

[illegible] книгою была сильно чувствуется за Америк. После этой моей работы я типографии и получать письма из разных частей Соединенных Штатов от многих выдающихся инженеров, которые со интересом следили появлению книги. Труд мой разделить на две части: первая часть является [illegible] книги, а вторая — [illegible] книги по инженерной [illegible] книге. В книге из двух частей этого труда помещены не только [illegible] инженеров, но также [illegible] инженерного строения. Согласно это руководство по [illegible] книге и служило за всем материалом в этой части. [illegible] книги из названия этого труда».

Заявление мое сделано в Киевском 15 февраля 1887 года. В конце первого этого труда была принято председателем Киевского [illegible] весьма сочувственно, и уже 25 марта я получил уведомление, что [illegible] Киевского. Его Высокопревосходительство А. С. Ермолаев изволил выразить мне [illegible] книги с вознаграждением для этого за мое исследование в 1.000 рублей. Деньги эти можно скоро истратить, но [illegible] мне [illegible] и [illegible] книги, а [illegible] Ф. Хорошхина.

Об [illegible] книги [illegible] Irrigation Canals и пр., то первая из [illegible] книги, а вторая Л. Ф. Хорошхина.

Хотя при своемъ переводѣ, я старался буквально придерживаться текста оригинала, но это не всегда возможно уже по недостатку и шаткости технической терминологіи, еще не установившейся не только въ русской литературѣ, но и въ иностранной, а въ нѣкоторыхъ мѣстахъ вслѣдствіе неясности текста и рисунковъ весьма мелкаго масштаба. Во всякомъ случаѣ, я старался выражаться такъ, что меня пойметъ всякій интересующійся и занимающійся инженернымъ дѣломъ, хотя я педантически не придерживался всегда однихъ и тѣхъ же терминовъ. Въ концѣ прибавлено мною описаніе важнѣйшаго въ Европѣ ирригаціоннаго канала Кавура.

Важность ирригаціи для благосостоянія страны оцѣнена по достоинству въ Россіи въ сравнительно недавнее время. Послѣ Самарскаго голода въ семидесятыхъ годахъ Министерство Государственныхъ Имуществъ обратило вниманіе на развитіе этого дѣла въ центральной Россіи, причемъ была образована сперва экспедиція подъ начальствомъ инженера Жилинскаго, сдѣлавшая множество изысканій и работъ съ цѣлью орошенія безводныхъ мѣстностей Самарской и Оренбургской губерніи, Уральской области и пр. Трудность этого дѣла, къ которому были привлечены многіе инженеры путей сообщенія, сама собою видна уже изъ того, что въ Россіи для этого не существовало никакого опыта, и что, по справедливому замѣчанію генерала Жилинскаго, приходилось прежде всего въ этихъ мѣстностяхъ *создавать воду*, т. е. разыскивать и собирать ее. Хотя трудами этихъ дѣятелей и достигнуто орошеніе нѣкоторыхъ мѣстностей Европейской Россіи, но здѣсь дѣло это не такъ важно, не имѣетъ такого жизненнаго значенія, какъ на нашихъ окраинахъ, а именно на Кавказѣ (преимущественно въ Закавказьи) и въ Туркестанскомъ краѣ, гдѣ ирригація всегда существовала и гдѣ она всегда обезпечена сосѣдствомъ неистощимыхъ запасовъ воды въ видѣ покрытыхъ вѣчнымъ снѣгомъ горъ, питающихъ круглый годъ многоводныя рѣки. На этихъ окраинахъ существовали издавна всѣ элементы для ирригаціи, и недоставало только знающихъ людей, могущихъ дѣлу этому дать то развитіе, котораго оно заслуживаетъ. То же самое, впрочемъ, было и въ Англійской Индіи до того времени, когда этому дѣлу далъ могучій толчекъ инженеръ Sir Proby Cautley сооруженіемъ громаднаго и перваго во всемъ свѣтѣ по величинѣ своей Гангесскаго канала.

Бывшій намѣстникъ Кавказскій, генералъ-фельдмаршалъ князь Барятинскій хорошо понималъ важность ирригаціи для Закавказскаго края и неспособность мѣстныхъ туземныхъ техниковъ справиться съ задачами *большой ирригаціи*, требующей хорошо образованныхъ и опытныхъ инженеровъ. Если туземные мирабы и джувары могли распредѣлить воду, взятую изъ рѣки, по полямъ, то они никогда не могли бы устроить большихъ каналовъ изъ такихъ значительныхъ рѣкъ, какъ Кура и Араксъ. Поэтому князь Барятинскій поручилъ англійскому инженеру Габбу составить общій проектъ ирригаціи Закавказскаго края, который и былъ составленъ въ 1862 г., но никогда не былъ приведенъ въ исполненіе.

Между тѣмъ вопросъ этотъ былъ такъ жгучъ, что силою вещей создались на Кавказѣ два большихъ канала—Караязскій изъ Куры близъ Тифлиса и Арасдаяпскій изъ Аракса близъ Даволу. Къ этому можно прибавить капалъ Арпачайскій, устроенный частною инціативою А. П. Шапширея въ бассейнѣ восточнаго Арпачая. Этими каналами, можно сказать, ограничились опыты большой ирригаціи въ предѣлахъ Кавказскаго края. Въ Туркестанскомъ краѣ, еще при управленіи имъ генералъ-адъютантомъ К. П. Кауфманомъ, были попытки устроить ирригацію въ большомъ масштабѣ въ Голодной степи водами Сыръ-Дарьи на пространствѣ между Ходжентомъ, Джизакомъ и Чиназомъ, но она кончилась неудачей. Въ Закаспійскомъ краѣ была попытка устроить орошеніе большой площади Мургабскаго Государева имѣнія водами Мургаба возобновленіемъ плотины Султанъ-Бендъ, но она также сопровождалась неудачей, и только небольшая часть Государева имѣнія орошена съ успѣхомъ изъ Гиндукушскаго водохранилища, что исполнено трудами инженеровъ путей сообщенія Ю. С. Андреева и А. М. Валуева.

Кромѣ послѣдняго, всѣ остальныя предпріятія по *большому орошенію* въ Кавказскомъ краѣ и въ Средней Азіи сопровождались неудачами и вызывали ассигнованіе, неизбѣжныхъ въ гидротехническихъ работахъ, дополнительныхъ суммъ и вмѣстѣ съ тѣмъ не менѣе неизбѣжныя нареканія на инженеровъ, проектировавшихъ и строившихъ эти ирригаціонные каналы. При этомъ обыкновенно указывалось, что вотъ — прокопали же ирригаціи въ египетскихъ странахъ при Тамерланѣ и другихъ знаменитыхъ деспотахъ, но при этомъ забывали, сколько человѣческихъ жизней, труда и пота

стоила тогда эта ирригація, стоимость которой никто не учитывалъ, и что въ наше время это важное дѣло, пахпущее обыковенно милліонами (замѣняющими даровой человѣческій трудъ), требуетъ не только огромныхъ суммъ, которыя подъ силу только правительству, но и огромнаго знанія, опытности и добросовѣстности, которыя, конечно, найдутся и у современныхъ строителей.

Если же и были у нихъ неудачи въ перечисленныхъ здѣсь работахъ, то справедливо ли видѣть въ этомъ только ошибки и слабыя стороны нашихъ первыхъ дѣятелей въ такомъ новомъ, огромномъ и тонкомъ дѣлѣ, какъ орошеніе большихъ площадей? Итакъ, будемъ справедливы къ памяти тѣхъ лицъ, которыя первыя взяли на себя это новое въ Россіи дѣло и строили у насъ первые большіе каналы, не боясь *отвѣтственности* и не прячась за этою ширмою, которою, къ сожалѣнію, прикрываются многіе почтенные дѣятели. Большей части этихъ людей уже нѣтъ на свѣтѣ, но дѣло, начатое ими, конечно, не пропадетъ и будетъ доведено до желаемаго конца вновь народившимися дѣятелями. А мы все-таки не должны забывать именно первыхъ дѣятелей у насъ по этой части, имена Габба, генерала Каханова, Фролова, Шапгирея, Випьчи, Поклевскаго-Козелло, Андреева.

Никто не умѣетъ такъ пользоваться приложеніями науки къ практическому дѣлу, какъ англичане и американцы, устроившіе ирригацію въ огромномъ размѣрѣ въ Индіи и въ Западныхъ Штатахъ Сѣверной Америки. И, однако же, мы видимъ, что, несмотря на очень обширную литературу по этому предмету на англійскомъ, французскомъ и итальянскомъ языкахъ, при сооруженіи каналовъ и въ Индіи, и въ Америкѣ, и въ Италіи *) сдѣланы большія ошибки, на которыя указывается и въ предлагаемой книгѣ. И тамъ были незаслуженныя упреки такимъ инженерамъ какъ Котлей, а между тѣмъ въ большей части случаевъ, ошибки эти были *неизбѣжны*, вслѣдствіе неимѣнія достаточно накопленнаго опытнаго и научнаго матеріала.

Имѣя въ виду пополнить этотъ послѣдній пробѣлъ, особенно ощутительный въ русской технической литературѣ, и съ цѣлью дать возможность нашимъ молодымъ инженерамъ воспользоваться результатами

---

*) При постройкѣ канала Кануры вслѣдствіе ошибочнаго опредѣленія расхода рѣки Но пришлось устроить дополнительное снабженіе изъ рѣки Дора Больтея. Такая точно ошибка была сдѣлана на р. Мургабѣ.

опытности и эрудиціи такого практическаго дѣятеля, какъ г. Флинтъ, много работавшаго по ирригаціонному дѣлу и въ Индіи, и въ Америкѣ и съ рѣдкою добросовѣстностью пользовавшагося литературными источниками (что видно по многочисленнымъ цитатамъ въ текстѣ), я, при сотрудничествѣ гг. Жаринцова и Здзярскаго, рѣшился предпринять переводъ этой книги на русскій языкъ, и если въ нашемъ переводѣ, какъ во всякомъ человѣческомъ дѣлѣ, найдутся ошибки, то, надѣюсь, что, въ виду благой цѣли, руководившей нами, намъ не поставятъ это въ вину, а укажутъ на эти ошибки для исправленія ихъ, по возможности, во второмъ изданіи, если таковое потребуется, хотя бы для техническихъ учебныхъ заведеній, для которыхъ оно во всякомъ случаѣ не безполезно. Тогда можно будетъ привести и данныя изъ русской практики. Оканчивая это, можетъ быть, слишкомъ длинное предисловіе, считаю долгомъ выразить мою благодарность сотрудникамъ моимъ по переводу книги, гг. Жаринцову и Здзярскому, а равно вице-директору отдѣла земельныхъ улучшеній Я. Я. Шварцу и инженеру Ю. Н. Эрлиху, первому—за теплое сочувствіе къ этому дѣлу, а второму—за труды, понесенные по изданію книги въ его прекрасной типографіи.

Въ заключеніе считаю пріятнымъ долгомъ высказать величайшую признательность Г. Министру Земледѣлія и Государственныхъ Имуществъ А. С. Ермолову, давшему возможность осуществить дѣло, безспорно полезное для молодыхъ русскихъ инженеровъ.

М. Герсевановъ.

Рейхенталь, 19 Іюля 1897

Ирригаціонные каналы и относящіяся къ нимъ сооруженія.

§ 1. Раздѣленіе каналовъ на три разряда.

Каналы могутъ быть раздѣлены на три разряда, а именно: 1) каналы для одной только ирригаціи: 2) каналы какъ для ирригаціи. такъ и для судоходства, и 3) каналы для одного только судоходства.

Условія, необходимыя для развитія канала перваго разряда, суть слѣдующія: такой каналъ долженъ быть проведенъ возможно выше, такъ, чтобы была возможность поливать изъ него земли на возможно большее отъ него разстояніе, и притомъ земли, лежащія или по одну, или по обѣ стороны такого канала, причемъ онъ долженъ представлять собою потокъ съ текущею водою, питаемый постоянно рѣкою, изъ которой онъ выведенъ, съ цѣлью возмѣщенія въ немъ воды, расходуемой на ирригацію.

Условія, необходимыя для успѣшнаго дѣйствія каналовъ второго разряда. изложены въ § 17 *о каналахъ, предназначенныхъ какъ для судоходства, такъ и для ирригаціи.*

Условія. которымъ долженъ удовлетворять каналъ, предназначенный для одного только судоходства, во многихъ отношеніяхъ противоположны условіямъ, требуемымъ для канала, предназначеннаго для одной только ирригаціи.

Судоходный каналъ долженъ быть, по возможности, каналомъ со стоячею водою, для того, чтобы судоходство по нему было возможно легко по обоимъ направленіямъ, и такъ какъ въ такомъ каналѣ не

можетъ быть никакой убыли воды, исключая той, которая поглощается испареніемъ и фильтраціями, и той воды, которая расходуется плотами на проводку судовъ, то необходимое для питанія такого канала количество воды сравнительно незначительно, и потому такіе каналы болѣе выгодно устраивать въ возможно низкомъ уровнѣ.

§ 2. Разные способы ирригаціи (орошенія).

Въ Индіи существуютъ четыре способа ирригаціи, и всѣ четыре въ одинаково обширномъ размѣрѣ. Это: 1) постоянно дѣйствующіе каналы; 2) каналы, орошающіе земли періодически, наводненіемъ или заливкой ихъ; 3) резервуары, или искусственные бассейны, и 4) колодцы.

Каналы, дѣйствующіе наводненіемъ, не имѣютъ головныхъ сооруженій въ пунктѣ ихъ вывода изъ рѣки; они доставляютъ воду на поля только во время высокихъ водъ, и наиболѣе многочисленные и значительные по размѣрамъ каналы такого рода существуютъ на берегахъ Инда.

Орошеніе при помощи колодцевъ производится помощью ручной работы или работою буйволовъ, причемъ каждый колодезь можетъ поливать отъ трехъ до десяти экровъ (одинъ экръ составляетъ около $^1/_3$ десятины; точно = 0,37).

Въ Америкѣ существуютъ три способа орошенія: 1) постоянно дѣйствующіе каналы; 2) резервуары и 3) артезіанскіе колодцы.

Въ нѣкоторыхъ случаяхъ въ Западныхъ Штатахъ Америки вода добывается въ небольшихъ количествахъ помощью устройства въ руслахъ рѣкъ подводныхъ дамбъ, опущенныхъ ниже дна рѣки, причемъ вода, теряющаяся прежде подъ дномъ рѣки, поднималась на дневную поверхность съ цѣлью орошенія. Въ другихъ случаяхъ, также съ цѣлью добыть или увеличить количество воды, устраивали помпы въ щебнистыхъ руслахъ рѣкъ или въ щебнистыхъ берегахъ рѣкъ, заложенные на самой скалѣ, на которой лежало щебнистое дно русла рѣки.

Подниманіе воды насосами также иногда практикуется въ Америкѣ, но самое обширное примѣненіе насосовъ къ цѣлямъ орошенія практикуется въ Нижнемъ Египтѣ.

§ 3. Сравненіе ирригаціонныхъ каналовъ, построенныхъ въ Индіи и въ Америкѣ.

Инженеръ George G. Anderson въ мемуарѣ, помѣщенномъ въ I томѣ Transactions of the Denver Society of Civil Engineers and Architects, описываетъ ирригаціонные каналы въ Колорадо. Это описаніе въ значительной степени относится къ бо́льшей части построенныхъ въ Америкѣ каналовъ. Вотъ что говоритъ объ этомъ г. Андерсонъ.

«Можно было бы проектировать работы, основываясь на здравыхъ началахъ и не углубляясь во всѣ подробности дѣла, но надо сказать, что въ Колорадо это не было сдѣлано. Разсматривая все сдѣланное съ точки зрѣнія исполненія, приходишь къ выводу, что сдѣланныя ошибки очень многочисленны, направленія выбраны дурныя, уклоны и скорости опредѣлены, повидимому, безъ всякихъ соображеній, и построены такія головныя сооруженія и трубы, которыя заставили бы устыдиться всякаго порядочнаго инженера. Тѣмъ не менѣе, какъ бы всѣ эти стороны ни были дурны, онѣ имѣютъ то достоинство для инженера, что указываютъ ему на тѣ ошибки, которыхъ онъ долженъ избѣгать, предпринимая подобныя работы въ новыхъ странахъ.

«Но еще бо́льшее число ошибокъ произошло, я полагаю, отъ слишкомъ скораго исполненія работъ подрядчиками. Слишкомъ мало времени было дано инженерамъ, чтобы вполнѣ ознакомиться съ физическими условіями страны, которую надо было снабдить водою. Контракты на исполненіе проектированныхъ работъ были заключены даже до подробной предварительной съемки, причемъ энергичные подрядчики слѣдовали, такъ сказать, по пятамъ за инженерами, разбивавшими работы, и это имѣло послѣдствіемъ то обстоятельство, что значительная доля дурно проектированныхъ работъ была исполнена слишкомъ быстро, такъ что исправить эти ошибки оказалось совершенно невозможнымъ. Вѣроятно лучшее, что можно было бы сдѣлать для ирригаціонной системы сѣверо-восточнаго Колорадо, было бы совершенное уничтоженіе того, что уже сдѣлано, и постройка вновь всего на основаніи здравыхъ инженерныхъ принциповъ».

Г. Walter H. Graves, гражданскій инженеръ, въ мемуарѣ, изданномъ Инженернымъ Обществомъ въ Денверѣ въ 1886 году, гово-

рить слѣдующее. «Опредѣленіе соотвѣтственныхъ размѣровъ канала, его уклона, откосовъ и пр. требуетъ отъ инженера величайшаго искусства и понятливости. Ошибки, сдѣланныя при устройствѣ канала, могутъ быть не замѣчены вначалѣ, но впослѣдствіи онѣ сказываются, распространяя вокругъ себя разрушеніе и бѣдствія. Тысячи фермеровъ, зависящихъ отъ канала по снабженію ихъ водою, въ критическій періодъ, когда къ каналу предъявляются ими наибольшія требованія, въ случаѣ, если внезапно обнаружится какая-нибудь роковая ошибка, вслѣдствіе которой каналъ на нѣкоторое время окажется безполезнымъ, могутъ быть разорены прежде, чѣмъ возможно будетъ произвести необходимыя исправленія. Катастрофа подобнаго рода можетъ быть непоправима, и черезъ такое бѣдствіе можетъ послѣдовать финансовое разореніе большого района.

Отвѣтственность, падающая на инженера, часто опѣнивается имъ слишкомъ легко и возлагается иногда на него компаніями слишкомъ неосновательно и беззаботно».

Приведенныя выше слова, вѣроятно, можно примѣнить болѣе, чѣмъ къ девяносто процентамъ ирригаціонныхъ каналовъ въ Америкѣ. Построенныя на нихъ плотины, регуляторы, мосты, переходы и пр. обыкновенно представляютъ собою временныя деревянныя сооруженія.

Какъ ни ошибочны эти сооруженія, необходимо, однако, замѣтить, что они сослужили хорошую службу, содѣйствуя развитію страны. Безъ нихъ милліоны акровъ земли, приносящія теперь богатыя жатвы, лежали бы втунѣ безъ всякой пользы. Они же представляютъ обширное поле для приложенія искусства инженера-гидравлика для улучшенія этихъ старыхъ каналовъ.

Однако же, значительная перемѣна къ лучшему замѣчается въ послѣднее время въ проектированіи и постройкѣ ирригаціонныхъ каналовъ въ Америкѣ, и въ нѣкоторыхъ мѣстахъ [illegible] появились болѣе капитальныя сооруженія, чѣмъ въ старыхъ каналахъ.

Нѣтъ сомнѣнія, [illegible] которые въ многихъ отношеніяхъ могутъ считаться [illegible] образцами. Можетъ быть, [illegible] найдетъ, что въ послѣдующемъ изложеніи [illegible] слишкомъ часто [illegible] къ [illegible] каналамъ, но [illegible] забывать, что [illegible] образчики [illegible] сооруженій [illegible] можно [illegible] въ Индіи, и что, за [illegible] [illegible]

тяженія (длины), размѣровъ поперечнаго сѣченія, количества проводимой ими воды и сложной длины ихъ, индійскіе каналы—первые въ свѣтѣ, и что всѣ сооруженія на нихъ долговременныя, т. е. въ нихъ входитъ наименьшее количество дерева и другихъ легко разрушающихся матеріаловъ.

Опытъ, добытый въ другихъ странахъ, въ которыхъ ирригація примѣняется съ незапамятныхъ временъ, особенно полезенъ, потому что указываетъ на сдѣланныя ошибки и на способы, употребленные для ихъ исправленія.

Списокъ ирригаціонныхъ каналовъ, приведенный въ § 10, указываетъ на нѣкоторыя изъ обширныхъ работъ, исполненныхъ въ Индіи.

§ 4. Отведеніе воды изъ рѣкъ на орошаемую мѣстность.

Ирригація помощью каналовъ примѣняется, главнымъ образомъ, къ такимъ мѣстностямъ, которыя образовались постепеннымъ отложеніемъ наноснаго матеріала, влекомаго рѣкою въ эпоху половодія.

Осадки, образующіеся при наводненіи, начинаютъ отлагаться въ точкахъ, въ которыхъ скорость теченія встрѣчаетъ препятствія, и такъ какъ это условіе существуетъ вдоль всей окраины фарватера, то наводненіе всякой мѣстности, по которой протекаетъ рѣка, оставляетъ послѣ себя на каждомъ берегу слой наносовъ, имѣющій въ поперечномъ сѣченіи форму клина, толстый конецъ котораго обращенъ къ рѣкѣ.

Съ теченіемъ времени, послѣдовательные ежегодные наводки образуютъ вдоль рѣки гряды или горбы, имѣющіе склонъ *отъ рѣки*. Ширина такой гряды измѣняется въ зависимости отъ природы и величины рѣки. Ширина эта можетъ быть только 200 или 300 ярдовъ (т. е. 600 или 900 футовъ), или можетъ доходить до нѣсколькихъ миль.

Только что описанная черта замѣчается не только въ главномъ рукавѣ рѣки, но и во всѣхъ ея рукавахъ. Никакая значительная мѣстность не можетъ быть образована послѣдовательными наводненіями и послѣдующими наносами одной только рѣки. Напротивъ, она должна являться послѣдствіемъ существованія или работою многихъ потоковъ. Фарватеры всѣхъ рѣкъ, исключая тѣ случаи,

когда они ограждены прочными скалами, болѣе или менѣе склонны измѣнять направленіе своего теченія.

Разсматривая карту всякой дельты, читатель замѣтитъ, что характеристика дельты заключается въ томъ, что рѣка, приближаясь къ морю, распадается на два, или болѣе, рукава, изъ которыхъ каждый можетъ также раздѣляться на меньшіе рукава. Это хорошо видно на дельтѣ Нила, изображенной на фиг. 31.

Каждый рукавъ дельты вліяетъ на извѣстную мѣстность и служитъ для распространенія осадочнаго матеріала путемъ ли возвышенія его береговъ, или путемъ выдвиганія дельты въ сторону моря. Весьма часто случается видѣть въ аллювіальныхъ равнинахъ высохшія ложа рѣкъ, обладающія всѣми чертами существующихъ потоковъ. Въ нѣкоторыхъ случаяхъ эти высохшія русла имѣютъ такіе размѣры, что, безо всякаго сомнѣнія, указываютъ, что они покинуты главнымъ рукавомъ рѣки; въ другихъ случаяхъ могутъ быть указанія на то, что притокъ воды къ нимъ постепенно уменьшался, причемъ поперечное сѣченіе ихъ, отложеніемъ въ немъ наносовъ, съужилось до такой степени, что они могли служить только ирригаціонными каналами, и, наконецъ, если такіе рукава оставались въ ихъ естественномъ состояніи, то они заносились послѣдовательными отложеніями наносовъ при наводненіяхъ и навѣянными вѣтромъ песками и пылью до такой степени, что ихъ совсѣмъ нельзя замѣтить, и о бывшемъ ихъ направленіи можно заключить только по существующей на этомъ протяженіи грядѣ наносовъ или по продольной возвышенности.

Такимъ образомъ ясно, что аллювіальная равнина образуется не однимъ только отложеніемъ наносовъ на правомъ и на лѣвомъ берегу главнаго русла, но, напротивъ, отложеніями многихъ и второстепенныхъ руселъ, изъ которыхъ нѣкоторыя могли быть и вовсе занесены. Паденіе, или уклонъ, такой мѣстности вмѣсто того, чтобы слѣдовать направленію главнаго русла, будетъ, очевидно, измѣнено вслѣдствіе существованія второстепенныхъ руселъ. Въ промежуткахъ между руслами будутъ, очевидно, находиться низменности, и линіи, образующіяся отъ пересѣченія склоновъ, идущихъ отъ береговъ смежныхъ руселъ, будутъ указывать направленіе, по которому станутъ стекать дождевыя воды съ этихъ поверхностей. Такія же линіи увидимъ на крайнихъ предѣлахъ всякой дельты, причемъ съ

одной стороны, такая линія будетъ получать дождевую воду, стекающую съ части дельты, а съ другой стороны—воду съ мѣстности, находящейся *внѣ дельты*.

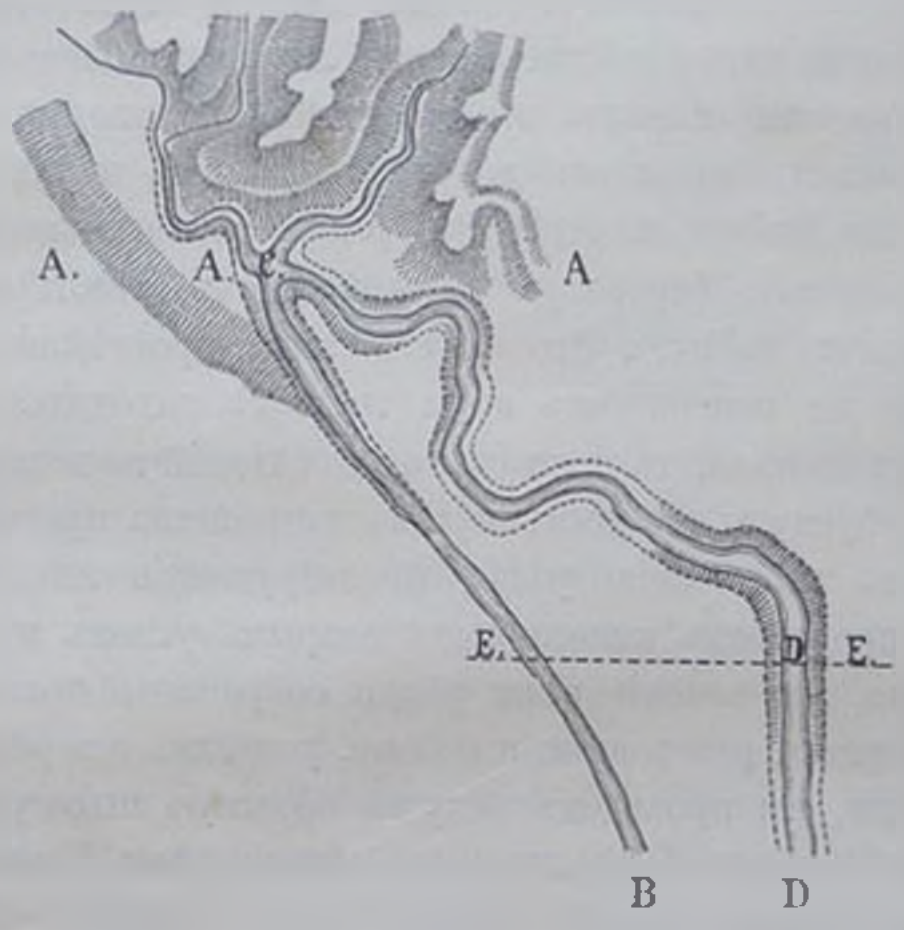
Послѣ этихъ общихъ замѣчаній легко объяснить, на какомъ простомъ началѣ основана ирригація данной мѣстности. Предположимъ, что водою надо снабдить землю, лежащую близъ берега рѣки, которая перестала заливать это мѣсто при половодьи, но въ которой вода можетъ подняться до порога канала, и такъ какъ мѣстность, вообще, имѣетъ паденіе *отъ рѣки*, то легко понять, что достаточно прокопать береговую возвышенность, чтобы оросить мѣстность, лежащую за нею. Это будетъ самый простѣйшій случай орошенія. Если же поверхность воды въ рѣкѣ находится значительно ниже порога канала, такъ что этотъ послѣдній не можетъ доставить воду на требуемую мѣстность путемъ устройства прокопа подъ прямымъ угломъ къ теченію рѣки, то затрудненіе это можетъ быть устранено прорытіемъ канала подъ острымъ угломъ къ рѣкѣ.

Извѣстно, что теченіе рѣки рѣдко сохраняетъ прямое направленіе на большомъ разстояніи, а потому, устроивъ изъ рѣки каналъ по прямой линіи, мы проведемъ воду на бо́льшую высоту противъ соотвѣтственной точки болѣе длиннаго теченія рѣки. Такимъ образомъ, на каждую единицу своей длины каналъ выигрываетъ въ своей высотѣ противъ рѣки. При этомъ простымъ разсчетомъ опредѣлится, на какую длину надо продолжить каналъ для того, чтобы вода изъ него изливалась на поверхность земли. Допустимъ, что требуется, напримѣръ, оросить равнину ниже *B* (черт. 1—3) водою изъ рѣки *CD*.

Предположимъ, что поверхность мѣстности отъ возвышенностей *A*, *A*, *A* къ *B* имѣетъ паденіе въ два фута на одну милю. Положимъ, что чрезъ мѣстность протекаетъ рѣка *CD* и что поверхность воды въ этой рѣкѣ, на всемъ ея протяженіи, находится на двадцать футовъ ниже ея береговъ. Если, при этихъ предположеніяхъ, вырыть каналъ *CE* съ горизонтальнымъ дномъ и воду въ рѣкѣ поднять на весьма незначительную высоту плотиной въ точкѣ *C*, то вода изъ рѣки выше плотины *C* потечетъ по этому каналу, пока не достигнетъ точки *E*— подъ прямымъ угломъ къ рѣкѣ въ *D*, откуда она можетъ быть проведена для орошенія нижней части склона *EB*.

Такимъ же образомъ, если бы дну канала придать паденіе въ одинъ футъ на милю, то дно это въ разстояніи десяти миль нахо-

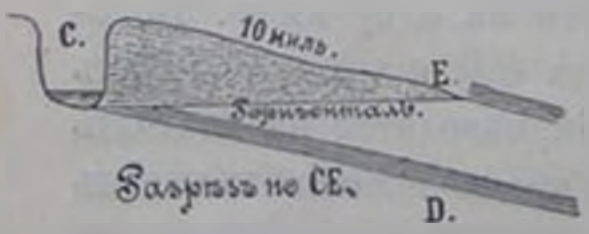
дилось бы только на десять футовъ ниже мѣстности въ *E*, а въ разстояніи 20 миль, пріобрѣтя еще по одному футу па милю, дно канала выпло бы на поверхность земли къ *B*. Если паденіе мѣстности были бы одинаково какъ вдоль рѣки, такъ и по направленію



Черт. 1.

къ ней перпендикулярному, то вода выпла бы на поверхность земли въ разстояніи отъ *C* меньшемъ 20 миль.

Вообще, наименьшая длина канала опредѣляется величиною пониженія поверхности воды противъ береговъ рѣки въ головѣ ка-



Черт. 2.



Черт. 3.

нала и отношеніемъ уклоновъ, или паденій, дна канала и поверхности мѣстности, по которой проведенъ каналъ.

Для того, чтобы подняться на извѣстную высоту надъ мѣстностью и чтобы достичь возможности поливать возвышенныя мѣстности

безъ большихъ земляныхъ работъ для канала, иногда приходится заложить голову, или начало, канала въ самыхъ верховыхъ частяхъ рѣки. Для этого приходится устроить это начало въ пунктѣ, въ которомъ рѣка выходитъ изъ возвышенностей на равнину, или въ возможной близости отъ этого пункта. Это тѣмъ болѣе желательно, что вода въ этихъ верховыхъ частяхъ рѣки влечетъ сравнительно мало наносовъ, этого величайшаго врага каналовъ, и, кромѣ того, рѣка въ верховыхъ частяхъ обыкновенно течетъ въ узкомъ руслѣ, причемъ гораздо легче устроить въ немъ плотину для отвлеченія воды въ устраиваемый каналъ.

Эти соображенія настолько важны, что они рѣшительно перевѣшиваютъ весьма важныя неудобства, вызываемыя такимъ устройствомъ начала, или головы, канала. Неудобства-же эти заключаются въ томъ, что мѣстность въ гористыхъ верховьяхъ рѣкъ имѣетъ весьма большое паденіе и пересѣчена большимъ числомъ горныхъ потоковъ, что дѣлаетъ проведеніе канала по такой пересѣченной мѣстности весьма трудной задачей, которая для разрѣшенія требуетъ величайшаго искусства отъ инженера и затраты большихъ суммъ для исполненія.

Припоминая то, что сказано выше о дельтообразномъ образованіи аллювіальныхъ равнинъ, легко понять, что описанныя выше старыя русла и образовавшіеся вдоль нихъ возвышенные гребни представляютъ наивыгоднѣйшія направленія для устройства ирригаціонныхъ каналовъ. Въ этихъ случаяхъ задача заключалась бы въ проведеніи воды изъ рѣки къ гребнямъ этихъ возвышенностей и затѣмъ въ проведеніи по нимъ каналовъ, причемъ необходимо стараться, чтобы земляныя работы, или отрывка была бы не болѣе того, что нужно для устройства насыпей, образующихъ берега каналовъ, которые должны проводить воду какъ можно выше, насколько позволяетъ прочность этихъ насыпей. Если глубина воды, принимаемой началомъ канала, значительно меньше той, которая требуется уровнемъ высокой воды въ рѣкѣ, то начало дна канала надо углубить соотвѣтственно этой разницѣ, и затѣмъ главною задачею является, въ цѣляхъ возможнаго уменьшенія земляныхъ работъ—проведеніе канала по низкимъ мѣстностямъ такъ, чтобы вода прямо изливалась на землю. При этомъ мы приблизились бы, насколько можно, къ цѣли орошенія, и затѣмъ каналы должны быть

продолжаемы вдоль возвышенностей такъ, чтобы вода могла протекать на одномъ уровнѣ или выше поверхности земли—какъ окажется выгоднѣе по мѣстнымъ условіямъ.

Если земля по обѣимъ сторонамъ канала находится на одинаковой высотѣ, то во многихъ случаяхъ окажется необходимымъ вести воду выше поверхности земли, хотя при этомъ можетъ оказаться, что грунтъ мало способенъ для выдерживанія напора воды, или для сопротивленія фильтраціямъ.

Для предупрежденія возможности прорывовъ воды, надо обращать вниманіе на соотвѣтственную высоту береговыхъ насыпей канала, или его банкетовъ.

Выборъ надлежащаго мѣста для начала, или головы, канала представляетъ задачу, требующую весьма тщательнаго изученія. Но къ этому вопросу мы еще возвратимся въ одномъ изъ послѣдующихъ параграфовъ.

§ 5. Количество воды, необходимое для орошенія.

Заручившись источникомъ снабженія водою ирригаціоннаго канала, предстоитъ затѣмъ опредѣлить количество въ немъ необходимой воды. Это количество зависитъ, *во-первыхъ*, отъ наибольшаго количества земли, требующей орошенія въ одинъ и тотъ же періодъ времени, и, во-вторыхъ, отъ той площади земли, которая въ данной мѣстности можетъ быть орошена въ теченіе года притокомъ воды *въ количествѣ одного кубическаго фута въ секунду*. Эту площадь земли англичане и американцы называютъ *Duty of water*.

Если, по изученіи картъ мѣстности, подлежащей орошенію, мы найдемъ, что въ одинъ сезонъ должны быть орошены 96.000 акровъ земли, и будемъ знать, что въ этой мѣстности или аналогичной съ нею однимъ кубическимъ футомъ воды въ секунду можетъ быть орошено 120 акровъ, то увидимъ, что количество воды, которое намъ надо пустить въ каналъ, будетъ $\frac{96.000}{120} = 800$ куб. футовъ въ секунду.

При проектированіи нѣкоторыхъ каналовъ въ Индіи придерживались другого способа опредѣленія количества или расхода воды въ каналѣ.

Для Sone Canals, въ Индіи, три четверти кубическаго фута воды

въ секунду считалось достаточнымъ для орошенія каждой квадратной англійской мили *кругомъ*, но въ эту площадь входили также земли, орошавшіяся изъ существующихъ колодцевъ, площади деревень, дорогъ и т. д.

Для Верхняго Гангесскаго канала, въ Индіи, приняли количество воды въ восемь кубич. футовъ въ секунду на погонную англійскую милю главнаго канала, а на каналѣ Sutlej принято, на тѣхъ же основаніяхъ, шесть и семь кубическихъ футовъ. Если каналъ долженъ быть и судоходнымъ, то въ немъ долженъ быть обезпеченъ извѣстный *minimum* глубины воды для плаванія судовъ на всемъ судоходномъ протяженіи, и этотъ запасъ долженъ быть исчисленъ сверхъ количества воды, необходимаго для орошенія. Въ Индіи, на нижеслѣдующихъ каналахъ, этотъ избытокъ воды, назначенный для одного судоходства вдобавокъ къ ирригаціонной водѣ, былъ слѣдующій: на каналѣ *Sone*—600 куб. фут. въ секунду, на каналѣ *Baree Doab* — 130 куб. фут.. а на Гангесскомъ каналѣ — 400 куб. фут. въ секунду. При опредѣленіи количества земли, подлежащей орошенію, должны быть исключены всѣ болота, площади городовъ, дорогъ и пр., и затѣмъ исчислена только площадь, дѣйствительно требующая орошенія.

Послѣ опредѣленія необходимаго количества воды предстоитъ опредѣлить размѣры и уклонъ канала.

§ 6. Ширина дна и размѣры каналовъ.

Форма поперечнаго сѣченія канала опредѣляется въ значительной степени: 1) цѣлью, съ которою онъ устраивается, 2) грунтомъ, въ которомъ онъ проводится, 3) топографическимъ характеромъ мѣстности, т. е. тѣмъ условіемъ, проходитъ ли онъ по равнинѣ, или устроенъ вдоль крутого склона.

Прямоугольный каналъ, имѣющій ширину, равную удвоенной глубинѣ, обладаетъ наибольшею проводящею способностью (наибольшимъ расходомъ) для той же площади сѣченія. Чѣмъ ближе подходитъ каналъ къ этой формѣ, тѣмъ меньше будетъ его поперечное сѣченіе для того же расхода воды, и, слѣдовательно, онъ будетъ тѣмъ дешевле.

Если цѣль канала заключается въ томъ, чтобы провести извѣст-

ное количество воды въ опредѣленный пунктъ, не расходуя ея вовсе раньше достиженія этого пункта, и если грунтъ, въ которомъ вырытъ каналъ, способенъ сопротивляться большой скорости теченія, то полезно принять поперечное сѣченіе, въ которомъ ширина дна въ два или три раза болѣе глубины, и съ такими откосами, которые будутъ найдены соотвѣтственными. Всѣмъ запасомъ паденія можно будетъ воспользоваться въ этомъ случаѣ настолько, насколько обусловленная этимъ скорость теченія не будетъ размывать дна и откосовъ и не будетъ угрожать сооруженіямъ.

На крутыхъ косогорахъ можно также, въ нѣкоторыхъ случаяхъ, примѣнять эту форму съ пользою, если грунтъ проченъ, какъ сказано выше. Въ этомъ случаѣ верховая половина канала устраивается обыкновенно выемкой въ откосѣ, а низовая сторона образуется отчасти отрывкой и отчасти насыпью.

Если, однако же, каналъ устроенъ для того, чтобы снабжать другіе второстепенные каналы водою для орошенія, то глубина его должна быть мала въ сравненіи съ шириною въ тѣхъ видахъ, что если расходъ въ немъ колеблется, то чтобы поверхность воды все-таки была бы близка къ поверхности земли, которую надо орошать.

Для прямоугольныхъ каналовъ, устроенныхъ изъ каменной кладки или бетона, при данной площади поперечнаго сѣченія, наибольшій расходъ получится при ширинѣ дна равной удвоенной глубинѣ.

На черт. 4 — 11 показаны поперечныя сѣченія нѣкоторыхъ изъ существующихъ каналовъ въ Америкѣ, Индіи и Испаніи.

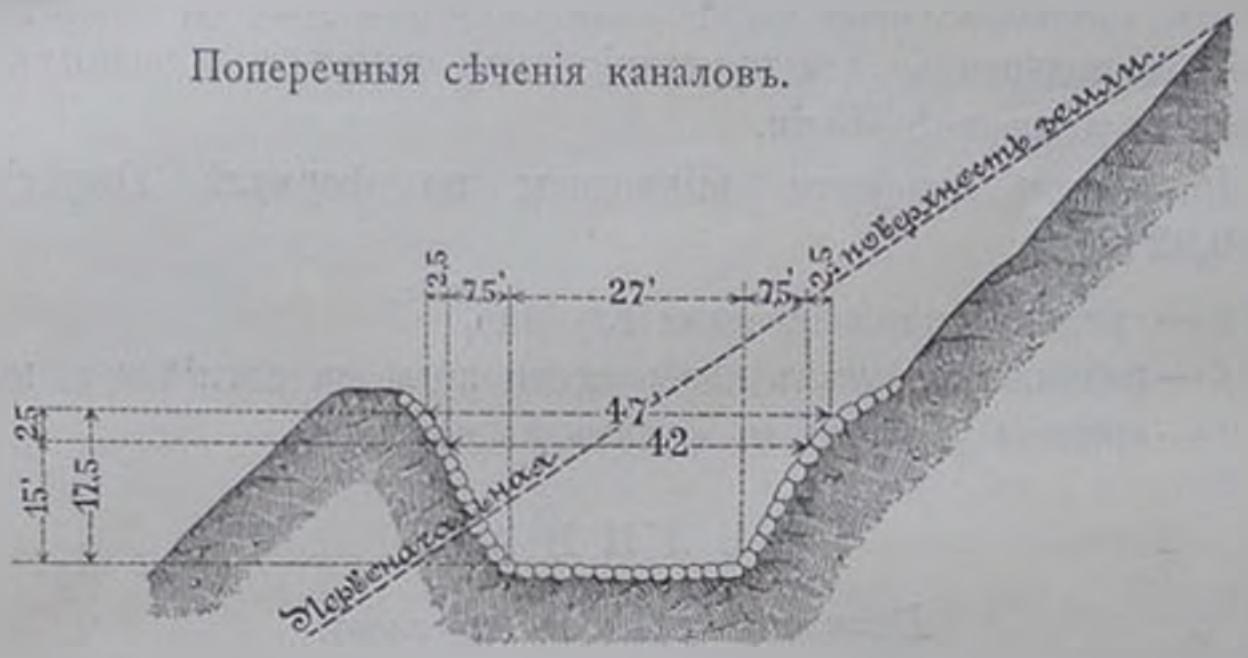
Въ *перечнѣ ирригаціонныхъ каналовъ*, въ § 10, отношенія ширины къ глубинѣ видны изъ разсмотрѣнія этого перечня. Легко замѣтить, что въ индійскихъ каналахъ отношеніе глубины къ ширинѣ меньше, чѣмъ въ европейскихъ и американскихъ каналахъ.

Бо́льшее число индійскихъ каналовъ устроено въ песчаномъ суглинкѣ, и средняя скорость ихъ теченія рѣдко превосходитъ три фута въ секунду. Имѣя въ виду небольшую скорость, а также чтобы сохранить поверхность воды въ каналѣ во всѣ періоды обыкновеннаго орошенія на такой высотѣ, чтобы быть въ состояніи орошать прилежащія земли, глубина имъ придана въ десять и въ двадцать разъ менѣе ширины, исключая Агрскаго канала, въ которомъ глубина равна одной седьмой ширины.

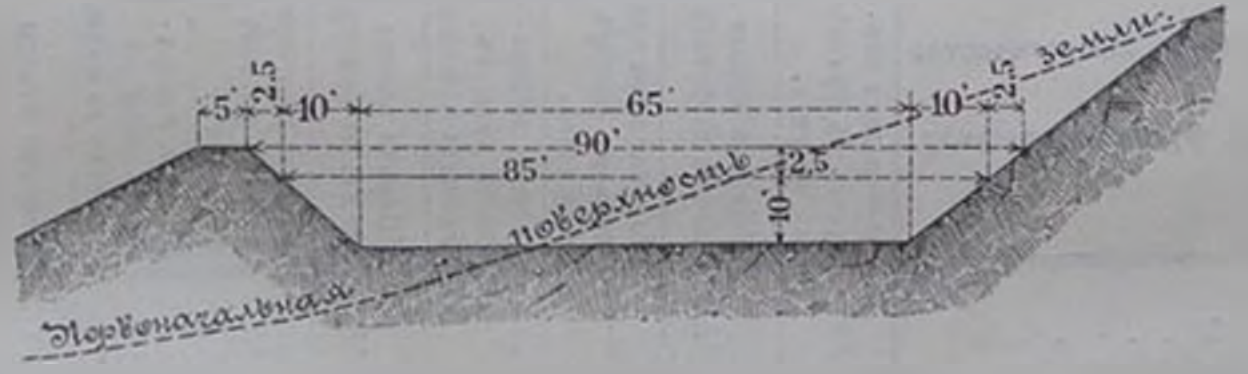
На старомъ каналѣ Западной Джумны (Western Jumna Canal)

вода, въ продолженіе нѣсколькихъ лѣтъ, образовала для себя русло, глубина котораго, по многократнымъ измѣреніямъ, оказалась около одной тринадцатой его ширины. Послѣ этого для строющихся каналовъ въ Индіи опредѣлили отношеніе глубины къ ширинѣ слѣ-

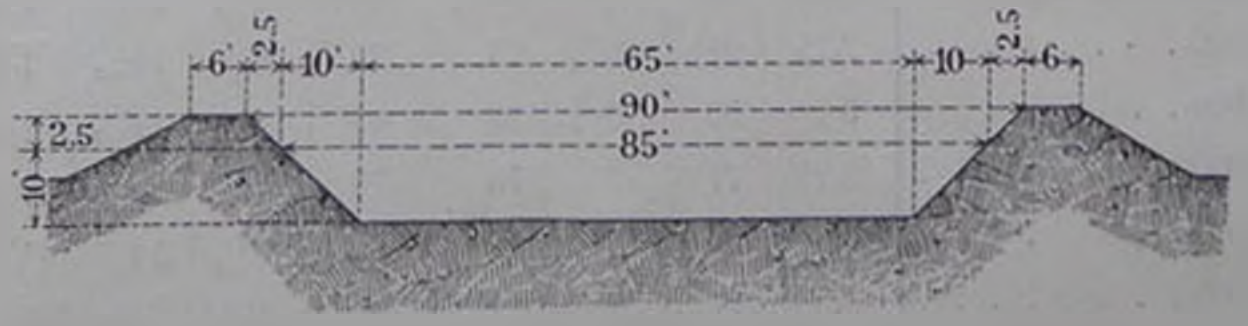
Поперечныя сѣченія каналовъ.



Черт. 4.



Черт. 5.



Черт. 6.

дующимъ образомъ: на каналѣ Barce Doab какъ 1 : 15, на каналѣ Sutlej 1 : 14, а на каналѣ Sone 1 : 20. Затѣмъ вывели правило, чтобы ширину дна дѣлать въ футахъ равною квадрату числа футовъ глубины плюсъ единица. (Такимъ образомъ, если глубина 4

фута, то $(4+1)^2 = 25$ футовъ будетъ ширина дна канала, въ настоящемъ случаѣ въ шесть разъ съ небольшимъ болѣе глубины).

T. T. Login, который нѣсколько лѣтъ былъ инженеромъ при постройкѣ Ганге́сскаго канала, предложилъ слѣдующую таблицу, дающую приблизительно поперечныя сѣченія и уклоны, повидимому, наиболѣе подходящіе для ирригаціонныхъ каналовъ и водныхъ потоковъ въ Сѣверной Индіи.

При этомъ скорости вычислены по формулѣ Dwyer'a — $v = 0{,}92\sqrt{2fr}$,

гдѣ r — средняя гидравлическая глубина,

f — паденіе въ футахъ поверхности воды на англійскую милю,

v — средняя скорость въ футахъ въ секунду.

ТАБЛИЦА I.

Размѣры и уклоны каналовъ.

Расходъ, или количество куб. футовъ въ секунду.	Сѣченіе.				Сѣченіе.			Боковые откосы канала.
	v — средняя скорость въ футахъ въ секунду.	Ширина канала на днѣ въ футахъ.	Глубина воды при полномъ расходѣ въ футахъ.	Паденіе поверхности воды въ дюймахъ на милю.	Ширина канала на днѣ въ футахъ.	Глубина воды при полномъ расходѣ въ футахъ.	Паденіе поверхности воды въ дюймахъ на милю.	
50	2	2½	4	15	2	4½	16½	1 : 1
100	2,25	4½	4¾	14½	4	5¼	16	1 : 1
250	2,5	15	5	13½	13½	5½	14⅜	1 : 1
500	2,75	21½	5½	13	25	6	14½	1 : 1
1.000	3	50	6	13	45	6⅔	14½	1 : 1
2.000	3,25	77½	7	13	70	7¾	14½	1½ : 1
3.000	3,5	95	8	12¾	85	8⅘	14	1½ : 1
4.000	3,5	121½	8½	12¾	110	9⅓	14	1½ : 1
5.000	3,67	147½	8½	12½	130	9⅓	13¾	1½ : 1
6.000	3,75	170	8¾	12½	150	9⅔	13¾	1½ : 1

Хотя размѣры, приведенные въ этой таблицѣ, безъ сомнѣнія, годны для упомянутой мѣстности, тѣмъ не менѣе, уклоны, здѣсь приведен-

ные, не дадутъ скоростей, показанныхъ въ таблицѣ. Скорости эти вычислены по формулѣ съ *постояннымъ коэффиціентомъ* $c = 94{,}5$. Для доказательства сказаннаго мы имѣемъ $s = \frac{f}{5.280}$; слѣд. $f = 5.280 \times s$. Если подставить эту величину f въ формулу Dwyer'a, то получимъ $v = 0{,}92\sqrt{2 \times 5.280 \times s \times r}$. или $v = 94{,}5\sqrt{rs}$.

Теперь признано, что формулы съ постояннымъ коэффиціентомъ, какова формула Dwyer'a, пригодны для небольшого числа каналовъ. Съ другой стороны, признано, что формула Куттера приложима къ весьма большому числу каналовъ и что изъ всѣхъ существующихъ формулъ она даетъ наибольшее приближеніе къ условіямъ дѣйствительнаго теченія воды въ открытыхъ каналахъ. Принимая величину $n = 0{,}025$ для каналовъ, приведенныхъ въ нижеслѣдующей таблицѣ (таб. II), мы найдемъ соотвѣтствующія скорости. Эти скорости показываютъ, что формула Dwyer'a, по которой вычислена таблица I. даетъ для всѣхъ каналовъ слишкомъ большую скорость. Этотъ вопросъ въ подробности развитъ въ отдѣлѣ настоящаго труда «Движеніе воды», въ которомъ приложенія формулы Куттера изложены съ возможною полнотою.

ТАБЛИЦА II.

Скорости каналовъ по формулѣ Куттера при $n = 0{,}025$.

Ширина канала на днѣ въ футахъ.	Глубина воды при полномъ расходѣ въ футахъ.	Паденіе поверхности воды въ дюймахъ на милю.	Боковые откосы.	Скорость въ футахъ въ секунду.
$2^1/_2$	4	15	1 : 1	1,34
$4^1/_2$	$4^3/_4$	$14^1/_2$	1 : 1	1,61
15	5	$13^1/_2$	1 : 1	1,98
$27^1/_2$	$5^1/_2$	13	1 : 1	2,24
50	6	13	1 : 1	2,53
$77^1/_2$	7	13	$1^1/_2$: 1	2,87
95	8	$12^3/_4$	$1^1/_2$: 1	3,12
$121^1/_2$	$8^1/_2$	$13^3/_4$	$1^1/_2$: 1	3,30
$147^1/_2$	$8^1/_2$	$12^1/_2$	$1^1/_2$: 1	3,30
170	$8^3/_4$	$12^1/_2$	$1^1/_2$: 1	3,39

§ 7. Боковые откосы.

Боковые откосы каналовъ со стороны воды обыкновенно имѣютъ уклоны въ предѣлахъ $^1/_2$ горизонтально на 1 вертикально и 3 горизонтально на 1 вертикально. Для большей части грунтовъ не требуется откосъ болѣе пологій, чѣмъ 2 на 1, и весьма рѣдко приходится давать такой пологій откосъ, какъ 3 на 1.

Наружные откосы насыпныхъ береговъ каналовъ, или банкетовъ ихъ, опредѣляются свойствами грунта и обыкновенно бываютъ съ заложеніемъ $1^1/_2$ на 1.

Такъ какъ во всякомъ правилѣ бываютъ исключенія, то мы приводимъ здѣсь замѣчанія инженера Walter H. Graves по поводу системы каналовъ Grand River въ Колорадо.

«Грунтъ въ этой мѣстности (говоритъ онъ) совершенно особенный, вродѣ глинистаго *adobe*; когда онъ сухъ — онъ похожъ на золу, а когда вполнѣ проникнутъ водою—превращается въ липкую грязь, которую почти невозможно удержать въ опредѣленномъ положеніи. По откосамъ канала грунтъ этотъ, когда онъ насыщенъ водою, имѣетъ склонность растворяться и принимать совсѣмъ отлогій откосъ, а потому содержаніе канала въ желаемой исправности представляется дѣломъ чрезвычайно труднымъ и дорогимъ».

Продолжительный опытъ на протяженіи тысячъ миль большихъ и малыхъ каналовъ въ Сѣверной Индіи доказываетъ, что если при постройкѣ канала принять уклонъ болѣе пологій, чѣмъ $^1/_2$ на 1, то его невозможно содержать въ исправности съ выгодою послѣ того, когда каналъ пущенъ въ дѣйствіе. При мутной водѣ и пологихъ откосахъ, особенно тамъ, гдѣ произрастаютъ травы, по бокамъ канала осаждается илъ, причемъ откосы обыкновенно принимаютъ уклонъ $^1/_2$ на 1. Находятъ весьма выгоднымъ оставлять откосы въ этомъ положеніи и не придавать имъ болѣе пологаго уклона при ежегодномъ ремонтѣ. То же самое замѣчено на каналахъ въ Америкѣ, но здѣсь правильныя наблюденія не такъ полны, какъ въ Индіи.

Капитанъ Edward L. Berthoud изъ Golden'a, въ Колорадо, въ своемъ мемуарѣ объ ирригаціи, напечатанномъ Денверскимъ Обществомъ гражданскихъ инженеровъ, говоритъ: «Я нахожу, что откосы въ нашихъ каналахъ должны быть не менѣе какъ 1 на 1. Если

сдѣлать ихъ отложе, то они будутъ болѣе подвержены дѣйствію ливней и окончательно получать откосы 1 на 1 или даже круче». Относительно внутреннихъ откосовъ каналовъ, маіоръ военныхъ инженеровъ W. Jelfreys, въ мемуарѣ, помѣщенномъ въ Professional Papers on Indian Engineering, говоритъ слѣдующее:

«Мнѣнія раздѣляются относительно того, какой уклонъ давать откосамъ внутренней стороны распредѣлительныхъ каналовъ. Въ Пенджабѣ принятъ уклонъ въ $1^1/_2$ на 1, между тѣмъ какъ въ Сѣверо-Западныхъ провинціяхъ предпочитаютъ откосы 1 на 1. главнымъ образомъ, изъ экономическихъ соображеній. Для очень легкихъ грунтовъ первый уклонъ, конечно, обезпечиваетъ бо́льшую прочность, но всякій опытный ирригаціонный техникъ можетъ отличить вновь



Черт. 7.

сдѣланный боковой или распредѣлительный каналъ (раджбуха) отъ канала, находившагося въ употребленіи. Какой бы откосъ ни былъ принятъ для канала при его постройкѣ, оказывается, что онъ не можетъ быть поддерживаемъ выгодно въ томъ же видѣ послѣ того, какъ каналомъ начали пользоваться для орошенія. Распредѣлительный каналъ къ окончанію ирригаціоннаго періода непремѣнно принимаетъ нижеслѣдующую форму (черт. 7), исключая того случая, когда грунтъ насыщенъ щелочами.

Когда наступаетъ время очищенія каналовъ, приставленный къ этому дѣлу инженеръ, если онъ благоразуменъ, не будетъ пытаться придать каналу первоначальное сѣченіе, не совпадающее съ формою, указанной природою. Было бы безполезною тратою денегъ возобновлять отлогіе откосы, которые скоро покрываются иломъ, потому что, по теоріи, это не дало бы наибольшей гидравлической глубины, которая такъ важна въ каналахъ съ малыми скоростями. На рас-

предѣлительныхъ каналахъ Гангесскаго канала принято, при очисткѣ ихъ, выбирать напосы на откосахъ по профили, показанной пунктиромъ *ab*, *cd*, придавая имъ при этомъ уклонъ $^1/_2$ къ 1, какъ показано на черт. 7, и на практикѣ это находятъ болѣе подходящимъ къ естественной профили канала. Поэтому, чтобы приблизиться, насколько возможно, къ дѣйствительности, таблицы, которыми пользуются для опредѣленія расхода въ распредѣлительныхъ каналахъ (раджбуха), должны быть основаны на этихъ условіяхъ».

Перечисленные въ нижеслѣдующей таблицѣ каналы имѣютъ боковые откосы, показанные противъ названія каждаго капала. Болѣе подробныя свѣдѣнія какъ объ этихъ, такъ и объ остальныхъ каналахъ можно найти въ § 10.

ТАБЛИЦА III.

Внутренніе откосы каналовъ въ землѣ и песчаной глинѣ.

Гангесскій каналъ (Индія) . .	$1^1/_2$	горизонтально	на 1	вертикально
Каналъ Sone (Индія)	$1^1/_2$	»	» 1	»
» Sutlej (Индія)	1	»	» 1	»
» Agra (Индія)	1	»	» 1	»
» Кавуръ (Италія) . . .	$1^1/_2$	»	» 1	»
» Хенаресъ (Испанія) .	$1^1/_2$	»	» 1	»
» дель-Норте (Колорадо)	3	»	» 1	»
Citizens Canal (Колорадо) . . .	3	»	» 1	»
Turlock Canal (Калифорнія) . .	2	»	» 1	»
Central Canal (Калифорнія) . .	2	»	» 1	»

ТАБЛИЦА IV.

Естественный уклонъ разныхъ грунтовъ, или уголъ, образуемый этими откосами съ горизонтальной линіей въ градусахъ.

Гравій (среднее) . . .	40°/₀	Гравелъ	39°/₀
Сухой песокъ	38 »	Щебень	45 »
Песокъ	22 »	Сухая глина.	45 »
Растительная земля . .	28 »	Мокрая глина	16 »
Плотно слежавшаяся земля	50 »		

§ 8. Паденіе, или уклонъ дна канала.

Способъ опредѣленія уклона канала данныхъ измѣреній для того, чтобы онъ обладалъ извѣстной скоростью, или расходомъ, вполнѣ разъясненъ въ отдѣлѣ «*Движеніе воды*», равно какъ тамъ же предлагается и разрѣшеніе всѣхъ остальныхъ задачъ, относящихся къ открытымъ каналамъ и могущихъ встрѣтиться въ практикѣ.

Расходъ ирригаціоннаго канала уменьшается по мѣрѣ количества воды, расходуемаго изъ него на орошеніе на протяженіи отъ его начала до конца. Существуютъ три способа для уменьшенія расхода въ каналѣ:

1) Уменьшеніемъ поперечнаго сѣченія и увеличеніемъ уклона, соразмѣренныхъ такъ, что хотя расходъ уменьшенъ, какъ требуется, но скорость теченія не уменьшена на всемъ протяженіи канала.

2) Сохраненіемъ на всемъ протяженіи поперечнаго сѣченія съ уменьшеніемъ продольныхъ уклоновъ.

3) Сохраненіемъ на всемъ протяженіи того же уклона съ уменьшеніемъ поперечнаго сѣченія.

Примѣръ перваго способа приведенъ ниже во всей подробности.

Тамъ, гдѣ паденіе мѣстности довольно однообразно, уклонъ дна главнаго канала долженъ быть меньше, чѣмъ уклонъ его вѣтвей, которыя, въ свою очередь, должны имѣть уклонъ меньше, чѣмъ ихъ дальнѣйшія развѣтвленія. Это необходимо для того, чтобы обезпечить, насколько возможно, одинаковую скорость теченія, дабы наносные матеріалы, содержащіеся въ водѣ, могли бы проноситься по всей длинѣ системы и затѣмъ равномѣрно отложиться на орошаемой землѣ. Существуютъ двѣ главныя причины требованію, чтобы илъ проносился каналами на орошаемую землю: первая — это та, чтобы каналы какъ можно меньше засорялись, а вторая та, — что илъ, если онъ обладаетъ свойствами оплодотворять почву, приноситъ огромную пользу орошаемымъ землямъ.

Выгода, отъ этого происходящая, подробно объяснена въ статьѣ *Плодотворный илъ*.

Что касается до уклона, который слѣдуетъ дать главному каналу, скажемъ, имѣющему ширину на днѣ въ 100 футовъ и глубину воды отъ 6 до 10 футовъ, то опытъ показываетъ, что паденіе отъ

6 дюймовъ до 1 фута на англійскую милю *) совершенно достаточно при подводномъ периметрѣ средней шероховатости.

Списокъ каналовъ въ § 10 даетъ уклонъ главнѣйшихъ ирригаціонныхъ каналовъ, существующихъ на свѣтѣ.

Предположимъ теперь, что каналъ, имѣющій расходъ въ 1.700 куб. фут. въ секунду, долженъ оросить извѣстную мѣстность. Опытъ другихъ каналовъ въ этой мѣстности указываетъ, что. при средней скорости въ 2,5 фута въ секунду, илъ не осаждается изъ воды, и что, съ другой стороны, при этой скорости дно и откосы канала не будутъ размываться. На основаніи этихъ соображеній, опредѣлено дать каналу ширину на днѣ въ 100 футовъ, глубину воды въ 6,5 фута и придать откосамъ уклонъ въ 1 на 1. По формулѣ Куттера, при $n = 0{,}025$ мы находимъ, что паденіе въ 10 дюймовъ на милю даетъ скорость въ 2,5 фута въ секунду и что, слѣдовательно, расходъ будетъ 1.730,6 куб. фут. въ секунду, что достаточно близко къ требуемому расходу для всѣхъ практическихъ цѣлей.

Допустимъ теперь, что изъ этого канала выведены вѣтви для орошенія попутныхъ мѣстъ, и что, послѣ каждаго отдѣленія такой вѣтви, ширина дна главнаго канала и глубина его уменьшены непосредственно за развѣтвленіемъ. Такъ какъ средняя скорость должна быть сохранена на всемъ протяженіи, то придется увеличивать уклонъ канала при каждомъ уменьшеніи въ немъ расхода.

Положимъ, напримѣръ, что на десятой мили отъ начала главнаго канала второстепенный каналъ долженъ получить изъ главнаго 550 куб. ф. въ секунду. При этомъ въ главномъ каналѣ расходъ уменьшится до 1.150 куб. ф. въ секунду. Разсчитывая размѣры, соотвѣтствующіе этому расходу, мы находимъ, что ширина на днѣ въ 80 футовъ, глубина 5,5 фута. боковые откосы въ 1 на 1 и паденіе въ 13 дюймовъ на одну милю, по формулѣ Куттера $n = 0{,}025$, дадутъ намъ расходъ въ 1.175,6 куб. ф. въ секунду и скорость въ 2,5 фута въ секунду.

Это достаточно соотвѣтствуетъ требуемымъ скорости и расходу для всѣхъ практическихъ цѣлей.

На 10-й милѣ *первая* вѣтвь беретъ изъ канала 550 куб. ф. въ секунду.

---

*) Длина англійской мили равна 1.760 ярдовъ или 5.280 англійскихъ фут.

На 19-й милѣ *вторая* вѣтвь беретъ изъ него 350 куб. ф. въ секунду.
На 31-й милѣ *третья* вѣтвь беретъ 300 куб. ф. въ секунду.
На 10-й милѣ *четвертая* вѣтвь беретъ 260 куб. ф. въ секунду.
На 54-й милѣ *пятая* вѣтвь беретъ 140 куб. ф. въ секунду.
На 60-й милѣ *шестая* вѣтвь беретъ 50 куб. ф. въ секунду.

Такимъ образомъ, главный каналъ въ концѣ своемъ сохраняетъ лишь 50 куб. ф. въ секунду на протяженіи десяти миль.

Приведенная ниже таблица показываетъ, какъ опредѣлены размѣры и уклоны каналовъ для того, чтобы получились требуемые расходы, показанные въ шестомъ столбцѣ.

Легко замѣтить, что расходы, получаемые изъ формулы и показанные въ седьмомъ столбцѣ, немного отличаются отъ требуемыхъ расходовъ, показанныхъ въ шестомъ столбцѣ, но эти небольшія разности не вліяютъ на дѣло ощутительнымъ образомъ.

ТАБЛИЦА V.

Подробности каналовъ, разсчитанныхъ по формулѣ Куттера при $n = 0{,}025$.

Ширина дна въ футахъ.	Глубина въ футахъ.	Боковые откосы.	Паденіе на милю.	Вычисленная средняя скорость въ футахъ въ секунду.	Требуемый расходъ въ кубич. футахъ въ секунду.	Вычисленный расходъ въ кубич. футахъ въ секунду.
100	6,5	1 въ 1	10 дюймовъ.	2,50	1.700	1.730,6
80	5,5	Тоже.	13 „	2,50	1.150	1.175,6
60	5,0	„	15 „	2,48	800	806,0
40	4,5	„	19 „	2,52	500	504,6
20	4,0	„	2 фута.	2,43	240	233,3
10	3,0	„	4 „	2,64	100	103,0
6	2,5	„	5 „	2,45	50	52,0

Изъ длины различныхъ участковъ канала и паденія въ футахъ на милю въ каждомъ участкѣ, мы находимъ, что для всей длины канала въ 70 миль полное паденіе его составляетъ 150 футовъ, что даетъ, среднимъ числомъ, приблизительно 2,2 фута паденія на милю. Если бы общее паденіе мѣстности не допускало такого уклона, то

его легко было бы уменьшить, придавая бо́льшую глубину въ каналѣ и уменьшая ширину. Бо́льшая глубина дала бы бо́льшую среднюю гидравлическую глубину, и, соотвѣтственно съ увеличеніемъ послѣдней, можно было бы уменьшить уклонъ.

Все приведенное выше вполнѣ достаточно, чтобы показать способъ, которымъ уклонъ канала долженъ быть опредѣленъ съ цѣлью предупрежденія накопленія въ немъ наносовъ. На практикѣ канала никогда нельзя проектировать *вполнѣ согласно* съ приведенными началами, но всѣ старанія должны быть приложены къ тому, чтобы придержаться этихъ правилъ, насколько мѣстныя особенности и другія обстоятельства допускаютъ это.

Скопленіе наносовъ въ каналахъ, особенно же въ главномъ каналѣ, представляетъ не только серьезное препятствіе къ тому, чтобы поддержать снабженіе водою въ желаемомъ размѣрѣ, пока не созрѣютъ всѣ посѣвы, но, кромѣ того, очистка каналовъ отъ наносовъ требуетъ огромныхъ расходовъ. Если илъ не можетъ быть пропесенъ прямо на поля, какъ это желательно въ идеальномъ каналѣ, то во всякомъ случаѣ мы сдѣлаемъ важный шагъ впередъ, если не допустимъ осажденія наносовъ въ главномъ каналѣ, потому что сохраненіе въ немъ требуемаго расхода воды представляется капитальнымъ вопросомъ, и если наносы отложатся только во второстепенныхъ каналахъ, то ихъ можно поочередно устранить, не прерывая доставки воды изъ рѣки. Если этого нельзя достигнуть во второстепенныхъ каналахъ, то во всякомъ случаѣ этого можно достигнуть въ третьестепенныхъ, или распредѣлительныхъ, каналахъ и даже выгодно направить въ нихъ наносы, имѣя въ виду счищать ихъ поочередно, не останавливая притока воды изъ второстепенныхъ каналовъ, такъ какъ, очевидно, что очистка третьестепенныхъ каналовъ будетъ стоить гораздо дешевле очистки болѣе важныхъ каналовъ уже потому, что отвозка будетъ значительно меньше.

Если паденіе всей мѣстности такъ незначительно, что не допускаетъ постепеннаго увеличенія уклона канала болѣе десяти дюймовъ на милю, то необходимо какъ-нибудь уменьшить первоначальный уклонъ. Даже самое слабое уменьшеніе его, вліяя на все дальнѣйшее протяженіе канала, въ суммѣ составитъ значительное уменьшеніе общаго паденія.

Если, съ другой стороны, паденіе всей мѣстности очень велико,

го первоначальный уклонъ канала можетъ быть увеличенъ съ уменьшеніемъ въ то же время глубины воды, или если паденіе мѣстности сперва очень велико, а затѣмъ незначительно, то желаемый результатъ можетъ быть достигнутъ устройствомъ въ нѣкоторыхъ мѣстахъ перепадовъ, или вертикальныхъ уступовъ въ днѣ канала.

Извѣстно, что всякое измѣненіе направленія канала обусловливаетъ извѣстную потерю скорости, а кромѣ того, вода, отводимая въ боковыя вѣтви и второстепенные каналы, теряетъ скорость при проходѣ чрезъ головные шлюза, если только они не имѣютъ одинаковаго отверстія съ каналомъ. Это обстоятельство надо имѣть въ виду и потому нѣсколько увеличивать уклонъ при началѣ всѣхъ отвѣтвленій и малыхъ каналовъ. Тамъ, гдѣ вода, проводимая изъ рѣкъ, содержитъ много ила, вышеприведенное правило о необходимости не уменьшать скорости воды до распредѣленія ея на поля часто не соблюдается, результатомъ чего является засореніе канала, увеличеніе расходовъ на очистку его и утрата оросительной способности канала.

Въ отношеніи *второго способа* часто бываетъ полезно, если въ водѣ не содержится много ила, придавать каналу единообразное паденіе или, во всякомъ случаѣ, не измѣнять его слишкомъ часто. Иногда окажется предпочтительнымъ уменьшить уклонъ вмѣсто того, чтобы измѣнять поперечное сѣченіе соразмѣрно съ распредѣленіемъ воды вдоль канала и съ уменьшеніемъ расхода. Примѣромъ этому можетъ служить каналъ Quinto Sella въ Италіи, въ которомъ сохранено одно и то же сѣченіе по длинѣ въ пятнадцать миль, и хотя на этомъ протяженіи одна треть всего расхода отнимается для орошенія, тѣмъ не менѣе, необходимая проводящая способность канала достигнута только уменьшеніемъ уклона, такъ что, при отдѣленіи его отъ канала Кавура, уклонъ его составляетъ 1 на 1.000, а затѣмъ постепенно уменьшается до 0,3 на 1.000, соразмѣрно съ тѣмъ, какъ требуемый изъ него расходъ уменьшается.

Примѣромъ третьяго способа служитъ каналъ Центральнаго ирригаціоннаго участка Калифорніи (Central Irrigation District of California), главнымъ инженеромъ котораго состоитъ C. E. Grunsky. Здѣсь магистральный каналъ имѣетъ постоянный уклонъ 1 : 10.000, а также постоянную глубину въ шесть футовъ, такъ что уменьшеніе въ немъ расхода достигается постепеннымъ уменьшеніемъ ширины дна канала.

Иногда паденіе мѣстности, т. е. профиль линіи, опредѣляетъ уклонъ канала, и тогда остается только опредѣлить ширину и глубину.

Инженеръ T. Login замѣтилъ, въ отношеніи воды рѣки Гангеса, принимаемой головою Гангесскаго канала въ Гурдварѣ (Hurdwar), что она почти не содержитъ никакихъ напосовъ въ періодъ времени съ октября по мартъ: но только что снѣгъ начнетъ таять въ апрѣлѣ, какъ вода эта сильно насыщается иломъ. Илъ этотъ уносится въ жаркое время, отъ апрѣля до сентября, водою канала и осаждается въ пемъ, а затѣмъ въ холодное время, отъ октября по мартъ, когда вода совсѣмъ чиста, наносы эти вновь увлекаются теченіемъ. Это замѣчаніе можетъ быть полезно въ нѣкоторыхъ аналогическихъ случаяхъ, когда вода бываетъ періодически насыщена наносомъ.

§ 9. Размѣры банкетовъ.

Верхняя поверхность банкетовъ канала имѣетъ обыкновенно ширину отъ 6 до 10 футовъ, смотря по грунту и по глубинѣ воды, но рѣдко возвышается болѣе чѣмъ на $1^1/_2$ фута надъ максимальнымъ уровнемъ воды въ каналѣ.

Этого, вообще, будетъ достаточно, такъ какъ ирригаціонные каналы не подвержены паводкамъ и такъ какъ они, какъ общее правило, почти не получаютъ воды, выпадающей въ видѣ дождя, и потому вліяніе на нихъ даже ливней будетъ почти неощутительно.

Иногда устраиваютъ проѣзжую дорогу вдоль одного или обоихъ банкетовъ, чѣмъ въ этихъ случаяхъ и опредѣляется ширина ихъ на верху.

Поверхность банкетовъ дѣлается горизонтальною или слегка покатою къ сторонѣ, болѣе отдаленной отъ канала, для того, чтобы дождевая вода не стекала въ каналъ, такъ какъ, въ противномъ случаѣ, во время дождей большое количество земли, особенно при легкомъ грунтѣ, попадало бы въ каналъ и засоряло бы его. Иногда поверхность банкетовъ дѣлается въ видѣ дуги круга съ легкимъ подъемомъ въ срединѣ.

Когда каналъ устроенъ отчасти въ выемкѣ и отчасти въ насыпи, то оставляютъ берму отъ 2 до 6 футовъ между верхнею выемки и подошвой насыпи, и, вообще, насыпь имѣетъ тогда болѣе отлогій откосъ, чѣмъ выемка.

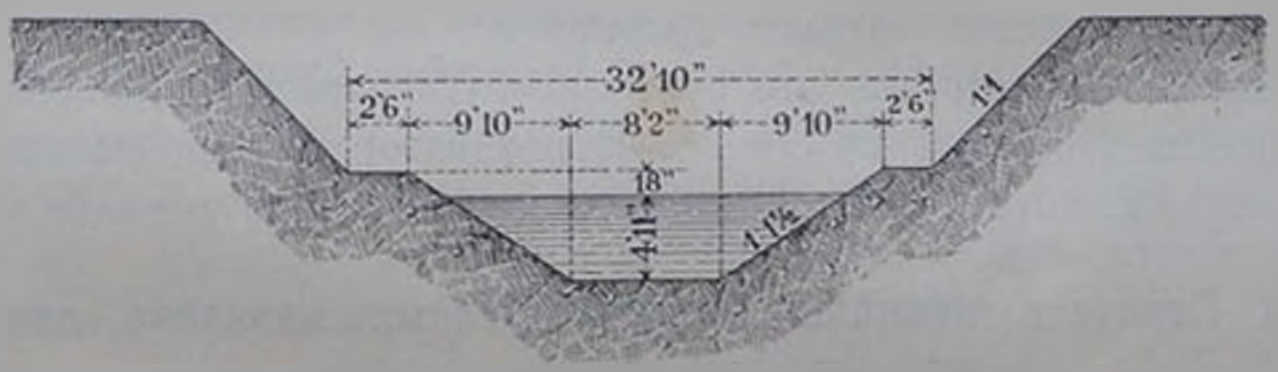
При глубокихъ выемкахъ, въ которыхъ отрытая земля идетъ въ резервъ, должна быть оставлена берма шириною, по крайней мѣрѣ, въ 10 футовъ между вершиной выемки и подошвой насыпи, обращенной къ резерву, и откосъ этой насыпи долженъ быть плапированъ по всей его длинѣ.

Въ косогорахъ, съ верховой стороны канала, должна быть устроена открытая отводная канава, и перепятыя сю дождевыя воды

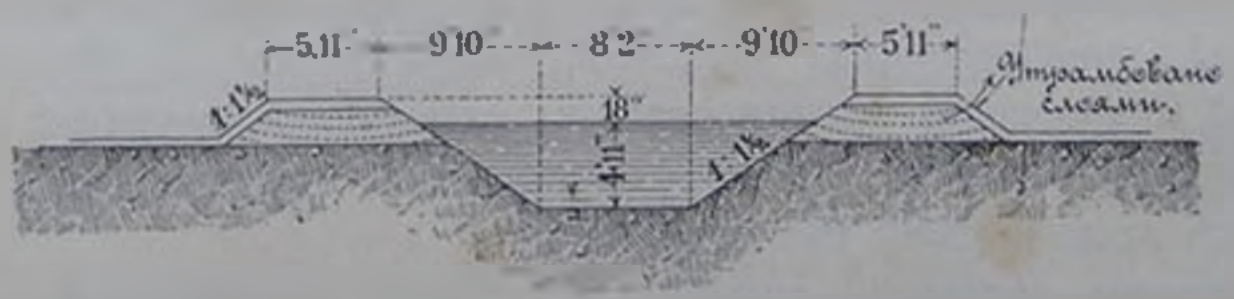
ПОПЕРЕЧНЫЯ СѢЧЕНІЯ.



Черт. 8. — Каналъ Нира въ Индіи.



Черт. 9. — Каналъ Хенаресъ въ Испаніи.

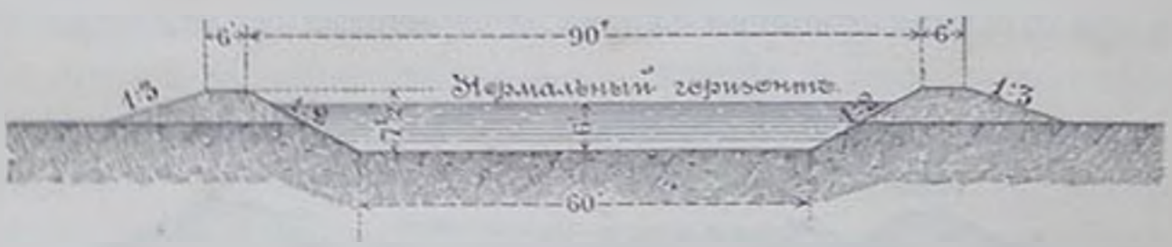


Черт. 10. — Каналъ Хенаресъ въ Испаніи.

должны быть спущены въ ближайшій поперечный потокъ или трубу. Въ нѣкоторыхъ большихъ каналахъ въ Колорадо дно канала имѣетъ поперечный уклонъ отъ 1 до 3 футовъ отъ продольныхъ сторонъ канала къ его оси. Полагаютъ, что такимъ образомъ теченіе воды привлекается болѣе къ срединѣ канала.

Вотъ и другая особенность нѣкоторыхъ каналовъ въ Колорадо, о которой вышеупомянутый капитанъ E. L. Berthoud говоритъ слѣдующее:

«Когда вымка канала огибаетъ выступающую возвышенность, я нахожу, что поперечный уклонъ дна канала долженъ быть отъ 0,10 до 0,70 футовъ ниже, чѣмъ «насыпная» сторона дна, причемъ главная сила теченія привлекается къ пагорной сторонѣ, и въ изгибахъ канала значительно уменьшается наклонность струи прорвать



Черт. 11.

Поперечныя сѣченія канала. Центральный округъ Калифорніи.

насыпную сторону канала. Это поперечное углубленіе дна у пагорной стороны имѣетъ то же значеніе. какъ и возвышеніе наружнаго рельса въ желѣзнодорожныхъ кривыхъ».

Можно полагать, что это поперечное углубленіе дна канала отъ продольныхъ сторонъ къ его оси или у пагорной стороны канала. при содержаніи въ водѣ наносовъ, не можетъ имѣть значенія.

§ 10. Перечень главнѣйшихъ ирригаціонныхъ каналовъ, дающій ихъ размѣры, уклонъ и проч.

Нижеприведенный списокъ даетъ нѣкоторыя подробности о главнѣйшихъ ирригаціонныхъ каналахъ, существующихъ въ настоящее время. Подробности эти относятся къ главнѣйшей, коренной части названныхъ каналовъ, т. е. къ участкамъ ихъ, лежащимъ непосредственно за головными ихъ сооруженіями.

Размѣры приведены только для главныхъ каналовъ. Второстепенные, или распредѣлительные, каналы не вошли въ эту таблицу. Напримѣръ, длина Гангетскаго канала равняется въ 456 миль. Это и есть длина одного главнаго канала. Къ этой цифрѣ еще прибавить еще 2.500 миль второстепенныхъ, или распредѣлительныхъ, каналовъ и 296 миль стоковыхъ или сточныхъ каналовъ, такъ что полная длина Гангетскаго канала со всѣми его разнообразными составляетъ 2.950 англійскихъ миль (около 6.000 верстъ). Западный каналъ Зоба или Зобовый имѣетъ длину, считая всѣ его разнос-

вленія, въ 1.950 миль, но изъ нихъ показаны въ таблицѣ только 503 мили, т. е. длина главнаго канала. Существуютъ тысячи миль ирригаціонныхъ каналовъ въ разныхъ поименованныхъ въ таблицѣ странахъ, которые въ нее вовсе не вошли. Наводнительные каналы одной только провинціи Синдъ въ Индіи представляютъ сложную длину 5.000 миль.

Средняя скорость воды въ каналахъ измѣняется отъ 2 футовъ въ секунду до 7 футовъ, а боковые откосы имѣютъ уклонъ отъ 1 : 1 до 4 : 1.

Впрочемъ, какъ общее правило, надо замѣтить, что боковые откосы во всѣхъ вновь построенныхъ каналахъ измѣняются отъ 1 : 1 до 2 : 1, но во всѣхъ случаяхъ оказывается, что послѣ нѣкотораго времени пользованія каналами, т. е. послѣ того какъ они подвергнутся дѣйствію воды, откосы эти дѣлаются круче, чѣмъ при первоначальной ихъ постройкѣ.

Свѣдѣнія, имѣющіяся обо всѣхъ этихъ капалахъ, довольно разнорѣчивы. Напримѣръ, расходъ Верхняго Гангесскаго и Нижняго Гангесскаго каналовъ опредѣляется нѣкоторыми авторитетами въ 5.100 куб. ф. въ секунду, а другими до 7.000 куб. ф. въ секунду. Тѣмъ не менѣе, для составленія нашей таблицы были собраны наиболѣе точныя свѣдѣнія.

ТАБЛИЦА VI.

Списокъ главнѣйшихъ каналовъ въ разныхъ частяхъ свѣта.

Названіе канала.	Страна.	Длина въ англійскихъ миляхъ.	Ширина дна въ футахъ.	Глубина воды въ футахъ.	Уклонъ, или паденіе.	Расходъ воды въ куб. футахъ въ секунду.
Upper Ganges	Индія.	456	170	10	1 : 4.224	6.000
Lower Ganges	„	531	216	8	1 : 10.560	6.500
Western Jumna	„	433	—	—	—	2.372
Eastern Jumna	„	130	—	—	—	1.068
Barce Doab	„	466	120	5,5	—	2.500
Sutlej or Sirhind	„	503	190	6	1 : 4.800	3.500
Agra	„	137	70	10	1 : 10.560	1.100
Sone, Western	„	125	180	9	1 : 10.560	4.500

Названіе канала.	Страна.	Длина въ англійскихъ миляхъ.	Ширина дна въ футахъ.	Глубина воды въ футахъ.	Уклонъ, или паденіе.	Расходъ воды въ куб. футахъ въ секунду.
one, Eastern	Индія.	170	180	9	1 : 10.560	4.500
Soonkasela	»	190	90	8	1 : 3.520	3.000
Ibrahimia	Египетъ.	170	113	Lois $6^1/_4$	1 : 16.600	—
Main Delta (Flood) . . .	»	—	174	20	1 : 15.000	10.816
Main Delta (Summer) . .	»	—	174	10	1 : 12.000	3.943
Sirsawiah (Flood)	»	—	20	17	1 : 20.633	1.138
Nagar »	»	—	20	10	1 : 14.000	906
Sahel »	»	—	20	12	1 : 25.641	981
Subk »	»	—	13	6	1 : 20.000	114
Grand Canal of Ticino . .	Италія.	31	—	—	1 : 1.860	1.851
Cavour	»	53	131	11	1 : 2.000	3.250
Ivrea	»	92	27,7	—	—	700
Cigliano	»	102	53	—	—	1.760
Rotto	»	84	—	—	—	600
Muzza	»	—	—	—	—	2.175
Martesana	»	—	—	—	—	738
Henares	Испанія.	28	8,23	4,9	1 : 3.067	177
Isabella II	»	50	—	—	—	89
The Royal Jucar	»	25	—	—	—	911
Marseilles	Франція.	52	9,84	7,87	1 : 3.333	424
Ourcq	»	—	11,48	4,92	1 : 9.470	—
Crappone	»	33	26	6,5	—	500
Verdon	»	51	—	—	1 : 5.000	212
Alpines	»	—	—	—	—	480
St. Julien	»	18	—	—	1 : 3.333	165
Carpentaras	»	—	33	—	1 : 4.000	212
Del Norte	Колорадо, Соед. Шт.	50	65	5,5	1 : 660	2.400
Citizens	»	45	40	5,5	1 : 1.760	1.000
Uncompahgre	»	32	24	—	1 : 1.56[illegible]	725
Fort Morgan	»	28	30	3,5	1 : 3.3[illegible]	340
Larimer	»	45	30	7,5	—	720
North Poudre	»	30	20	4,0	1 : 2.6[illegible]	450
Empire	»	32	60	5,5	—	1.400
Grand River	»	—	35	5,0	1 : 2.8[illegible]	—
High Line	»	70	40	7	1 : 3.0[illegible]	1.184

Названіе канала.	Страна.	Длина въ англійскихъ миляхъ.	Ширина въ футахъ.	Глубина воды въ футахъ.	Уклонъ, или паденіе.	Расходъ воды въ куб. футахъ въ секунду.
Central District	Калифорнія.	60	60	6	1 : 10.000	720
Merced	„	8	70	10	1 : 5.280	3.400
San Jonquin and King's River	„	39	55	4	1 : 5.280	—
Seventy-Six	„	—	100	4	1 : 3.520	—
Calloway	„	32	80	3,5	1 : 6.600	700
Turlock	„	80	20	10	1 : 666	1.500
Idaho Mining and Irrigation Co.'s	Идаго.	75	45	10	1 : 2.640	2.585
Idaho Canal Co.'s	„	43	40	4	1 : 3.520	—
Eagle Rock and Willow Creek	„	50	30	3	1 : 880	—
Phyllis	„	54	12	5	1 : 2.640	250
Arizona	Аризона.	41	36	7,5	1 : 2.640	1.000

§ 11. Уклонъ поверхности воды въ рѣкахъ.

ТАБЛИЦА VII.

Уклонъ поверхности воды въ рѣкахъ, протекающихъ по равнинамъ.

Названіе рѣки.	Уклонъ въ отвлеченныхъ числахъ.	Паденіе въ дюймахъ на англійск. милю.
Миссисипи выше Виксбурга	0,000050	3 дюйма.
Bayou Plaquemine	0,000170	11 „
Bayou Latorische	0,000040	2½ „
Ohio, Pt. Pleasant	0,000093	6 „
Тибръ въ Римѣ	0,000130	8 „
Невка (въ Петербургѣ)	0,000015	9½ „
Нева (въ Петербургѣ)	0,000014	9 „
Рейнъ (въ Голландіи)	0,000150	9½ „
Сена (въ Парижѣ)	0,000137	8½ „
Сена (въ Пуасси)	0,000070	4½ „
Сона (въ Raconnay)	0,000040	2½ „
Маасъ	0,000100	6¼ „

§ 12. Безопасныя среднія скорости.

Опредѣливъ количество воды, отношеніе глубины къ шириѣ и *minimum* для той и другой, если каналъ предназначается и для судоходства, остается опредѣлить еще *minimum* для послѣдней цѣли. Послѣ этого, прежде чѣмъ приступить къ опредѣленію поперечнаго сѣченія, надо еще опредѣлить уклонъ дна, отъ котораго зависитъ скорость воды. Если этотъ уклонъ очень великъ, то дно канала будетъ размыто, а фундаменты всѣхъ мостовъ, шлюзовъ, перепадовъ и другихъ сооруженій подвергнутся большой опасности.

Дно канала будетъ обрываться и углубляться до тѣхъ поръ, пока не установится равновѣсіе между размывающею силою воды и сцѣпленіемъ грунта, въ которомъ каналъ проведенъ. При этомъ поверхность воды въ каналѣ будетъ понижаться, и, наконецъ, трудности взоднаго судоходства по каналу значительно увеличатся.

Если, съ другой стороны, уклонъ слишкомъ малъ, то каналу надо будетъ придать бо́льшее поперечное сѣченіе для проведенія того же количества воды и придется устроить много дополнительныхъ сооруженій, какъ то шлюзовъ, перепадовъ и пр. Кромѣ того, явится опасность засоренія канала наносами или заглушенія его водяными растеніями.

Для противодѣйствія осажденію наносовъ въ каналѣ чрезвычайно важно такъ опредѣлить уклоны и размѣры канала, чтобы скорость въ немъ нигдѣ не уменьшалась отъ самаго впуска воды изъ рѣки до того мѣста, гдѣ илъ долженъ отложиться на орошаемой землѣ.

Удаленіе наносовъ, отлагающихся при малой скорости, причинило много хлопотъ и расходовъ на нѣкоторыхъ изъ индійскихъ каналовъ. На каналахъ *Sone* надо было прибѣгнуть къ землечерпанію для того, чтобы очистить его. Въ 1882 году каналы *Arrah* и *Buxar* были закрыты для того, чтобы устранить ручною работою наносы, отложившіеся за головными шлюзами въ *Dehri*. Разсчитано, что около 10.000 долларовъ надо было бы израсходовать для очистки пяти или шести миль за головными сооруженіями.

На египетскихъ каналахъ необходимость ежегоднаго очищенія ихъ отъ ила составляетъ одно изъ величайшихъ золъ ирригаціонной системы этой страны. И потому весьма важно обезопасить себя отъ

обѣихъ крайностей, но не всегда это легко сдѣлать и, вообще, надо помириться на какомъ нибудь компромиссѣ. Кромѣ того, такъ какъ скорость воды быстро возрастаетъ съ ея глубиной, то ясно, что уклонъ дна, который былъ бы совершенно годенъ при извѣстной глубинѣ, будетъ слишкомъ великъ, если бы явилась необходимость увеличить глубину въ видахъ пропуска чрезъ каналъ большаго количества воды.

Наименьшая средняя скорость, необходимая для предупрежденія осажденія наносовъ и разростанія водяныхъ растеній, въ Сѣверной Индіи принимается въ $1^1/_2$ фута въ секунду.

Дознано, что въ Америкѣ для этой цѣли нужна большая скорость, которая тамъ измѣняется въ предѣлахъ отъ 2 до $3^1/_2$ футовъ въ секунду.

Въ Испаніи замѣчено, что скорость отъ 2 до $2^1/_2$ футовъ въ секунду препятствуетъ зарастанію каналовъ водяными травами, но не размываетъ ложа.

Въ наводнительныхъ каналахъ Синда, въ Индіи, въ провинціи, орошаемой Индомъ, найдено, что, при скорости болѣе 2 футовъ въ секунду, весь илъ проносится на поля, а песокъ осаждается въ каналахъ, и отъ песка этого надо очищать каналъ ежегодно, чтобы имѣть его въ надлежащемъ порядкѣ.

Въ Египтѣ, гдѣ скорость менѣе 1,8 фута въ секунду, илъ осаждается въ каналахъ въ огромномъ количествѣ и долженъ быть ежегодно вынимаемъ. Однако, при скорости болѣе 2 футовъ въ секунду въ августѣ и сентябрѣ и, вообще, лѣтомъ, въ Нилѣ вовсе нѣтъ наносовъ, и вода въ немъ очень чиста.

Опредѣливъ наименьшую скорость и глубину канала, требуемый для этого уклонъ можно вычислить, какъ объяснено въ примѣрахъ примѣненія таблицъ, относящихся къ *Движенію воды*.

Не такъ легко опредѣлить среднюю наибольшую скорость. Она, во-первыхъ, должна измѣняться со свойствами грунта, въ которомъ устроенъ каналъ.

Скалистое дно выдержитъ весьма большую скорость въ то время, какъ песчаное дно будетъ размыто, если скорость превыситъ 3 фута въ секунду. Нѣкоторые гравіевые или щебенистые грунты выносятъ большую скорость. Хорошая глина, съ небольшимъ содержаніемъ песка, выдерживаетъ скорость 4 фута въ секунду.

Вообще, лучше придавать слишкомъ большую, чѣмъ слишкомъ

малую скорость, потому что въ первомъ случаѣ можно принять мѣры для огражденія откосовъ и можно сдѣлать перепады или уступы въ продольной профили дна канала и тѣмъ уменьшить скорость.

Во второмъ случаѣ, т. е. при слишкомъ малой скорости, отложеніе наносовъ въ каналѣ потребуетъ ежегодной и дорогой очистки и вызоветъ потерю земли вдоль береговъ канала, для склада вынутаго грунта.

Каналъ Кавура, въ Италіи, вырытый въ гравелистомъ грунтѣ, имѣетъ скорость около 5 футовъ въ секунду.

Каналы Naviglio Grande и Martesana въ Италіи, которые оба служатъ въ значительной степени для ирригаціи, имѣютъ крутые откосы, а среднія скорости въ нихъ не менѣе 5—6 футовъ въ секунду въ верхнихъ ихъ частяхъ.

На Арльской вѣтви Крапонскаго канала, въ Южной Франціи, средняя скорость равна 5,3 фута, и на вѣтви Istres того-же канала средняя скорость равна 6,6 фут. въ секунду.

Средняя скорость канала Baree Doab, въ Индіи, когда по немъ идетъ полный расходъ — 3.000 куб. ф. въ секунду, около 5 ф. въ секунду при гравелистомъ ложѣ.

Каналъ Del Norte въ Колорадо имѣетъ расходъ воды въ 2.400 куб. ф. въ секунду. Въ началѣ ширина его дна 65 футовъ, глубина воды $5^1/_2$ футовъ, откосы съ уклономъ 3 : 1, и потому скорость должна быть болѣе 5 футовъ въ секунду; но такъ какъ каналъ вырытъ почти сплошь въ крупномъ гравіѣ и скалѣ, то въ немъ не можетъ представиться опасности размыва.

Съ другой стороны, если надо еще принять во вниманіе требованія судоходства, то наибольшая скорость, при которой суда могутъ съ выгодою подниматься противъ теченія, представляетъ весьма сложную задачу, зависящую отъ такихъ разнообразныхъ данныхъ, какъ употребляемая для этого движущая сила, т. е. паръ, животныя или люди, форма судна, цѣнность груза и т. п. Если сбереженія отъ такого ежегоднаго движенія покрываютъ проценты увеличеннаго капитала, нужнаго для требуемаго уменьшенія уклона, то, конечно, желательно осуществить это уменьшеніе, принимая во вниманіе одно только это обстоятельство.

Но существуетъ предѣлъ для уменьшенія уклона, зависящій отъ безусловной необходимости предупреждать отложеніе насосовъ въ

каналѣ, и хотя для каналовъ съ расходомъ воды отъ 2.000 до 5.000 куб. фут. уклонъ въ 6 дюймовъ на англійскую милю дастъ возможность, при обыкновенныхъ обстоятельствахъ, пользоваться судоходствомъ, но и тутъ дѣло зависитъ отъ паденія всей мѣстности и грунта. Вообще же, часто представляется до того труднымъ согласовать требованія двухъ цѣлей, ирригаціи и судоходства, что было серьезно предлагаемо обезпечить послѣднее совершенно отдѣльными каналами со стоячей водой, устроенными вдоль ирригаціонныхъ каналовъ.

Въ ирригаціонныхъ мѣстностяхъ Америки существуютъ многочисленные примѣры каналовъ со слишкомъ большимъ уклономъ. Въ нѣкоторыхъ случаяхъ деревянные перепады или уступы были подмыты и не возобновлены, причемъ, при постепенномъ отступленіи этихъ обрывовъ, паденіе ихъ прибавилось къ паденію, первоначально придаппому каналу, и получилась скорость достаточная для полнаго размыва дна и откосовъ. При этомъ, конечно, уровень воды въ главномъ каналѣ понизился на столько, что распредѣлительные каналы, для полученія изъ него воды, должны были быть углублены при самомъ ихъ отдѣленіи отъ главнаго канала.

На нѣкоторыхъ изъ индійскихъ каналовъ, считая въ томъ числѣ Верхній Гангесскій и Джумпскій каналы, уклонъ и, слѣдовательно, скорость были такъ велики, что обусловили опасные подмывы.

Для предупрежденія опаснаго углубленія русла, надо было предпринять весьма дорогія исправленія и защитительныя работы, не считая совершеннаго прекращенія пользованія каналомъ для ирригаціи на все время производства этихъ работъ. Опредѣляя уклонъ Гангесскаго канала, строитель его Sir Proby Cautley пользовался формулою Dubuat. Въ то время формулой Dubuat часто пользовались при устройствѣ каналовъ, но теперь дознано, что на ней нельзя основываться, особенно для большихъ каналовъ. По впускѣ воды въ каналъ оказалось, что скорость теченія была больше предполагавшейся, что было опасно для сооруженія и затрудняло судоходство. Чрезъ нѣсколько лѣтъ послѣ начала дѣйствія канала назначенъ былъ маіоръ J. Crafton для составленія проекта передѣлки канала. Онъ занялся производствомъ наблюденій надъ скоростью теченія въ каналѣ и собралъ различныя, относящіяся къ этому вопросу, данныя, которыя мы здѣсь и приводимъ изъ его рапорта.

На участкѣ канала Восточной Джумны, лежащемъ въ старомъ руслѣ потока Muskurra, и въ которомъ, какъ оказалось, скорость совершенно соотвѣтствовала *легкому, песчаному грунту*, завѣдывающій каналомъ маіоръ Brouenlow нашелъ, что скорость воды на поверхности заключалась между 2,38 и 2,28 фута въ секунду, или что *среднія скорости* (умножая первыя на 0,81) были 1,928 и 1,847 фута въ секунду).

На нижнемъ участкѣ того-же самаго капала, близъ Barote и Deola наибольшія скорости на поверхности при большомъ расходѣ опредѣлены въ 2,617 и 2,507 ф. въ секунду, что составляетъ для среднихъ скоростей 2,282 и 2,03 фута въ секунду. Здѣсь илъ постоянно осаждается.

Около 1.000 футовъ ниже Ghoona Falls на томъ же каналѣ, при *весьма* песчаномъ грунтѣ, почти при полномъ расходѣ воды, скорость на поверхности оказалась въ 3,077 фута въ секунду; никакого размыва дна и откосовъ не замѣчено. исключая случаевъ, когда расходъ значительно превосходитъ нормальный.

Ниже моста Nyasholur на томъ же каналѣ, въ мѣстѣ, гдѣ грунтъ состоитъ изъ глины, гальки и мелкихъ булыгъ, Moncrief, лейтенантъ королевскихъ инженеровъ, нашелъ скорость на поверхности въ 6,75 фута въ секунду или среднюю скорость въ 5,47 фута. Тотъ-же инженеръ наблюдалъ скорость на поверхности, на нѣкоторомъ разстояніи отъ Yarpoor Falls, въ новомъ центральномъ участкѣ Eastern Jumna Canal и получилъ, въ среднемъ, скорость на поверхности въ 3,96 въ секунду или 3,21 фута для средней скорости во всемъ поперечномъ сѣченіи. Здѣсь грунтъ песчаный и легкій, и ложе канала было уширено и углублено дѣйствіемъ теченія.

Въ одномъ изъ распредѣлительныхъ каналовъ (najbuha) того же канала найдены были водяныя растенія, росшія на днѣ и откосахъ при наибольшей скорости на поверхности въ 2,12 фута или при средней скорости 1.72 фута въ секунду. Грунтъ здѣсь песчаный съ большой примѣсью глины; илъ здѣсь осаждается въ весьма ощутительномъ количествѣ. Въ другомъ najbuha (т. е. распредѣлительномъ, или боковомъ, каналѣ) по близости найдена скорость на поверхности въ 2,38 ф. въ секунду или средняя въ 1,93 фута. Здѣсь илъ осаждается, но водяныхъ травъ не замѣчено.

Въ боковомъ лѣводорожномъ Махмудпурскомъ каналѣ Гангес-

скаго канала найдены травы, растущія на днѣ и откосахъ при наибольшей скорости на поверхности въ 1,72 фута или при средней скорости 1.4 фута въ секунду.

Въ руслѣ близъ Бухадурабатскаго шлюза (Гангесскій каналъ) найдено, что травы растутъ вездѣ, гдѣ скорость на поверхности равна 2,38 фута или средняя скорость 1,93 ф., или ниже. Грунтъ здѣсь легкій, песчаный.

На Гангесскомъ каналѣ были найдены слѣдующія скорости:

Ниже моста Рурки (Roorkee) на главномъ каналѣ, гдѣ углубленное дно покрыто наносами, а размытіе откосовъ прекратилось. средняя скорость во всемъ живомъ сѣченіи оказалась 2,92 фута въ секунду; грунтъ здѣсь песчаный съ порядочной примѣсью глины.

Въ расширенномъ каналѣ у Тогульпурскихъ песчаныхъ холмовъ, на 36-й милѣ, средняя скорость, при полномъ расходѣ, оказалась 2,53 фута въ секунду.

Въ насыпномъ каналѣ чрезъ долину Солани, при расходѣ на два дюйма ниже настоящаго наибольшаго расхода, обозначеннаго на футштокѣ въ Рурки, средняя скорость, полученная вычисленіемъ изъ живого сѣченія канала въ этомъ мѣстѣ и наблюденнаго расхода воды въ каменномъ водопроводѣ, оказалось 3,4 фута въ секунду. Наиболѣе углубленныя здѣсь размывами мѣста были занесены иломъ.

На 50-й милѣ главнаго канала, ниже Jaolee Falls, при настоящемъ полномъ расходѣ въ каналѣ, наблюденная средняя скорость оказалась въ 3,6 ф. въ секунду. Размытіе откосовъ здѣсь прекратилось; наносъ ила на углубленномъ днѣ; грунтъ песчаный.

Выше моста Newaree, на 94-й милѣ, въ плотномъ глинистомъ грунтѣ при полномъ расходѣ, наблюденная скорость была 4,12 фута въ секунду. Размывъ былъ ничтожный: осадка ила не было.

Замѣчанія, сообщенныя инженеромъ полковникомъ Dyas, директоромъ каналовъ въ Пенджабѣ.

На рукавѣ Hansi Западнаго Джумскаго канала илъ отлагался при среднихъ скоростяхъ отъ 2 до 2,25 фута въ секунду. Отложеніе ила здѣсь, очевидно, зависитъ отъ количества и удѣльнаго вѣса веществъ, содержимыхъ въ водѣ, протекающей сверху, и отношеніемъ

между скоростями въ различныхъ точкахъ канала. Онъ утверждаетъ, на основаніи наблюденій на каналѣ Baree Doab, что въ песчаномъ грунтѣ: «2,7 фута въ секунду, какъ общее правило, кажется наибольшей средней скоростью, при которой каналъ не размывается, потому что всегда въ днѣ встрѣчаются слабыя мѣста, которыя будутъ размываться при всякой скорости и которыя могутъ быть защищены или укрѣплены». Далѣе онъ говоритъ: «Слабыя мѣста могутъ быть размыты при средней скорости 2,5 фута въ секунду, но можно въ этихъ мѣстахъ слабый грунтъ замѣнить болѣе прочнымъ, при скорости немного меньшей 2,5 фута, а такъ какъ полный расходъ въ каналѣ не всегда требуется, то можно разсчитывать работать при этой уменьшенной скорости очень часто. Хорошій грунтъ, которымъ, такимъ образомъ, замѣненъ слабый, не будетъ вымытъ при скорости, не превосходящей значительно 2,5 фута въ секунду.

Въ «Гидравликѣ» Невилля сказано, что 0,83 и до 1,17 фута въ секунду есть наименьшій предѣлъ средней скорости, при которомъ, русло канала не заростаетъ травами. Относительно этого надо замѣтить, что оно также зависитъ отъ свойства грунта: кромѣ того, растительность гораздо быстрѣе и сильнѣе въ тропическихъ странахъ, чѣмъ тамъ, гдѣ Невилль производилъ свои наблюденія.

Въ отчетѣ капитана Гумфрейса и лейтенанта Аббота о Миссисипи 1860 г. сказано, что наносный грунтъ близъ устья рѣки не можетъ сопротивляться средней скорости въ 3 фута въ секунду, и что въ Bayon La Fourche, послѣднемъ изъ рукавовъ Миссисипи, который очень похожъ на искусственный каналъ по однообразію его живого сѣченія, общему направленію и отсутствію въ немъ водоворотовъ, средняя скорость *не превосходитъ 3 футовъ въ секунду*, причемъ вовсе не замѣчается, чтобы берега его размывались.

На основаніи предыдущихъ и другихъ наблюденій, а также принимая во вниманіе, что чѣмъ больше допускаемая скорость, тѣмъ меньше стоимость работъ, нижеслѣдующія величины могутъ быть приняты, какъ безопасныя среднія скорости при наибольшемъ расходѣ въ передѣланномъ и исправленномъ Гангесскомъ каналѣ.

1) Въ долинѣ Гангеса выше Рурки — 3 фута въ секунду. 2) Въ песчаной полосѣ вообще между Рурки и Sirdhana—2,7 фута въ секунду. 3) Въ весьма легкомъ пескѣ, такомъ, который встрѣчается въ Тугульпурскихъ песчаныхъ холмахъ, или дюнахъ—не болѣе 2,5

фута въ секунду. 4) Для канала южнѣе Sirdhana 3 фута въ секунду. На развѣтвленіяхъ канала должны быть приняты тѣ же величины. смотря по сходству грунтовъ. Существуютъ такіе грунты, какъ замѣчалъ полковникъ Dyas, напримѣръ, летучій песокъ, которые не могутъ сопротивляться скорости даже въ 1 или $1^1/_2$ фута. но они никогда не находятся въ большомъ распространеніи въ одномъ мѣстѣ. Размывъ при этомъ можетъ имѣть лишь мѣстное значеніе. и такія мѣста можно всегда *защитить за небольшія суммы.*

§ 13. Средняя скорость на поверхности и на днѣ.

По формулѣ Bazin, имѣемъ:

$$v = \frac{c \times v_{max}}{c + 25{,}4} = v_{max} - 25{,}4\sqrt{rs}$$

$$v = v_6 + 10{,}87\sqrt{rs}$$

$$v_6 = v - 10.87\sqrt{rs},$$

гдѣ v есть средняя скорость въ футахъ въ секунду, v_{max} — наибольшая скорость въ футахъ въ секунду, v_6 — скорость на днѣ въ секунду, r — средняя гидравлическая глубина въ футахъ и s — синусъ уклона.

Rankine утверждаетъ, что въ открытыхъ каналахъ и рѣкахъ отношеніе v къ v_{max} получается приблизительно изъ слѣдующей формулы Прони въ футахъ:

$$v = v_{max}\left(\frac{v_{max} + 7{,}71}{v_{max} + 10{,}28}\right).$$

Наименьшая скорость, или скорость частицъ, непосредственно прикасающихся къ дну, почти на столько же меньше средней скорости, на сколько наибольшая скорость больше средней скорости.

Rankine утверждаетъ также, что въ обыкновенныхъ случаяхъ скорости на днѣ, среднюю и на поверхности можно принять относящимися между собою приблизительно, какъ 3, 4 и 5. Въ весьма медленныхъ потокахъ скорости эти будутъ относиться, какъ 2, 3 и 4.

Выводы Dubuat заключаются въ томъ, что отношеніе скорости на поверхности къ скорости на днѣ наибольшее при наименьшей средней скорости. что отношеніе это вовсе не зависитъ отъ глубины, и что та же скорость на поверхности всегда соотвѣтствуетъ той же

скорости на днѣ. Онъ нашелъ также, что средняя скорость есть средняя пропорціональная между скоростями на поверхности и на днѣ.

Съ другой стороны, въ результатѣ своихъ наблюденій надъ наибольшими рѣками, г. Revy пришелъ къ слѣдующимъ заключеніямъ:

1) При данномъ уклонѣ, теченія на поверхности зависятъ только отъ глубины и пропорціональны ей.

2) Теченіе на днѣ рѣки возрастаетъ быстрѣе теченія на поверхности.

3) При томъ же поверхностномъ теченіи теченіе на днѣ возрастаетъ съ возрастаніемъ глубины.

4) Среднее теченіе есть среднее ариѳметическое между теченіями на поверхности и на днѣ.

5) Сильнѣйшее теченіе всегда на поверхности, а слабѣйшее всегда на днѣ, и по мѣрѣ того, какъ глубина возрастаетъ, или какъ поверхностное теченіе дѣлается сильнѣе, они приближаются къ равенству между собою до тѣхъ поръ, пока при большой глубинѣ и сильномъ теченіи они практически не сдѣлаются равными между собою.

§ 14. Выводъ средней скорости изъ скорости на поверхности.

Bazin далъ весьма полезную формулу для опредѣленія расхода воды въ каналѣ, посредствомъ которой средняя скорость можетъ быть найдена изъ средней гидравлической глубины и наблюденной скорости на поверхности. Для мѣръ въ футахъ формула эта слѣдующая:

$$v = \frac{c \times v_{max}}{c + 25{,}4}$$

Если сдѣлаемъ

$$c_1 = \frac{c}{c + 25{,}4}$$

то

$$v = c_1 \times v_{max}$$

Слѣдующая таблица найдена будетъ очень полезною для сбереженія времени при употребленіи формулы:

$$v = c_1 \times v_{max}$$

ТАБЛИЦА VIII.

Величины c_1.

Средняя гидравлическая глубина r въ футахъ.	Численныя величины c_1.			
	Для очень гладкихъ поверхностей штукатуренныхъ дна и откосовъ, струганнаго дерева.	Для гладкихъ поверхностей, какъ тесанный камень, кирпичная кладка, нестроганныя доски.	Для нѣсколько неровныхъ поверхностей, какъ напр. бутовая каменная кладка.	Для неровныхъ поверхностей, какъ напр. земляные откосы.
0,5	0,84	0,81	0,74	0,58
0,75	0,84	0,82	0,76	0,63
1,0	0,85	0,82	0,77	0,65
1,5	0,85	0,82	0,78	0,69
2,0	0,85	0,83	0,79	0,71
2,5	0,85	0,83	0,79	0,72
3,0	0,85	0,83	0,80	0,73
3,5	0,85	0,83	0,80	0,74
4,0	0,85	0,83	0,81	0,75
5,0	0,85	0,83	0,81	0,76
6,0	0,85	0,84	0,81	0,77
7,0	0,85	0,84	0,81	0,78
8,0	0,85	0,84	0,81	0,78
9,0	0,85	0,84	0,82	0,78
10,0	0,85	0,84	0,82	0,78
11,0	0,85	0,84	0,82	0,78
12,0	0,85	0,84	0,82	0,79
13,0	0,85	0,84	0,82	0,79
14,0	0,85	0,84	0,82	0,79
15,0	0,85	0,84	0,82	0,79
16,0	0,85	0,84	0,82	0,79
17,0	0,85	0,84	0,82	0,79
18,0	0,85	0,84	0,82	0,79
19,0	0,85	0,84	0,82	0,79
20,0	0,85	0,84	0,82	0,80

§ 15. Разрушительныя скорости.

Куттеръ (въ переводѣ Джаксопа) говоритъ:

«Наибольшія скорости, опредѣленныя Dubuat, какъ пригодныя для каналовъ въ разныхъ грунтахъ, взяты изъ Aide Mémoire de Mécanique Pratique генерала Morin (изд. 1864 г. стр. 53). Первый столбецъ въ слѣдующей таблицѣ даетъ *безопасную скорость на дно*, а второй столбецъ среднюю скорость всего живого сѣченія: формула, по которой вычислены эти величины, слѣдующая:

$$v = v_b + 10{,}87\sqrt{rs}\,.$$

ТАБЛИЦА IX.

Среднія скорости и безопасныя скорости на дно для каналовъ.

Грунтъ, въ которомъ проведенъ каналъ.	Безопасная скорость v_b на днѣ въ футахъ въ секунду.	Средняя скорость v въ футахъ въ секунду.
Мягкая бурая земля	0,249	0,328
Мягкая глина	0,499	0,656
Песокъ	1,000	1,312
Гравій	1,998	2,625
Мелкая галька	2,999	3,938
Щебень, кремень	4,003	5,579
Конгломератъ, аспидъ	4,988	6,564
Слоистая скала	6,006	8,204
Твердая скала	10,009	13,127

«Мы, говорятъ Ganguillet и Куттеръ, не можемъ, за недостаткомъ наблюденій, судить, до какой степени эти цифры заслуживаютъ довѣрія. Уклоны, конечно, не имѣютъ вліянія въ этомъ случаѣ, но измѣненіе глубины воды, весьма вѣроятно, имѣетъ вліяніе, и, при меньшихъ глубинахъ — грунтъ дна, вѣроятно, менѣе легко и скоро повреждается, чѣмъ при большихъ глубинахъ при тѣхъ же условіяхъ грунта и уклона. И однако же это вліяніе не очень сильно, тогда какъ дѣйствительная скорость воды имѣетъ первостепенное значеніе. Отсюда можно заключить, что вышеприведенныя цифры могутъ считаться скорѣе непропорціонально малыми, чѣмъ большими.

и потому мы можемъ рекомендовать ихъ съ большею увѣренностью.

Г. John Nevilla, въ своихъ гидравлическихъ таблицахъ, утверждаетъ, что въ нижеслѣдующемъ перечнѣ *средняя скорость* въ секунду не должна превосходить:

0,12 фута въ мягкихъ аллювіальныхъ отложеніяхъ.
0,67 фута въ глинистомъ грунтѣ.
1 фута въ песчаномъ грунтѣ.
2 футовъ въ землѣ съ гравіемъ.
3 футовъ въ сильно гравелистомъ грунтѣ.
4 футовъ въ галькѣ.
5 футовъ въ галькѣ и скалистомъ грунтѣ.
6,67 фута и выше въ скалѣ.

Русла рѣкъ, защищенныя водяными растеніями, выдерживаютъ, однако, скорости болѣе показанныхъ въ этой таблицѣ — до 2 футовъ въ секунду.

Вода, текущая съ большою скоростью и содержащая большое количество ила, песка и гравета, дѣйствуетъ весьма разрушительно на русла, если даже послѣднія состоятъ изъ лучшей каменной кладки.

Русла потоковъ Deyrok Doon, въ Индіи, имѣли поперечныя сѣченія, измѣнившіяся отъ 5×2 до 10×4 фута при уклонѣ отъ 50 до 80 футовъ на милю. Они сдѣланы были на всемъ протяженіи изъ каменной кладки и имѣли нѣсколько каменныхъ уступовъ, или перепадовъ, высотою отъ 5 до 6 футовъ, и, наконецъ, проходили по многочисленнымъ и длиннымъ акведукамъ. Нижеслѣдующая таблица показываетъ среднюю скорость въ этихъ руслахъ, исчисленную по формулѣ Куттера при $n = 0{,}015$.

ТАБЛИЦА X.

Размѣры, уклоны и скорости въ каменныхъ руслахъ.

Размѣры руселъ.		Паденіе въ футахъ на милю.	Скорость въ футахъ въ секунду.
Ширина въ футахъ.	Глубина въ футахъ.		
5	2	50	10,3
5	2	80	13,0
10	4	50	16,5
10	4	80	20,9

Прежде чѣмъ можно было принять мѣры, чтобы защитить эти русла, вода устремилась въ нихъ съ ужасною скоростью, увлекая съ собою большое количество песку и гравія, причемъ вся каменная кладка на линіи была сильно повреждена. Содержащая ил ь вода оказалась даже болѣе разрушительной, такъ какъ, оживленная большою скоростью, она дѣйствовала на камень, подобно наждачному порошку. При этомъ повреждено было и дно русель, выложенное большими каменными плитами: швы были совершенно вымыты, плиты приподняты со своихъ мѣстъ и увлечены теченіемъ, еще къ большему поврежденію всего сооруженія. Но болѣе всего пострадала кирпичная кладка, такъ что приходится изъять вовсе эту кладку изъ сооруженія.

Въ нѣкоторыхъ старыхъ каналахъ была сдѣлана выстилка кирпичемъ на ребро подъ арками акведуковъ. Въ одномъ изъ этихъ акведуковъ не только была прорѣзана и уничтожена вся эта выстилка, но въ самыхъ аркахъ были прорѣзаны глубокія борозды. Но болѣе всего пострадали перепады, которые тоже были сдѣланы изъ кирпича. Поверхность ихъ была вся изборождена, и они постоянно требовали весьма трудныхъ исправленій.

По всему этому пришлось позаботиться объ устраненіи здѣсь изъ воды содержащагося въ ней ила, что было достигнуто устройствомъ вдоль линіи канала углубленій для отложенія ила (silt traps). Случай этотъ описанъ г. K. E. Forrest'омъ въ первомъ томѣ Professional Papers on Indian Engineering.

При этомъ надо замѣтить, что, кромѣ стоковъ, устраиваемыхъ на случай бурь и по которымъ вода протекаетъ весьма непродолжительное время въ теченіе года, средняя скорость въ водостокахъ обыкновенно опредѣляется меньше пяти футовъ въ секунду.

Полковникъ королевскихъ (военныхъ) инженеровъ Medley имѣлъ много случаевъ наблюдать разрушительное дѣйствіе воды, содержащей ил ъ, на Гангескомъ каналѣ, въ Индіи, и вотъ что онъ говоритъ объ этомъ въ Roorkee Treatise on Civil Engineering:

«Кирпичная кладка не должна быть примѣняема въ прикосновеніи съ водою, обладающею такою значительною скоростью (15 футовъ въ секунду). Даже самая лучшая кирпичная кладка не можетъ выдержать такого дѣйствія воды въ извѣстный періодъ времени, и исключительно камень долженъ быть употребляемъ для всѣхъ поверхно-

стей въ прикосновеніи съ водою, обладающею скоростью около 10 футовъ въ секунду».

§ 16. Скорость увеличивается съ увеличеніемъ глубины канала.

Слѣдующая таблица предлагается съ цѣлью показать, что въ обыкновенныхъ ирригаціонныхъ каналахъ скорость увеличивается съ увеличеніемъ глубины.

Каналъ, шириной 50 футовъ, глубиною въ 2 фута, будетъ отлагать илъ при скорости около 1,6 фута въ секунду, но при глубинѣ 5 футовъ и скорости около 2,9 фута въ секунду вода не будетъ отлагать напосовъ.

ТАБЛИЦА XI.

Размѣры, уклоны и скорости каналовъ.

Глубина въ футахъ.	Ширина дна 10 ф.	Ширина дна 50 ф.	Ширина дна 100 ф.
	Уклонъ 1 : 1.000	Уклонъ 1 : 2.500	Уклонъ 1 : 5.000
	Скорость въ фут. въ 1″.	Скорость въ фут. въ 1″.	Скорость въ фут. въ 1″.
2	2,173	1,582	1,136
3	2,756	2,084	1,520
3,5	3,002	2,302	1,692
4	3,224	2,511	1,856
4,5	3,440	2,701	2,007
5	3,634	2,878	2,150

§ 17. Разрушающее и переносящее дѣйствіе воды.

Профессоръ Le Conte въ своихъ «Началахъ Геологіи» говоритъ: «*Разрушающая* сила воды, или ея способность преодолѣвать сцѣпленіе, возрастаетъ, какъ квадратъ скорости воды. *Переносящая сила* воды возрастаетъ, какъ *шестая степень скорости*». Такимъ образомъ, если скорость увеличится въ десять разъ, то ея переносящая, или увлекающая, сила увеличится въ милліонъ разъ ($1.000.000 = 10^6$). Потокъ, текущій со скоростью трехъ футовъ въ

секунду, или около двухъ англійскихъ миль (или трехъ верстъ) въ часъ, будетъ уносить каменные обломки величиною съ куриное яйцо или вѣсомъ около трехъ англійскихъ унцій (ounces).

Изъ вышеприведеннаго закона слѣдуетъ, что теченіе, скоростью десять миль въ часъ, будетъ уносить камни вѣсомъ въ полторы тонны (90 пуд.), а потокъ со скоростью двадцати миль будетъ увлекать камни вѣсомъ въ сто тонпъ (6.000 пуд.).

Легко, такимъ образомъ, понять разрушительное дѣйствіе горныхъ потоковъ во время таянія снѣга или прибыли воды. Переносящая, или увлекающая, сила воды не должна быть смѣшиваема съ ея разрушительною силою. Сопротивленіе, которое приходится одолѣвать водѣ въ первомъ случаѣ, есть *вѣсъ*, а во второмъ — *сцѣпленіе*; послѣдняя измѣняется, какъ квадратъ скорости, а первая — какъ шестая степень скорости.

Во многихъ случаяхъ унесенія водою матеріаловъ съ малымъ сцѣпленіемъ сопротивленіе ихъ есть смѣсь этихъ двухъ сопротивленій, и сила для перенесенія этихъ матеріаловъ будетъ измѣняться въ извѣстныхъ предѣлахъ между v^2 и v^6.

Извѣстно, что илъ, песокъ, гравій и камни теряютъ въ водѣ столько вѣсу, сколько вѣситъ объемъ вытѣсненной ими воды, и эта потеря вѣса обыкновенно равняется половинѣ вѣса этихъ матеріаловъ въ воздухѣ. Поэтому, они тѣмъ легче передвигаются водою, но, за исключеніемъ ила, скорость ихъ при этомъ меньше, чѣмъ скорость теченія, и чѣмъ ближе подходитъ ихъ относительный вѣсъ къ вѣсу воды, тѣмъ скорость передвиженія ихъ теченіемъ болѣе приближается къ скорости воды.

Англійскій королевскій астрономъ, на одномъ изъ сообщеній въ Institution of Civil Engineers, замѣтилъ, что формула для опредѣленія переносящей силы воды, насколько ему извѣстно, представляется единственнымъ случаемъ въ циклѣ естественныхъ наукъ, въ которомъ шестая степень находитъ себѣ дѣйствительное примѣненіе.

Гражданскій инженеръ Login сообщаетъ, какъ результатъ своихъ многолѣтнихъ наблюденій на Гангесскомъ и другихъ каналахъ, что разрушающая и переносящая сила воды увеличивается въ извѣстномъ отношеніи съ увеличеніемъ скорости, но уменьшается по мѣрѣ того, какъ глубина возрастаетъ.

Умфенбакъ сообщаетъ объемъ матеріаловъ, которые будутъ пе-

редвигаться по дну небольшихъ потоковъ, при скоростяхъ, показанныхъ въ слѣдующей таблицѣ.

ТАБЛИЦА XII.

Переносящая сила воды.

Скорость на поверхности въ метрахъ.	Гравій—діаметръ въ метрахъ.	Скорость на поверхности въ футахъ.	Гравій—діаметръ въ футахъ.
0,942	0,026	3,091	0,085
1,569	0.052	5,148	0,170
	куб. метры		куб. футы
2,197	0,00515	7,208	0,182
3,138	0,209	10,296	0,738
4,708	0,618	15,447	21,826

Инженеръ Sainjoin производилъ наблюденія на рѣкѣ Луарѣ, во Франціи, и получилъ слѣдующіе результаты:

скорость въ футахъ въ секунду. . .	1,64	3,28	4,92	6,56
діаметръ камня въ футахъ . . .	0,034	0,134	0,325	0,56

Для защиты фундаментовъ моста Рави, въ Индіи, вокругъ быковъ положены были на дно 15 дюймовые бетонные кубическіе массивчики объемомъ въ 1,56 куб. фута. Въ одномъ случаѣ было замѣчено, что массивчики эти, при скорости не менѣе 10 футовъ, были перенесены съ песчанаго дна, гдѣ они лежали, на горизонтальный кирпичный флютбетъ, защищавшій мостъ, хотя, подверженные болѣе сильному теченію, они не двинулись съ этого флютбета. Это какъ бы подтверждаетъ опытъ Смитона, что камни, величиною около половины кубическаго фута, не подвержены дѣйствію теченія скоростью 11 футовъ въ секунду, хотя грунтъ изъ-подъ нихъ и вымывается.

Опыты, произведенные инженеромъ I. E. Blackwell'емъ для англійскаго правительства, при составленіи проекта общей канализаціи Лондона, очень ясно показываютъ, что удѣльный вѣсъ матеріаловъ имѣетъ весьма замѣтное вліяніе на среднюю скорость, необходимую для того, чтобы сдвинуть ихъ съ мѣста. Напримѣръ, каменный уголь,

удѣльнаго вѣса 1,26, началъ двигаться при теченіи отъ 1,25 до 1,50 фута въ секунду.

Другой образчикъ каменнаго угля, удѣльнаго вѣса 1,33, не двигался съ мѣста, пока теченіе не достигало отъ 1,50 до 1,75 фута въ секунду.

Кирпичный щебень, удѣльнаго вѣса 2,0, и мѣлъ, удѣльнаго вѣса 2,05, требовали скорости отъ 1,75 до 2 ф. въ секунду, чтобы сдвинуть ихъ съ мѣста.

Оолитовый камень удѣльнаго вѣса 2,17, кирпичный щебень—2,12, мѣлъ удѣльнаго вѣса 2, гранитный щебень удѣльнаго вѣса 2,66 требовали скорости теченія отъ 2,0 до 2,25 ф. въ секунду, чтобы сдвинуть ихъ съ мѣста.

Мѣлъ удѣльнаго вѣса 2,17, кирпичный щебень удѣльнаго вѣса 2,18, известнякъ удѣльнаго вѣса 1,46 требовали, для сдвиженія ихъ съ мѣста, скорости отъ 2,25 до 2,50 фута. Оолитовый камень удѣльнаго вѣса 2,32, песчаникъ (кремень) удѣльнаго вѣса 2,66, известнякъ удѣльнаго вѣса 3,0 фута требовали для того же скорости теченія отъ 2,5 до 2,75 фута.

Этими опытами было доказано, что послѣ того какъ эти матеріалы были сдвинуты съ мѣста теченіемъ, они ни въ какомъ случаѣ не двигались дальше со скоростью теченія, но во всѣхъ случаяхъ паступательное движеніе ихъ было значительно медленнѣе, часто на 50 процентовъ медленнѣе движенія воды.

T. Baldwin Latham, въ теченіе своей продолжительной практической дѣятельности въ дѣлѣ устройства водостоковъ (канализаціи городовъ), нашелъ, что, для предупрежденія отложенія ила въ небольшихъ трубахъ, каковы, напримѣръ, трубы діаметромъ отъ 6 до 9 дюймовъ, необходима въ нихъ средняя скорость воды не менѣе 3 футовъ въ секунду. Сточныя трубы, отъ 12 до 24 дюймовъ въ діаметрѣ, должны имѣть скорость теченія не менѣе 2½ футовъ въ секунду, а въ трубахъ большихъ размѣровъ ни въ какомъ случаѣ скорость не должна быть менѣе 2 футовъ въ секунду.

Sir John Leslie даетъ формулу $v = 1\sqrt{a}$ для опредѣленія скорости, необходимой для увлеченія круглыхъ камней или галекъ (shingle), въ которой v — скорость воды въ миляхъ въ часъ и a — длина ребра камня или стороны куба въ футахъ, или-же средній діаметръ камня круглой формы тоже въ футахъ.

Въ этой формулѣ вовсе не принятъ во вниманіе удѣльный вѣсъ матеріала. Chailly восполнилъ этотъ пробѣлъ и вывелъ слѣдующую формулу для скорости, необходимой для сдвиженія съ мѣста матеріаловъ:

$v = 5{,}67 \sqrt{ag}$, гдѣ a — средній діаметръ тѣла, которое надо сдвинуть, въ футахъ, g — его удѣльный вѣсъ и v — скорость воды въ футахъ въ секунду.

Опытъ на ирригаціонныхъ каналахъ Сѣверной Индіи, гдѣ въ употребленіи наклонные водосливы, доказалъ, что такой водосливъ, если поверхность его состоитъ изъ булыгъ не менѣе восьмидесяти фунтовъ каждый и хорошо уложенныхъ тычкомъ и утрамбованныхъ, при уклонѣ 1 : 15 *не можетъ* выдержать средней скорости 17,1 фута въ секунду.

§ 18. О средствахъ предохранять ирригаціонные каналы отъ отложенія въ нихъ ила *).

Существуютъ четыре способа не допускать въ ирригаціонные каналы наносовъ въ большемъ количествѣ, чѣмъ это желательно:

1. Такими сооруженіями въ рѣкѣ, которыя будутъ освѣтлять воду до впуска ея въ каналъ.

2. Такимъ устройствомъ впускного, или водопріемнаго, шлюза въ каналъ, что только вода влекущая извѣстное количество наносовъ, будетъ попадать въ каналъ.

3. Устройствомъ близъ головы канала или въ самомъ каналѣ осадочнаго бассейна, который можетъ періодически очищаться или землечерпаніемъ, или ручною работою, или, что практически выходитъ одно и то же, устраивая отъ рѣки къ головѣ канала два дополнительныхъ канала, изъ которыхъ одинъ будетъ дѣйствовать въ то время, когда другой будетъ очищаться.

1. Устройствомъ впускныхъ шлюзовъ въ два ряда, съ осадочнымъ бассейномъ между ними, и такъ расположенныхъ, что вода, содержащая желаемое количество наносовъ, идетъ въ каналъ изъ бассейна чрезъ нижній рядъ шлюзовъ (впускныхъ щитовыхъ отверстій), а из-

*) Статья гражданскаго инженера R. B. Buckley. Извлечено изъ Proceedings of the Institution of Civil Engineers, томъ 58.

лишній осадокъ въ бассейнѣ можетъ быть спущенъ изъ него обратно въ рѣку.

Эти способы могутъ быть примѣнены, конечно, только при извѣстныхъ обстоятельствахъ. Первый способъ можетъ быть примѣненъ очень рѣдко, только при благопріятныхъ условіяхъ. Напримѣръ, когда дно паводнительнаго канала лежитъ на 8 или на 10 фут. выше дна рѣки, и когда, слѣдовательно, каналъ этотъ дѣйствуетъ только при высокой водѣ въ рѣкѣ. Въ этомъ случаѣ, если мѣсто для головы канала можетъ быть выбрано позади острова, покрытаго кустарникомъ, вершины котораго немного ниже или немного выше уровня высокой воды въ рѣкѣ, можетъ быть полезно устроить соединеніе между верховою стороною острова и берегомъ, на которомъ находится голова канала, причемъ вся вода, идущая въ каналъ, попадаетъ въ него не иначе какъ чрезъ заливъ, образуемый островомъ и берегомъ, и притомъ попадая въ этотъ заливъ съ низовой стороны.

Такимъ образомъ, скорость воды въ этомъ заливѣ будетъ уменьшена, и рѣчная вода будетъ отлагать илъ въ этомъ заливѣ вмѣсто того, чтобы заносить его въ каналъ. Если заливъ этотъ довольно обширенъ, то каналъ можетъ работать много лѣтъ, не боясь засоренія.

Тѣ же принципы могутъ быть примѣнены въ большихъ ирригаціонныхъ проектахъ, съ измѣненіемъ пріемовъ обыкновенно употребляемыхъ въ этихъ случаяхъ. Теперь, почти неизмѣнное, расположеніе заключается въ томъ, что поперекъ рѣки устраивается плотина, въ которой, на высотѣ отъ 8 до 15 футовъ выше дна рѣки, устроены спусковые щитовые затворы, располагаемые парочно какъ можно ближе къ шлюзу, впускающему воду въ каналъ и построенному непосредственно выше плотины. Пороги того и другого шлюзовъ располагаются на одной высотѣ.

Спусковые затворы въ плотинѣ располагаются съ цѣлью не допустить отложенія наносовъ въ каналѣ. Это достигается тѣмъ, что спусковые щиты открываются во время высокой воды и такимъ образомъ притягиваютъ къ себѣ сильное теченіе, проходящее какъ разъ мимо головы канала. Этимъ теченіемъ наносы уносятся дальше, въ рѣку, но, съ другой стороны, это теченіе, которое уноситъ отмели противъ канала, обусловливаетъ и скорѣйшее занесеніе по-

слѣдняго, потому что увеличенная скорость, вызванная открытіемъ спусковыхъ щитовъ, поднимаетъ илъ со дна рѣки, и изъ этого-то усиленнаго теченія, насыщеннаго иломъ и проходящаго мимо начала канала, этотъ послѣдній и получаетъ воду. Поэтому лучше въ плотинѣ расположить двѣ серіи спусковыхъ щитовъ или два щита на двухъ окопечностяхъ плотины: одинъ спусковой шлюзъ—въ самой плотинѣ, въ разстояніи около 200 футовъ отъ берега, а другой спусковой шлюзъ—на нѣкоторомъ разстояніи внизъ по теченію рѣки и соединить эти два участка плотины со шлюзами продольной стѣной, параллельной берегамъ рѣки. При этомъ, водопріемное начало канала должно быть помѣщено непосредственно выше низового спусковаго шлюза, причемъ теченіе, направляющееся къ верховому шлюзу, не будетъ проходить мимо начала, или головы канала. Насыщенное наносами теченіе будетъ проходить съ полною скоростью чрезъ верховыя отверстія, между тѣмъ какъ часть рѣчного теченія, предназначенная для питанія канала, была бы ослаблена вдоль продольной стѣны плотины, почему и отлагала бы здѣсь илъ въ значительной степени прежде, чѣмъ поступала бы въ начало канала. Чтобы удалить илъ, отложившійся между плотиной и началомъ канала, нужно было бы закрыть верховыя спускныя отверстія и открыть низовыя. Это легко можно сдѣлать, запирая начало канала каждую недѣлю на нѣсколько часовъ и открывая низовой шлюзъ. Такимъ образомъ, ложе рѣки противъ начала канала можно было бы постоянно поддерживать въ состояніи безъ отмелей.

Почти во всѣхъ случаяхъ водопріемный шлюзъ канала состоитъ изъ ряда затворовъ, скользящихъ въ вертикальныхъ пазахъ, такъ что вода всегда впускается въ каналъ подъ нижнимъ краемъ щитовъ, т. е. на уровнѣ пола шлюза.

Если бы затворы устраивались такъ, чтобы вода попадала въ каналъ не со дна, а съ поверхности рѣки, то въ каналъ запосилось бы гораздо меньше ила. Каждый щитъ долженъ быть снабженъ отдѣльнымъ подъемнымъ механизмомъ.

Въ рѣкахъ, въ которыхъ высокая вода поднимается до 30 футовъ, полезно имѣть нѣсколько отверстій на разныхъ высотахъ, каждое съ отдѣльнымъ щитомъ. При этомъ воду возможно будетъ пускать въ каналъ при разныхъ уровняхъ по мѣрѣ того, какъ высокая вода измѣняется.

Вообще, этотъ методъ достигаетъ цѣли лишь отчасти, но существуютъ рѣки, влекущія малое количество ила, къ которымъ этотъ способъ можетъ быть примѣненъ съ достаточнымъ успѣхомъ, чтобы вовсе предупредить извлеченіе наносовъ изъ канала.

Третій способъ часто употребляется на Индійскихъ каналахъ. Первыя полмили канала отрываются съ дномъ на столько широкимъ, чтобы значительно уменьшить скорость. Во время высокой воды здѣсь осаждается илъ, который и очищается, когда каналъ закрывается на лѣто, ручною работою или же землечерпаніемъ.

Четвертый способъ особенно примѣнимъ при рѣкахъ съ большимъ паденіемъ. Онъ также очень пригоденъ въ тѣхъ случаяхъ, когда каналъ идетъ на нѣкоторомъ разстояніи вдоль рѣки до начала своего развѣтвленія на второстепенные каналы. При примѣненіи этого способа, каналъ на первой полумили долженъ имѣть такой объемъ, чтобы скорость воды въ немъ, когда послѣдняя идетъ въ полномъ количествѣ нужномъ для канала, не превосходила ту, которая допускаетъ отложеніе наносовъ. При этомъ вода, достигая конца этого уширеннаго участка, будетъ содержать столько ила, сколько нижерасположенные каналы должны провести его на орошаемыя поля. Въ концѣ этого широкаго участка долженъ быть устроенъ шлюзъ, который будетъ впускать въ каналъ требуемое количество воды.

Головной шлюзъ на берегу рѣки долженъ быть проектированъ такъ, чтобы, только при умѣренномъ поднятіи воды въ рѣкѣ, достаточное количество ея могло бы быть впущено въ каналъ, чтобы произвести скорость въ три или четыре фута въ широкомъ ея участкѣ. Спусковые шлюза для обратнаго спуска воды изъ этой широкой части въ рѣку должны быть въ состояніи пропустить это же или еще большее количество воды.

Эти спусковые шлюза могутъ быть снабжены опускающимися затворами. Наибольшій спусковой шлюзъ долженъ быть расположенъ въ разстояніи отъ 150 до 300 футовъ отъ головного шлюза, потому что именно на этомъ разстояніи осаждаются песокъ и прочіе тяжелые наносы, и поэтому здѣсь требуется наибольшая промывающая скорость. Эта система наиболѣе дѣйствительна и наименѣе дорога при обширныхъ ирригаціонныхъ проектахъ.

Если головной шлюзъ на берегу рѣки устроить такъ, что онъ

будетъ принимать воду съ поверхности ея, а не со дна, то въ широкій участокъ канала будетъ попадать наименьшее количество ила. Широкій же участокъ канала можно очищать, закрывая на короткое время водопріемный шлюзъ въ концѣ его и въ то же время открывая всѣ щиты головного канала на берегу рѣки и всѣ спусковые шлюза.

§ 19. Оплодотворяющій илъ.

Свойство ила, несомаго ирригаціонною водою, есть предметъ большой важности. Въ то время какъ въ нѣкоторыхъ мѣстахъ онъ вовсе не годится для земли, какъ удобритель, зато во многихъ другихъ случаяхъ онъ представляетъ прекрасное удобреніе.

Всѣмъ хорошо извѣстно, что въ теченіе вѣковъ плодородіе Египта поддерживалось насыщенными иломъ водами Нила. Ежегодно Нилъ отлагаетъ большой запасъ плодотворнаго ила на прилегающія земли, и вслѣдствіе этого земли эти сохраняютъ свое плодородіе, извѣстное съ самыхъ раннихъ историческихъ временъ.

Такія мутныя воды доставляютъ не только необходимую влагу для созрѣванія посѣвовъ, но въ то же время и удобреніе, и такимъ образомъ предохраняютъ ихъ отъ истощанія. Здѣсь ежегодно приносимый илъ составляетъ только удобреніе, которое и поглощается самимъ созрѣваніемъ урожаевъ. Вотъ причина, почему земли эти въ теченіе вѣковъ не возвысились и остаются подъ вліяніемъ разливовъ Нила.

Въ Верхнемъ Египтѣ большіе осадочные бассейны для задержанія нильскаго ила были въ употребленіи съ незапамятныхъ временъ съ большимъ успѣхомъ.

Гражданскій инженеръ R. Baker въ отношеніи плодотворныхъ свойствъ нильской воды говоритъ слѣдующее:

во-первыхъ, что плодотворность Нила зависитъ отъ органическихъ веществъ и солей поташа и фосфорной кислоты, заключающихся въ этой водѣ въ растворенномъ видѣ;

во-вторыхъ, что эти составныя части содержатся въ водѣ въ наибольшемъ количествѣ въ мѣсяцы августъ, сентябрь и октябрь, когда происходитъ половодіе Нила, и что именно въ періодъ наводненія

эти осадки или грязь, отлагающаяся изъ воды, наиболѣе цѣнна, какъ удобреніе.

Въ Нижнемъ Египтѣ бассейны не существуютъ. Земля наподнается, затѣмъ вода съ нея сходитъ и оставляетъ на ней весьма небольшое количество ила.

Это называютъ теперь улучшенной системой. Гражданскій инженеръ Willcocks, въ своемъ отчетѣ объ орошеніи въ Нижнемъ Египтѣ, говоритъ объ этомъ слѣдующее:

«Въ Верхнемъ Египтѣ, гдѣ продолжается бывшая при Фараонахъ система орошенія посредствомъ бассейновъ, каждый акръ земли обработанъ и даетъ доходъ, и почва столь же богата теперь, какъ она была тысячи лѣтъ тому назадъ.

Напротивъ, въ Нижнемъ Египтѣ, гдѣ преобладаетъ *улучшенная система* и собираются въ году три жатвы, одна треть всей площади не обработана, а остальныя двѣ трети не въ состояніи дать доходъ больше Верхняго Египта. Эта улучшенная система существуетъ только пятьдесятъ лѣтъ, но уже повсюду вызвала жалобы на обѣднѣніе почвы и производительности, жалобы, которымъ вторятъ англійскіе бумагопрядильщики. Природа требуетъ, чтобы ниломъ ежегодно отлагался на землѣ, а теперь онъ теряется въ морѣ. Наполеонъ, завоевавъ Египетъ, сказалъ, что если бы онъ владѣлъ этой страной, то не допустилъ бы потери въ морѣ и одной унціи этого драгоцѣннаго ила. Не идя такъ далеко, можно, однако, не боясь возраженія, сказать слѣдующее.

На каждый фунтъ (пять долларовъ) выгоды, доставляемой теперь затратой тысячи фунтовъ стерлинговъ (пяти тысячъ долларовъ) на улучшеніе нынѣ существующей системы орошенія, можно получить десять фунтовъ (пятьдесятъ долларовъ) дохода, если обратить эти суммы на частичное возобновленіе системы бассейновъ тамъ, гдѣ земля воздѣлывается, и на полное ея созданіе тамъ, гдѣ земля не воздѣлывается».

Въ отношеніи ирригаціи надо различать четыре рода воды:

Первая—ключевая вода, она почти совершенно чиста и доставляетъ землѣ очень мало. Земля, орошаемая этою водою, требуетъ постояннаго удобренія.

Вторая—колодезная вода. Эта вода также чиста, будучи профильтрована чрезъ землю, но что дурно такъ это то, что она имѣетъ

дѣлается негодной для орошенія примѣсью къ ней вредныхъ минеральныхъ веществъ, особенно въ концѣ сухого періода времени года.

Третій—вода прудовая или изъ резервуаровъ. Эта вода, вообще, содержитъ въ растворѣ достаточное для питанія растеній количество веществъ, которыя она поглотила изъ земель, съ которыхъ собрана, но все, что она содержала во взвѣшенномъ состояніи (какъ то илъ и пр.), то все уже отложилось на днѣ резервуара до того времени, когда вода была пущена на поля.

Четвертый—рѣчная вода. Эта вода проводится непосредственно изъ рѣкъ на поля ирригаціонными каналами. Она отлагаетъ сначала болѣе грубыя части, приносимыя изъ горъ и лѣсовъ, главнымъ образомъ—песокъ. Большая же часть влекомаго ею плодотворнаго ила проносится прямо на поля. Достигаемое чрезъ это оплодотвореніе до того дѣйствительно, что орошенныя, такимъ образомъ, земли приносятъ въ годъ одну или двѣ жатвы въ теченіе цѣлыхъ сотенъ лѣтъ безо всякаго удобренія. Такъ, округъ Танджоръ, въ Индіи, даетъ и теперь такія же богатыя жатвы, какъ и 2.000 лѣтъ назадъ.

Разныя рѣки имѣютъ болѣе или менѣе плодотворныя свойства, смотря по тѣмъ горнымъ породамъ, по которымъ онѣ протекаютъ. Такъ рѣка, Кистна, въ Индіи, протекающая чрезъ известковыя мѣстности, образуетъ дельту, которая производитъ жатвы на 50 процентовъ богаче, чѣмъ въ дельтѣ Годавери, протекающей большею частью чрезъ гранитныя мѣстности.

Въ Мидинорѣ, въ Индіи, идутъ необыкновенно сильные дожди, дающіе иногда десять дюймовъ воды въ 24 часа, но земледѣльцы этимъ не довольствуются. Чтобы воспользоваться выгодами рѣчной воды, они стараются какъ можно скорѣе спустить дождевую воду и провести на поля рѣчную. Долгій опытъ доказалъ имъ, что, поливая поля рѣчною водою, содержащею много ила, они получаютъ лучшіе урожаи, чѣмъ при поливкѣ дождевою водою.

Вода рѣки Нида, въ Индіи, предпочитается колодезной водѣ, тоже благодаря содержанію плодоноснаго ила.

Вода рѣки Durance, во Франціи, пользуется весьма большою славою для ирригаціонныхъ цѣлей. Въ добавленіе къ наносамъ, механически увлекаемымъ ею, она содержитъ также въ растворѣ много полезныхъ въ земледѣльческомъ отношеніи веществъ, что и дѣлаетъ ее столь цѣнною для ирригаціи.

Гражданскій инженеръ Kilgour, въ Minutes of Proceedings, томъ 27, говоритъ, что илъ, содержащійся въ рѣкахъ Пенджаба въ Сѣверной Индіи, очень цѣнится въ этой странѣ какъ удобреніе, гдѣ, за недостаткомъ дерева, употребляется, какъ топливо, высушенная на солнцѣ смѣсь навоза съ глиною.

Гражданскій инженеръ Georg Gordon, въ своей запискѣ о собираніи воды въ резервуары (Minutes J. C. E., томъ 33), говоритъ: «Земля, политая изъ рѣки, даетъ доходъ на 25% лучшій, чѣмъ рядомъ лежащая земля, политая изъ резервуара. Зависитъ ли это отъ плохого качества воды, собранной въ резервуаръ, или отъ недостаточнаго ея количества, авторъ не можетъ сказать, но полагаетъ, что тутъ дѣйствуютъ обѣ причины вмѣстѣ.

Генералъ Scott Moncrieff говоритъ, что цѣна, платимая за воду рѣки Но, въ Италіи, была въ три раза выше цѣны воды рѣки Дора Балтея *(Dora Baltea)*, и это обстоятельство объясняется тѣмъ, что илъ, содержащійся въ водѣ Но, чрезвычайно плодотворенъ, между тѣмъ какъ въ Dora Baltea замѣчалось скорѣе противоположное. Онъ обращаетъ также вниманіе на замѣтную разницу между лугами, поливаемыми содержащими илъ водами рѣки *Durance*, во Франціи, и свѣтлыми, холодными водами рѣки *Sorgues*, и разница эта до того велика, что фермеры предпочитаютъ платить за первую отъ десяти до двадцати разъ болѣе цѣны, просимой за воду второй.

Гражданскій инженеръ J. H. Latham сообщаетъ, какъ результатъ своихъ наблюденій въ Мадрасскомъ Президентствѣ въ Индіи, что рѣчная вода цѣнится выше всѣхъ другихъ источниковъ для орошенія, такъ какъ при ней урожаи на 25 процентовъ на акръ богаче, чѣмъ при употребленіи воды изъ прудовъ или резервуаровъ.

Гражданскій Инженеръ Allan Wilson, указываетъ на значительное преимущество для ирригаціи воды изъ рѣкъ, прудовъ и резервуаровъ надъ водою изъ колодцевъ и ключей, какъ на доводъ въ пользу образованія рѣчныхъ и сборныхъ резервуаровъ. Онъ удостовѣрился изъ собственныхъ наблюденій и изъ данныхъ, сообщенныхъ мѣстными властями, въ Индіи, что сахарный тростникъ, поливаемый изъ прудовъ и рѣкъ, даетъ гораздо болѣе богатый урожай, чѣмъ земля, политая изъ колодцевъ и ключей, и сахарный песокъ, полученный первымъ способомъ, цѣнится вдвое болѣе, чѣмъ второй.

Инженеръ H. Graves, изъ Денвера въ Колорадо, говоритъ, что самый процессъ орошенія безплодныхъ земель есть способъ ихъ постояннаго оплодотворенія. Путемъ ирригаціи поры самой безплодной земли могутъ быть наполнены и связаны проникновеніемъ въ нихъ почти неосязаемыхъ частицъ ила и обращены въ почву замѣчательно плодородную. Поэтому всѣ земли, на которыя можно распространить ирригацію, дѣлаются способными къ обработкѣ.

Инженеръ A. D. Foote, въ своемъ рапортѣ объ ирригаціи нѣкоторыхъ пустынныхъ мѣстностей въ Айдахо (Idaho), даетъ весьма полныя и интересныя подробности о посѣвахъ, взращенныхъ на земляхъ, орошенныхъ водою, насыщенною иломъ, и указываетъ на огромное вліяніе этого фактора въ дѣлѣ оплодотворенія. Въ преніяхъ объ ирригаціи, бывшихъ въ Американскомъ Обществѣ Гражданскихъ Инженеровъ въ 1887 г., г. Футъ говоритъ: «Плодотворный илъ, который обыкновенно несется быстротекущими ручьями, столь же цѣненъ, какъ и самая вода. Безъ этого ила ирригація въ Америкѣ не привела бы ни къ чему. Никакая земля не выдержитъ постоянной производительности, не будучи обогащаема, и пройдетъ еще много лѣтъ, прежде чѣмъ нашъ Дальній Западъ (Far West) будетъ доставлять обыкновенныя искусственныя удобренія. Илъ, которымъ насыщены наши западныя рѣки весною и лѣтомъ, такъ цѣненъ, что обогащенная имъ земля улучшается до того, что доставляетъ богатѣйшіе урожаи».

Инженеръ E. B. Dorsey приводитъ слова одного фермера изъ Айдахо, сказавшаго: «Я скорѣе заплачу два доллара на акръ за мутную воду, чѣмъ одинъ долларъ за чистую».

Инженеръ C. L. Stevenson, изъ города Соленаго озера (Salt Lake City) говоритъ: «Ирригаціонныя воды ежегодно приносятъ изъ горъ новыя удобряющія вещества, такъ что фермеру въ Ютѣ (Utah) практически необходимѣе поддерживать свои каналы и примѣнять ирригаціонную воду, чѣмъ восточному фермеру удобрять свою землю. Одно поле близъ Формингтона, производившее сначала по шестидесяти бушелей на акръ, засѣвалось въ теченіе тридцати лѣтъ пшеницею безъ всякаго другого удобренія, кромѣ приносившагося ирригаціонною водою, и послѣ второго или третьяго года поле это приносило, среднимъ числомъ, болѣе сорока бушелей на акръ.

Такъ какъ каждое правило имѣетъ исключенія, то мы находимъ

также исключеніе изъ почти единодушнаго мнѣнія о пользѣ мутной воды для орошенія.

Маіоръ военныхъ инженеровъ J. Browne въ Transactions of the Institution of Civil Engineers, томъ 33, сообщаетъ слѣдующій результатъ его наблюденія въ Пенджабѣ—въ Индіи.

Онъ всегда слышалъ отъ тѣхъ земледѣльцевъ, съ которыми онъ бесѣдовалъ, что посѣвы, полученные при поливкѣ колодезною водою, были лучшаго качества, чѣмъ полученные при поливкѣ водою изъ капаловъ. Онъ не можетъ объяснить, зависѣло ли это отъ болѣе высокой температуры колодезной воды, или отъ различнаго химическаго состава но во всякомъ случаѣ онъ полагаетъ, что посѣвы на колодезной водѣ были успѣшнѣе, чѣмъ на ирригаціонной водѣ. Очень можетъ быть, какъ часто случалось въ Индіи, что земледѣльцы просто, въ силу стараго обычая, придерживались привычной имъ поливки изъ колодцевъ.

§ 20. Илъ, увлекаемый рѣками.

Иногда бываетъ очень важно знать не только свойство ила, содержащагося во взвѣшенномъ состояніи въ рѣчной водѣ, въ отношеніи свойствъ его, какъ удобренія, но и количество этого ила. Количество это весьма различно въ разныхъ рѣкахъ, а также въ различные періоды прибыли воды въ той же рѣкѣ. Въ августѣ вода Нила содержитъ въ себѣ въ *триста* разъ болѣе мути, чѣмъ въ маѣ, хотя въ августѣ количество воды, или расходъ рѣки только въ десять разъ больше, чѣмъ въ маѣ. Такимъ образомъ, вѣсъ веществъ, увлекаемыхъ Ниломъ въ маѣ, составляетъ $\frac{1}{21.000}$ вѣса воды, между тѣмъ какъ въ августѣ это отношеніе равняется $\frac{1}{674}$. Хотя расходъ воды въ августѣ на одну четверть менѣе чѣмъ въ октябрѣ, тѣмъ не менѣе количество наносовъ въ три раза больше. Въ августѣ вѣсъ наносовъ достигаетъ своего *maximum*'а 23.100.000 тонъ, а въ октябрѣ, при гораздо большемъ расходѣ воды, количество наносовъ уменьшается до 7.600.000 тонъ, такъ какъ отношеніе наносовъ въ водѣ въ августѣ составляетъ $\frac{1}{674}$, а въ октябрѣ $\frac{1}{2640}$.

Постоянное теченіе Нила имѣетъ источникомъ великолѣпныя озера Центральной Африки, а ежегодныя его наводненія происходятъ отъ

поднятія воды въ Атбарѣ и Голубомъ Нилѣ въ дождливый сезонъ. Эти два притока Нила (хотя совсѣмъ бѣдные водою отъ конца октября до начала мая, когда гористая Абиссинія также бездождна какъ и Египетъ) обращаются въ могучіе потоки отъ начала іюня до конца сентября, и они-то служатъ источникомъ періодическихъ наводненій, неизбѣжныхъ осадковъ и удивительнаго плодородія Нижняго Египта.

Годавери и Маханудди въ Индіи имѣютъ пропорцію наносовъ въ $\frac{1}{1.100}$, но это гораздо меньше содержанія мути въ Кистнѣ и Индѣ, такъ какъ въ послѣднемъ наносы составляютъ по объему $\frac{1}{250}$ воды.

Въ рѣкѣ Дюрансѣ, во Франціи, съ расходомъ воды въ половодіе въ 210.000 куб. фут. въ секунду, количество мути въ водѣ возрастаетъ вмѣстѣ съ увеличеніемъ расхода.

Обыкновенное содержаніе мути въ этой рѣкѣ равно $\frac{1}{33}$ воды по вѣсу. Въ исключительныхъ случаяхъ, какъ было въ августѣ 1885 г., содержаніе мути дошло до $\frac{1}{10}$ вѣса воды. При самой низкой водѣ содержаніе мути равно $\frac{1}{1.000}$ вѣса воды. Среднее же за девять лѣтъ (1867—1875 г.) было около $\frac{1}{350}$.

Разсчитано, что Дюранса ежегодно уносила въ море 17.000.000 тоннъ землистыхъ веществъ.

По наблюденіямъ въ другихъ странахъ, найдено, что въ Вислѣ во время наводковъ содержаніе мути ровно $\frac{1}{48}$, въ Гароннѣ, во Франціи, $\frac{1}{100}$, въ Рейнѣ, въ Голландіи, $\frac{1}{100}$, въ По—въ $\frac{1}{300}$. Въ другихъ рѣкахъ содержаніе измѣняется отъ приведенныхъ чиселъ, представляющихъ maximum до, $\frac{1}{17.000}$, встрѣчающейся при меженнемъ теченіи.

Гражданскій инженеръ Sir Charles Hartley (устроитель Сулинскаго гирла въ Дунаѣ) составилъ слѣдующую таблицу, дающую главные элементы четырехъ величайшихъ рѣкъ въ мірѣ, по одной въ каждой части свѣта *).

---

*) Для лучшаго представленія чиселъ, представленныхъ въ англійскихъ мѣрахъ, припомнимъ, что англійская миля содержитъ въ себѣ 1.760 ярдовъ (каждый по 3 фута), т. е. равна 5.280 англ. фут.

ТАБЛИЦА XIII.

Главные элементы четырехъ величайшихъ рѣкъ.

Названіе рѣки.	Длина въ англійск. миляхъ.	Площадь бассейна въ квадратн. миляхъ.	Ежегодное количество дождя въ куб. миляхъ	Средній годовой расходъ въ куб. миляхъ	Среднее отношеніе дождя къ расходу.	Среднее отношеніе вѣса наносовъ въ сухомъ видѣ къ вѣсу воды.
Нилъ . . .	3.300	1.293.000	892,1	22,7	39,3	$\frac{1}{1.900}$
Гангесъ . .	1.680	588.000	548,8	43,2	12,7	—
Миссисипи.	4.190	1.244.000	673,0	132,0	5,0	$\frac{1}{1.500}$
Дунай. . .	1.750	316.000	198,0	44,3	4,5	$\frac{1}{3.060}$

Такъ какъ средняя и нижняя часть теченія Нила проходитъ чрезъ исключительно сухую и песчаную страну, то расходъ его, какъ видно изъ таблицы, составляетъ $\frac{1}{20}$ выпадающаго въ его бассейнѣ количества дождя, а между тѣмъ для Нила отношеніе дождя къ расходу, сравнительно съ другими рѣками, въ три, въ восемь и девять разъ больше, чѣмъ соотвѣтственно для Гангеса, Миссисипи и Дуная. Съ другой стороны, хотя бассейнъ Нила почти равенъ бассейну Миссисипи, но количество дождя для него на 30 процентовъ болѣе, чѣмъ для Миссисипи, хотя его годовой расходъ въ шесть разъ меньше, чѣмъ для «Великаго Отца Водъ». Изъ сравненія Нила съ Дунаемъ оказывается, что годовой расходъ послѣдняго вдвое болѣе расхода Нила, хотя количество дождя для бассейна Нила къ теченіе года въ четыре съ половиной раза болѣе, чѣмъ для Дуная.

Ирригаціонный каналъ, берущій воду изъ рѣки, которая несетъ плодотворные наносы, и который имѣетъ достаточную скорость для того, чтобы переносить этотъ илъ на поля, требующія орошенія, оставляетъ въ нѣсколько мѣсяцевъ огромное количество удобренія въ видѣ тонкой пыли на землѣ, которую орошаетъ. Возьмемъ для примѣра каналъ, который имѣетъ ширину въ дно 60 фут., глубину воды 4 фута, боковые откосы 1 : 1 и среднюю скорость въ 2,5 фута въ секунду.

Пусть этотъ каналъ орошаетъ землю въ теченіе четырехъ мѣсяцевъ, или 120 дней, принимая изъ рѣки воду, содержащую илъ въ

количествѣ *по объему* $\frac{1}{800}$ воды. Расходъ канала будетъ 640 куб. фут. въ секунду.

Такъ какъ въ суткахъ 86.400 секундъ, то мы получимъ для объема ила, отложеннаго каналомъ въ теченіе 120 дней на орошаемыя земли:

$$\frac{640 \times 86.400 \times 120}{800 \times 27} = 307.200 \text{ кубическихъ ярда *).}$$

Отсюда можно себѣ составить понятіе объ огромной выгодѣ удобрительнаго ила при орошеніи.

§ 21. Улучшеніе земель заиливаніемъ ихъ, или кольматажемъ.

Заиливаніе, или кольматажъ, состоитъ въ улучшеніи безполезныхъ или безплодныхъ земель отложеніемъ на нихъ ила. Къ этому способу прибѣгали на берегахъ морей и заливовъ и лимановъ, но онъ употребляется также и на земляхъ, неподверженныхъ морскому приливу, помощью отложенія на нихъ ила рѣчною водою.

Когда вода, содержащая плодородный илъ, не нужна для ирригаціи, то она съ пользою можетъ быть обращена на образованіе плодородной земли изъ безплодной пустыни. Существуютъ, конечно, въ Соединенныхъ Штатахъ (и въ другихъ странахъ) мѣстности, въ которыхъ этимъ способомъ можно улучшить землю. Здѣсь предлагается описаніе улучшенія одной мѣстности этимъ способомъ (см. Irrigation in Southern Europe by Lieut. C. C. Scott Moncrieff).

Выше Эпиналя, во Франціи, теченіе рѣки Мозеля совершенно опредѣленно и правильно. Ниже этого пункта рѣка протекала по широкому ложу изъ гальки, нѣсколькими небольшими рукавами, постоянно мѣнявшими направленіе. На лучшихъ частяхъ этого безпорядочнаго ложа иногда существовали жалкіе сѣнокосы, все же остальное представлялось совершенно безплоднымъ.

Это совершенно безполезное поле булыгъ и голыша теперь обратилось въ прекрасное зеленое пастбище, дающее отличные урожаи сѣна, причемъ рѣка приведена въ постоянные и правильные берега, которые едва ли удалось бы придать ей устройствомъ доро-

*) Одинъ ярдъ — 3 англ. футамъ, а одинъ куб. ярдъ = 27 куб. фут.

тихъ дамбъ. Огражденіе рѣкъ дамбами имѣло часто результатомъ постепенное изъ года въ годъ поднятіе дна рѣки, что, въ свою очередь. вызывало опять поднятіе самыхъ дамбъ.

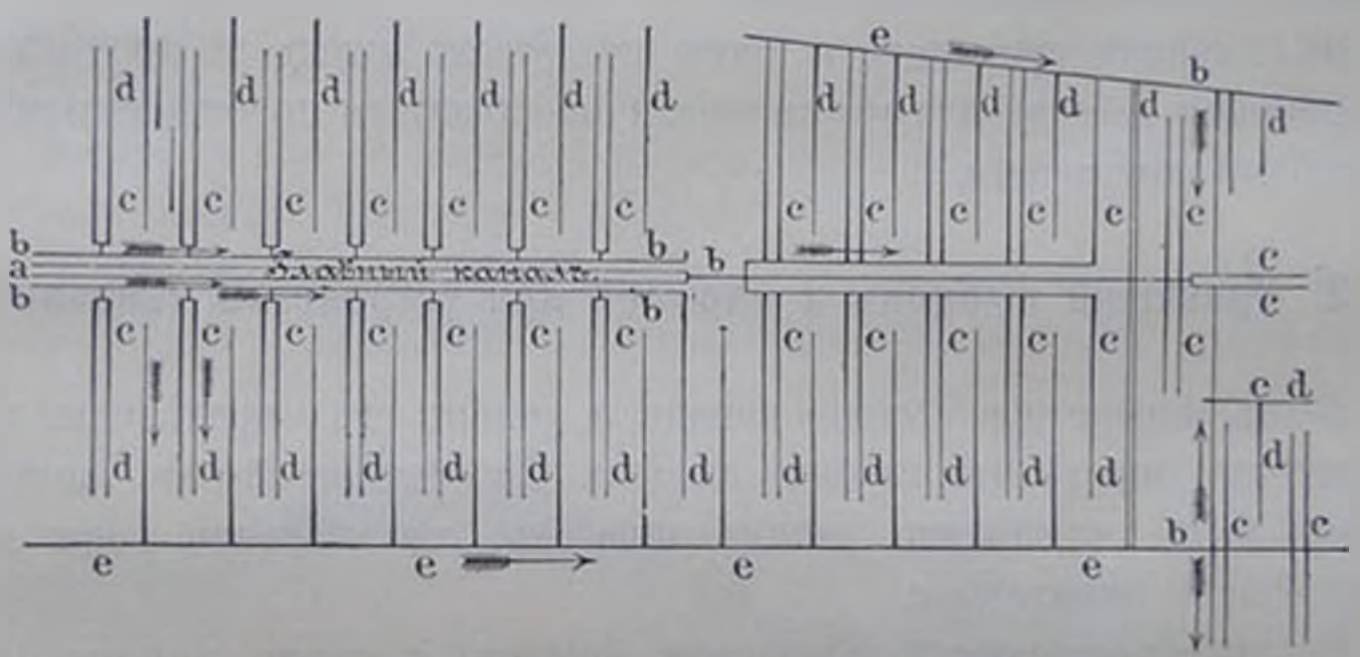
При произведенныхъ же на Мозелѣ работахъ, рѣка и теперь при наводкахъ можетъ разливаться по всему старому ея ложу, но когда вода спадаетъ, она оставляетъ за собой благодѣтельные слѣды вмѣсто поврежденій, какъ было прежде. Эта работа была начата двумя братьями гг. Dutac, въ 1827 году. Они тогда купили пятьдесятъ экровъ земли вдоль берега рѣки въ *La Gosse* ниже Эпиналя. Здѣсь поперекъ рѣки была ими набросана изъ булыжныхъ камней грубая плотина, отвлекавшая около 70 куб. фут. въ секунду въ канаву, устроенную вдоль лѣвой стороны этого участка. Этому послѣднему былъ приданъ слабый уклонъ, который скоро поднялъ поверхность его надъ рѣкою, и теперь все это мѣсто между рѣкою и канавою представляетъ прекрасный зеленый лугъ. Каменныя работы на этой канавѣ самаго простѣйшаго свойства и не требуютъ никакихъ поясненій вслѣдствіе своей простоты.

Процессъ, помощью котораго образовался этотъ лугъ, происходилъ слѣдующимъ образомъ: ниже плотины была сдѣлана въ особенно низкихъ мѣстахъ береговая отсыпь, довольно высокая, чтобы не дозволить полному теченію рѣки броситься на огражденный участокъ, но которая вовсе не препятствовала рѣкѣ заливать это мѣсто при полной водѣ. Изъ устроеннаго канала, который будемъ называть главнымъ, были сдѣланы небольшія боковыя вѣтви, и мѣстность, которую онѣ должны были орошать, тщательно распланирована въ видѣ послѣдовательныхъ параллельныхъ возвышеній и углубленій, перпендикулярныхъ къ боковымъ каналамъ. Почти чрезъ каждые 25 фут. этихъ послѣднихъ были сдѣланы небольшія отверстія, чрезъ которыя пускается вода въ канавки, около шести дюймовъ шириной и три—глубиной, расположенныя вдоль гребня всякаго поперечнаго возвышенія, и вода изъ этихъ канавокъ, при переполненіи ихъ, стекаетъ по обоимъ склонамъ, въ подобныя же параллельныя канавки, расположенныя въ каждомъ поперечномъ углубленіи. По этимъ послѣднимъ вода стекаетъ въ продольную собирательную канаву, которая собираетъ всѣ эти мелкіе ручейки, а немного далѣе начинаетъ давать воду для орошенія слѣдующаго участка такимъ же точно образомъ. Иногда ирригаціонные ручейки были сдѣланы по-

парно, расходясь въ противоположныя стороны, иногда же устроены одиночными.

Приложенный чертежъ, черт. 12, снятъ съ эскиза, сдѣланнаго на мѣстѣ.

a—есть главный каналъ, *b*—распредѣлительныя боковыя вѣтви, изъ которыхъ вода пускается въ маленькіе каналы *c*, а при переполненіи ихъ по обоимъ склонамъ—въ углубленія между гребнями, гдѣ желобки, или малыя собирательныя канавки, *d*, ведутъ воду въ главную собирательную канаву *e*, которая, при дальнѣйшемъ общемъ



Черт. 12.

попиженіи мѣстности, дѣлается, въ свою очередь, главною спабдительною канавою, повторяя тотъ же процессъ дальше.

Главный капалъ *a* въ концѣ обращается въ распредѣлительный капалъ *b*, а этотъ, въ свою очередь, въ послѣднія боковыя канавки. Конечно, для того, чтобы всей гравелистой мѣстности придать такую конфигурацію для ея орошенія, требуется много работы, но разъ это сдѣлано, дальнѣйшее поддержаніе этого дѣла въ порядкѣ требуетъ весьма мало расходовъ. Раздѣланную такимъ образомъ мѣстность засѣваютъ затѣмъ травяными сѣменами, вовсе не извлекая лежащіе здѣсь камни и голыши, и тогда приступаютъ къ орошенію всего участка, который скоро покрывается тонкимъ слоемъ ила, постепенно дѣлающимся толще, и при поддержаніи ирригаціи мѣсто это покрывается травою.

Сначала осажденіе ила происходитъ очень скоро, такъ какъ вода очень быстро уходитъ сквозь камни и гравій, дѣйствующіе,

какъ фильтръ. Но затѣмъ постепенно всѣ отверстія затягиваются, и на поверхности гравія образуется почти непроницаемый покровъ, сквозь который просачивается очень небольшое количество воды. Тѣмъ скорѣе вода проноситъ илъ дальше, не освободясь отъ содержащихся въ ней частицъ. Можно бы ожидать, что такимъ образомъ вновь образованный лугъ съ каждымъ годомъ возвышался бы и поднялся бы выше высокой воды въ рѣкѣ, но опытъ показываетъ, что въ нѣсколько лѣтъ поверхность ея почти не возвышается, такъ какъ вновь осаждающійся на немъ илъ, поглощается развившеюся на немъ растительностью.

Въ Америкѣ существуетъ много щелочныхъ земель въ предѣлахъ орошаемыхъ площадей, которыя могли бы сдѣлаться полезными этимъ способомъ заливанія.

§ 22. Уравненіе выемокъ и насыпей при устройствѣ каналовъ.

Когда поперечное сѣченіе канала и уклонъ его опредѣлены, то предстоитъ опредѣлить глубину выемки. Поперечное сѣченіе канала можетъ быть опредѣлено такимъ образомъ, что уровень воды въ немъ будетъ находиться:

1) ниже поверхности земли или, другими словами, каналъ будетъ весь въ выемкѣ;

2) выше поверхности земли, такъ что вся вода проходитъ по насыпи;

3) наконецъ, берега канала могутъ быть частью въ выемкѣ и частью въ насыпи.

Въ нѣкоторыхъ случаяхъ, по санитарнымъ соображеніямъ или въ легко проницаемомъ для воды грунтѣ, негодномъ для насыпки банкетовъ канала, гдѣ по этому можно опасаться потери воды и ожидать весьма дорогихъ исправленій, можетъ явиться надобность устроить весь каналъ въ выемкѣ. Тѣмъ не менѣе, и при этомъ надо пробными колодцами или шурфами убѣдиться, что, дѣлая глубокую выемку, мы не попадемъ на слой песку, такъ какъ въ такомъ случаѣ была бы большая потеря воды поглощеніемъ ея, и, кромѣ того, могутъ образоваться болота вредныя для здоровья.

Во второмъ случаѣ, когда весь каналъ сооруженъ въ насыпи, всегда можно опасаться прорыва его береговъ съ его опасными

послѣдствіями, не говоря уже о пріостановкѣ въ такомъ случаѣ орошенія въ то время, когда оно до крайности нужно. Въ нѣкоторыхъ грунтахъ берега должны быть покрыты слоемъ утрамбованной глины.

Третій случай представляетъ нѣкоторыя преимущества. Когда каналъ устроенъ отчасти въ выемкѣ и отчасти въ насыпи, то вода въ немъ имѣетъ уровень выше окружающей мѣстности, которую поэтому удобнѣе орошать.

Кромѣ того, этотъ случай доставляетъ и наибольшую экономію въ расходахъ на постройку, потому что поперечное сѣченіе канала можетъ быть такъ расположено, что земля, полученная отъ отрывки углубленной его части, будетъ совершенно достаточна для насыпи его береговъ или банкетовъ, принявъ при этомъ въ разсчетъ осадку насыпи и нѣкоторую утрату земли.

Далѣе, въ этомъ случаѣ представляется та выгода, что при этомъ работа будетъ произведена скорѣе, потому что здѣсь разстояніе



Черт. 13.

отвозки земли гораздо меньше, чѣмъ если каналъ весь въ выемкѣ или весь въ насыпи. Черт. 13 представляетъ поперечное сѣченіе половины канала, въ которомъ выемка достаточна для производства насыпи, принявъ во вниманіе осадку послѣдней. AB означаетъ поверхность земли, которая предполагается горизонтальною.

x — глубина требуемой отрывки.

d — глубина отъ поверхности банкета до дна канала.

$d - x$ высота отъ поверхности банкета до поверхности земли.

$a = CD$ — половинѣ ширины дна канала.

m — уклонъ откосовъ CF и AE, т. е. отношеніе въ нихъ горизонтальнаго заложенія въ высотѣ; такъ, напримѣръ, когда 2 горизонтально на 1 вертикально, то $m = 2$.

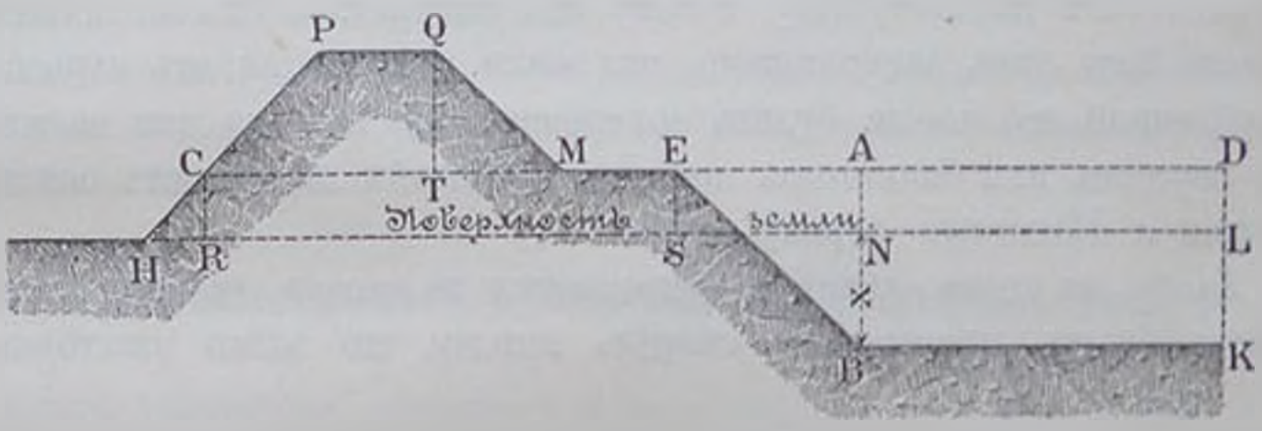
$b = EF$ — ширинѣ верхней поверхности банкета.

Такъ какъ площадь выемки должна быть равна площади насыпи, то мы будемъ имѣть:

$$(x \times a) + \frac{x \times xm}{2} = b\ (d - x) + (d - x)\ (d - x)\ m$$

$$x^2 m - x\ (2a + 2b + 4dm) = -2bd - 2d^2 m.$$

Теперь положимъ, что $a = 40$ фут., $b = 6$ фут., $d = 7$ фут., а уклоны откосовъ 2 : 1, т. е. $m = 2$; подставляя все это и сокращая,



Черт. 14.

получимъ: $x^2 - 74\ x = 140$, откуда $x = 1.943$ фут. Черт. 14 представляетъ поперечное сѣченіе канала, въ которомъ устроена берма ME.

Поверхность земли предполагается горизонтальною по линіи HL.

Пусть $a = \overline{BK}$ = половинѣ ширины дна канала.

$d = \overline{AB}$ = глубинѣ канала отъ поверхности бермы до дна канала.

$x = \overline{NB}$ = требуемой глубинѣ выемки для того, чтобы получить достаточно матеріала для насыпи банкетовъ.

A — площадь банкета выше EC.

B — площадь канала ниже DE.

При этомъ гдѣ бы ни была поверхность земли, A и B остаются постоянными.

Требуется опредѣлить глубину BN или x такъ, чтобы площадь выемки $BF\overline{LK}B$ была бы равна площади насыпи $EFHPQME$, т. е. чтобы

$$B - \frac{\overline{ED} + \overline{FL}}{2} \times (d - x) = A + \frac{\overline{EC} + \overline{HF}}{2} \times (d - x),$$

или

$$\frac{d-x}{2} \times \{(\overline{ED} + \overline{FL}) + (\overline{EC} + \overline{HF})\} = B - A.$$

Теперь положимъ $EC = w$ и $\beta =$ углу, образуемому съ горизонталью откосами BE и MQ, $\theta =$ углу, образуемому съ горизонталью откосомъ HP.

Тогда

$$HR = \overline{CR} \,.\, cot \,.\, \theta = (d - x) \,.\, cot\, \theta$$

$$SF = (d - x)\, cot\, \beta$$

и

$$HF = w + (d - x)\ (cot\, \beta + cot\, \theta)$$

$$\overline{EC} + \overline{HF} = 2w + (d - x)\ (cot\, \beta + cot\, \theta).$$

Но

$$ED = AD + AE = a + d\, cot\, \beta$$

и

$$FL = NL + NF = a + x\, cot\, \beta$$

$$\overline{ED} + \overline{FL} = 2a + (d + x)\ cot\, \beta.$$

Подставляя въ уравненіе величины $(EC + HF)$ и $(ED + FL)$, мы получимъ:

$$\frac{d-x}{2} \times \{2a + (d + x) cot\, \beta + 2w + (d - x)\ (cot\, \beta + cot\, \theta)\} = B - A,$$

или

$$\frac{x}{2}\, cot\, \theta - x\ (a + d\, cot\, \beta + w + d\, cot\, \theta) =$$

$$= B - A - d\ (a + w) - d^2\, cot\, \beta - \frac{d^2}{2}\, cot\, \theta.$$

Изъ этого уравненія можно найти x.

Примѣръ:

Пусть $\beta = \theta = 45°$ и $cot\, \beta = cot\, \theta = 1$, далѣе пусть $a = 50$ фут., $d = 8$ фут., $w = 10$ фут., $PQ = 25$ фут., $QT = TM = 6$ фут. и $CM = 37$ фут.

Тогда

$$B = ad + \frac{d^2}{2} = 432$$

$$A = \frac{25 + 37}{2} \times 6 = 186.$$

Подставляя эти величины въ уравненіе, получимъ:

$$\frac{x^2}{2} - 106\,x = 432 - 186 - 720 - 64 - 32,$$

откуда

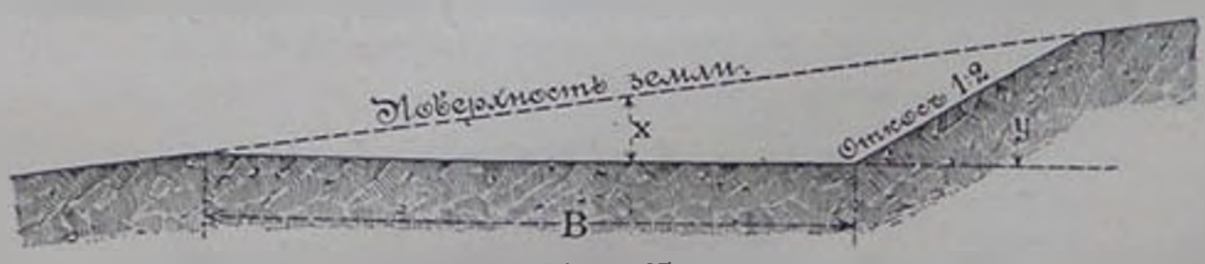
$$x = 5{,}53 \text{ фута.}$$

Опредѣливъ x, во всякомъ случаѣ надо нѣсколько увеличить глубину, чтобы принять во вниманіе осадку вырытой земли, когда она поступитъ въ насыпь.

§ 23. Устройство канала въ косогорѣ.

Иногда случается, что главныя сооруженія канала приходится расположить такъ, что каналъ прежде чѣмъ дойти до равнины, долженъ проходить нѣкоторое время въ косогорѣ. Какъ общее правило, въ такой мѣстности самое экономическое—это устроить глубокій и узкій каналъ въ противоположность широкому и мелкому, который болѣе подходитъ въ равнинной мѣстности.

Поперечное сѣченіе съ шириной дна въ два раза болѣе глу-



Черт. 15.

бины, или около того, болѣе подходитъ къ такой наклонной мѣстности, чѣмъ каналъ съ бо́льшей шириной противъ глубины.

Поперечное сѣченіе канала въ косогорѣ бываетъ или все въ выемкѣ, или частью въ насыпи. Во всякомъ случаѣ верхняя часть выемки всегда имѣетъ треугольную форму съ горизонтальнымъ основаніемъ, какъ показано на черт. 15.

Наружная сторона треугольника имѣетъ уклонъ натуральнаго грунта, а внутренняя сторона имѣетъ уклонъ, принятый для внутренняго откоса канала въ выемкѣ.

Нижеприведенная таблица 14-я, облегчитъ разсчетъ треугольной части этой выемки.

Пусть B = ширинѣ основанія.

A = площади треугольника.

x = углу естественнаго грунта съ горизонтомъ.

y = углу внутренняго откоса выемки съ горизонтомъ.

k = коэффиціенту, величина котораго показана въ таблицѣ.

$$A = \frac{1}{2}\left\{\frac{B^2}{\left|\cot x - \cot y\right|}\right\} B^2 K .$$

ТАБЛИЦА XIV.

Величина коэффиціента K.

Уголъ естественнаго грунта x въ градусахъ.	Величины K для разныхъ уклоновъ.			
	$^1/_4 : 1$	$^1/_2 : 1$	$1 : 1$	$1^1/_2 : 1$
1	0,00877	0,00880	0,00888	0,00896
2	0,01761	0,01777	0,01809	0,01842
3	0,02655	0,02691	0,02765	0,02844
4	0,03558	0,03623	0,03759	0,03906
5	0,04472	0,04575	0,04793	0,05035
6	0,05397	0,05646	0,05873	0,06239
7	0,06334	0,06541	0,06999	0,07525
8	0,07283	0,07558	0,08176	0,08904
9	0,08246	0,08600	0,09410	0,10387
10	0,09220	0,09670	0,10700	0,11990
11	0,10215	0,10765	0,12064	0,13720
12	0,11230	0,11900	0,13510	0,15620
13	0,12250	0,13050	0,15008	0,17661
14	0,13290	0,14240	0,16610	0,19920
15	0,14359	0,15470	0,18330	0,22404
16	0,15430	0,16720	0,20080	0,25120
17	0 16551	0,18045	0,22018	0,28241
18	0,17660	0,19370	0,24070	0,31640

Уголъ естественнаго грунта съ горизонтомъ.	Величины K для разныхъ уклоновъ.			
	1/4 : 1	1/2 : 1	1 : 1	1 1/2 : 1
19	0,18838	0,20797	0,26257	0,35617
20	0,20000	0,22220	0,28570	0,40090
21	0,21230	0,23753	0,31151	0,45261
22	0,22520	0,25380	0,33890	0,51280
23	0,23743	0,26912	0,35688	0,58445
24	0,25000	0,28570	0,40120	0,67020
25	0,26391	0,30405	0,43687	0,77624
26	0,27770	0,32250	0,47610	0,90900
27	0,29194	0,34186	0,51942	1,08171
28	0,30670	0,36200	0,56750	1,31230
29	0,32173	0,38340	0,62185	1,64652
30	0,33730	0,40580	0,68300	2,15510
32	0,37030	0,4345	0,8333	—
34	0,4058	0,5091	1,0373	—
36	0,4440	0,5707	1,3297	—
38	0,4851	0,611	1,7857	—
40	0,5307	0,7225	2,6041	—
42	0,5807	0,8183	—	—
44	0,6364	0,9345	—	—
46	0,6983	1,0729	—	—
48	0,7692	1,25	—	—
50	0,8488	1,475	—	—

§ 24. Осадка насыпей.

При производствѣ насыпей изъ земли, песчаной глины и другихъ подобныхъ матеріаловъ для каналовъ, резервуаровъ и т. п. должно принимать въ соображеніе осадку этихъ матеріаловъ.

Слѣдующее извлеченіе по этому вопросу заимствовано изъ записки автора этой книги — *объ осадкѣ насыпей*, напечатанной въ Transactions of the Technical Society of the Pacific Coast. June 1885. Книги относящіяся къ этому вопросу на англійскомъ языкѣ обыкновенно сообщаютъ данныя объ осадкѣ различныхъ матеріаловъ, не обращая вниманія на различные способы производства работъ и на высоту насыпей. Напримѣръ, осадка земли вообще принимается обыкновенно въ десять процентовъ. Но если десять процентовъ достаточно для осадки земляной насыпи высотой въ

30 фут. возведенной насыпкой изъ вагоновъ, то навѣрное земляная насыпь въ 12 фут., возведенная слоями съ хорошей утрамбовкой, дастъ осадку гораздо меньше, чѣмъ десять процентовъ.

Ни въ какой другой отрасли инженернаго дѣла, считая со времени начала постройки желѣзныхъ дорогъ, не было произведено такого огромнаго количества работъ и не было израсходовано такихъ суммъ, какъ по части земляныхъ работъ; и ни въ одной отрасли инженернаго дѣла равной важности не произведено такъ мало опытовъ и не сообщено въ печати такъ мало свѣдѣній.

Въ другихъ отрасляхъ инженернаго искусства производятся длинные скучные и дорогіе опыты безо всякаго результата, кромѣ сообщенія о нихъ свѣдѣній, но опыты съ земляными работами могли бы быть производимы въ большомъ размѣрѣ, какъ *настоящая работа*, и съ очень небольшими добавочными расходами къ подрядной цѣнѣ этихъ работъ.

Въ нижеслѣдующей таблицѣ нѣкоторые матеріалы повторяются болѣе одного раза съ небольшими измѣненіями въ ихъ названіи, но авторъ вмѣсто того, чтобы сократить этотъ перечень, предпочитаетъ сохранить за каждымъ матеріаломъ характеристику его, даваемую ему приводимыми наблюдателями.

ТАБЛИЦА XV.

Осадка нѣкоторыхъ матеріаловъ въ насыпяхъ *).

Матеріалъ.	Наблюдатели.	Процентное увеличеніе + или уменьшеніе — объема насыпи противъ объема соотвѣтствующаго резерва.
Песокъ	Howson.	— 10
Весьма мелкій песокъ	Graeff.	— 10
Легкая песчаная земля . . .	Morris	— 12,5
„ „ „ . . .	Molesworth	— 11
Песокъ съ гравіемъ	Vose	— 9
Песокъ и гравій	Trautwine-Searle . . .	— 8
Земля	Levees	Насыпь слѣдуетъ помнить на 1—5% выше проектной отмѣтки.
„ (вынутая скрапером) .	Канадская ж. д.	Осадка насыпи 10%.

*) *Прим. переводчика.* Таблица эта представляетъ много неясностей относительно цифръ со знакомъ *минусъ*, и оставаясь на отвѣтственности автора, приводится здѣсь для обращенія вниманія на важный, но не разработанный вопросъ.

Матеріалъ.	Наблюдатели.	Процентное увеличеніе + или уменьшеніе — объема насыпи противъ объема соотвѣтствующаго резерва.
Земля (вынутая машиною) . .	Канадская ж. д.	Осадка насыпи 15—17%
„ (тщательно утрамбованная)	Graeff.	— 9 до — 20
Жирная глина и легкая песчаная земля	Vose	— 12
Жирная глина	Trautwine-Searle . . .	— 12
Глина и земля	Vose	— 10
Желтая глинистая земля . . .	Morris	— 10
Земля съ гравіемъ	„	— 8,5
Гравій	Molesworth-Vose . . .	— 8
Глина	Hewson.	Насыпь слѣдуетъ возвести на 1—6% выше проектной отмѣтки.
Глина	Trautwine-Searle . . .	— 10
„ до осѣданія	Molesworth	+ 20
„ послѣ осѣданія	„	— 8
„ утрамбованная	Trautwine	— 25
Мокрый грунтъ	Searle	— 15
Рыхлая растительная земля .	Trautwine	— 15
Известь	Molesworth	+ 30
Скала	Vose	+ 50
„	Graeff	+ 50 до + 60
„	Жел. дор. Рейнъ-Нахе .	+ 25
„	Trautwine	+ 66 до + 75
Скала, большія глыбы	Searle	+ 60
Твердый известнякъ, большія глыбы	Morris	+ 42
Синій плитнякъ, малыя глыбы.	„	+ 60
Скала, большія глыбы	Molesworth	+ 50
„ среднія глыбы	Searle	+ 70
„ „ „	Molesworth	+ 25 до + 30
„ (руда)	„	+ 20
„ малыя глыбы	Searle	+ 80
„ глыбы (отсыпь)	Trautwine	+ 90
„ „ (наброска) . . .	„	+ 75
„ „ (тщательно уложенныя)	„	+ 60
Скала съ значительною примѣсью извести	Graeff	+ 0

§ 25. Сооруженія, встрѣчающіяся на ирригаціонныхъ каналахъ.

Къ сооруженіямъ встрѣчающимся на ирригаціонныхъ каналахъ, относятся плотины (weirs), дамбы (dams), регуляторы, щитовые затворы, промывающіе шлюзы, разборчатыя плотины, мосты, трубы, акведуки, переходы чрезъ каналъ, жолоба, обратные сифоны, пересѣченія съ потоками, перепады или уступы (drops), водосливы (rapids), тоннели, спусковые шлюза, углубленія для осадки песка (silt traps), поддерживающія стѣны, модули для измѣренія количества протекающей воды, выемки, насыпи и наконецъ на судоходныхъ каналахъ еще камерные шлюза.

Впрочемъ бываетъ весьма рѣдко, чтобы всѣ перечисленныя сооруженія встрѣчались при постройкѣ каналовъ. Сооруженія эти описаны болѣе подробно въ нижеслѣдующихъ статьяхъ.

§ 26. Колодцы и массивы.

Такъ какъ колодцы и массивы весьма часто встрѣчаются въ описаніяхъ работъ, произведенныхъ въ Индіи при устройствѣ основаній плотинъ, то здѣсь предлагается краткое ихъ описаніе.

Колодцы для фундаментовъ суть обыкновенно кирпичные цилиндры, опускаемые на извѣстную глубину въ песчаное дно рѣки. Послѣ того когда они опущены на требуемую глубину ихъ наполняютъ бетономъ доверху или на часть ихъ высоты.

Когда бетономъ наполняется лишь нижняя часть ихъ, то верхняя часть, поверхъ бетона, заполняется пескомъ. Кромѣ того, что колодцы эти составляютъ фундаментъ для плотинъ, они еще значительно уменьшаютъ поперечное сѣченіе рѣчнаго ложа, чрезъ которое происходитъ фильтрація.

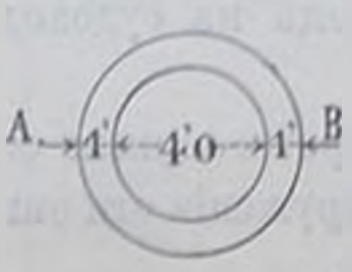
Массивъ (block), какъ видно изъ его названія, есть правильный участокъ каменной кладки, имѣющій внутри одну или нѣсколько вертикальныхъ пустотъ или колодцевъ. Массивы имѣютъ совершенно такое же назначеніе какъ и колодцы. Фиг. 16 и 17 представляютъ планъ и разрѣзъ одного изъ колодцевъ подъ каменной кладкой плотины *Sone*, показанной на фиг. 37, а фиг. 18 и 19 представляютъ планъ и разрѣзъ одного изъ массивовъ подъ быками акведука *Solani* показаннаго и описаннаго въ § 31.

Способъ употребляемый для опусканія колодцевъ и массивовъ слѣдующій:

Если колодцы, которые надо сложить и опустить, находятся на песчаной отмели въ рѣкѣ, то сперва отрываютъ песокъ, пока дойдутъ

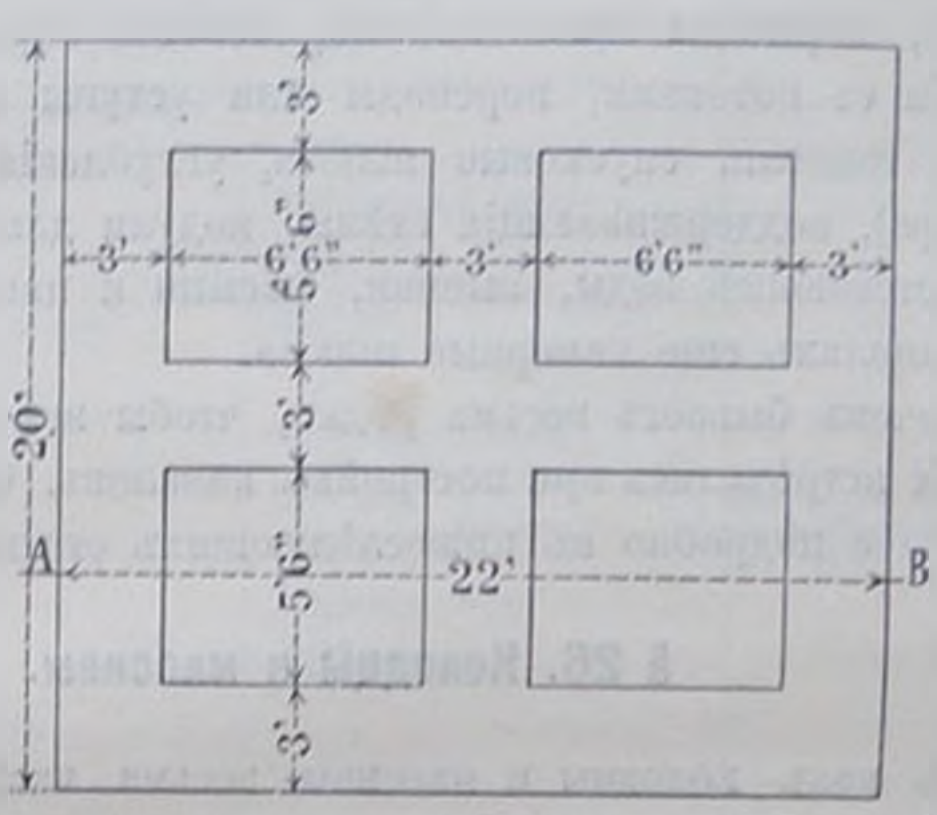
КОЛОДЦЫ И МАССИВЫ.

Черт. 16.



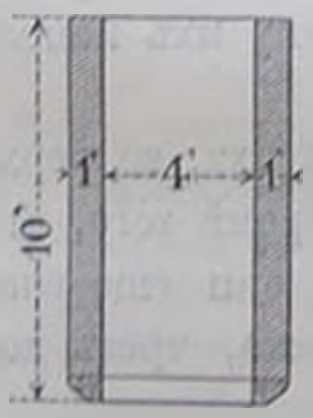
Планъ.

Черт. 18.



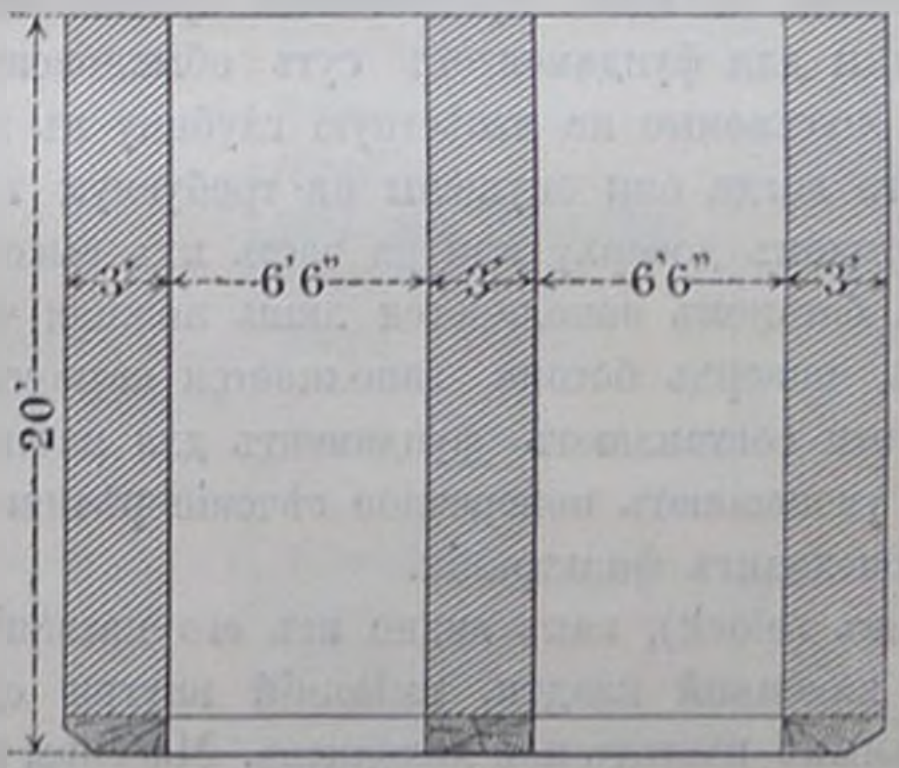
Планъ.

Черт. 17.



Сѣченіе по АВ.

Черт. 19.



Сѣченіе по АВ.

до воды, затѣмъ на этомъ уровнѣ укладываютъ деревянное основное кольцо, послѣ чего начинаютъ на послѣднемъ кладку. При устройствѣ колодцовъ подъ плотину на рѣчномъ рукавѣ, отклоняютъ или отводятъ теченіе въ сторону, мѣсто окружаютъ перемычкой и такимъ

образомъ преграждаютъ доступъ теченію, причемъ вода дѣлается стоячею. Конечно очень часто это представляетъ довольно трудную работу особенно тамъ, гдѣ ложе рѣки состоитъ изъ одного песка на глубину иногда до *шестидесяти* футъ. Когда притокъ воды прегражденъ, то въ углубленіе это, въ воду, набрасываютъ песокъ въ видѣ насыпи довольно широкой, чтобы на ней продолжать устройство колодцевъ, которые затѣмъ опускаются обыкновеннымъ порядкомъ.

Колодцы, по ихъ окончаніи, оставляются отъ десяти до пятнадцати дней на мѣстѣ, пока кладка ихъ окрѣпнетъ. Затѣмъ они опускаются, вынимая песокъ изъ ихъ внутренности, причемъ замѣчено, что вообще количество вынутаго песку вдвое болѣе объема колодца. Колодцы подъ каменной кладкой плотины Sone (фиг. 16 и 17) имѣютъ въ наружномъ діаметрѣ 6 фут. и опущены отъ восьми до двѣнадцати футъ ниже уровня низкой воды. Колодцы эти погружаются въ одинъ рядъ, причемъ по линіи пересѣкающей рѣку между наружными поверхностями ихъ оставляютъ промежутки въ шесть дюймовъ. Внутренность колодцевъ и образовавшіяся вокругъ нихъ снаружи воронки забрасываются камнемъ, а, не доходя двухъ футовъ до поверхности, внутренность колодцевъ и промежутки между ними заполняются бетономъ. Затѣмъ на поверхность колодцевъ кладутъ большія каменныя лещадки, связывающія ихъ между собою и служащія первымъ рядомъ возводимой на нихъ каменной кладки плотины.

При устройствѣ фундаментовъ нѣкоторыхъ мостовъ въ песчаныхъ руслахъ рѣки колодцы опускались иногда на глубину болѣе *семидесяти* футъ.

§ 27. Головныя сооруженія ирригаціонныхъ каналовъ.

Сооруженія въ головѣ ирригаціоннаго канала, устраиваемыя для регулированія и опредѣленія количества воды впускаемой въ него состоятъ обыкновенно изъ плотины, устраиваемой поперекъ рѣки для направленія ея въ каналъ и изъ регулятора или водопріемнаго шлюза въ головѣ канала, чрезъ который впускаютъ въ него требуемое количество воды.

Въ регуляторѣ или пріемномъ шлюзѣ устраиваются подъемные или передвижные щиты, чтобы управлять притокомъ воды въ каналъ,

а въ плотинѣ и близъ регулятора устраиваютъ обыкновенно *промывной шлюзъ* (scouring sluice) или водоспускъ для управленія теченіемъ рѣки близъ регулятора и для поддержанія глубины предъ нимъ.

Дѣйствіе плотины, промывнаго шлюза и регулятора такъ тѣсно связаны между собою, что описаніе одного изъ этихъ сооруженій примѣняется болѣе или менѣе и къ другимъ. По этому описанія сообщаемыя ниже въ статьяхъ, озаглавленныхъ — *направляющія плотины, промывные шлюза* и *регуляторы* суть только описанія различныхъ частей головныхъ сооруженій.

Требованія, предъявляемыя къ хорошимъ головнымъ сооруженіямъ суть слѣдующія, хотя весьма рѣдко приходится видѣть ихъ соединенными въ одномъ и томъ же мѣстѣ.

1. Постоянные, прочные берега и дно рѣки, не дающіе возможности рѣкѣ размывать берега (обходить концы плотины) и тѣмъ угрожать прочности пріемнаго шлюза или регулятора.

2. Прямой участокъ теченія рѣки на протяженіи приблизительно полъ-мили ($^3/_4$ версты) вверхъ и внизъ отъ плотины.

3. Скорость теченія въ рѣкѣ такая же малая, или немного больше чѣмъ скорость въ каналѣ. Чѣмъ ближе скорость въ каналѣ къ скорости въ рѣкѣ, тѣмъ меньше наносовъ будетъ увлечено въ первый.

4. Направленіе теченія въ рѣкѣ составляетъ прямой уголъ съ осью канала въ началѣ послѣдняго.

5. Послѣ постройки плотины рѣка не должна заливать береговъ около головныхъ сооруженій.

6. Берега рѣки близъ регулятора не должны быть слишкомъ возвышенными во избѣжаніе крупныхъ земляныхъ работъ.

Въ отношеніи третьяго требованія или условія, указаннаго выше, гражданскій инженеръ C. E. Fahey говоритъ въ Transactions of the Institution of Civil Engineers, томъ 71, слѣдующее:

«Если скорость въ рѣкѣ противъ начала канала превосходитъ предполагаемую скорость въ послѣднемъ, то каналъ будетъ скоро занесенъ. Конечно нѣкоторое количество ила всегда будетъ занесено въ каналы кромѣ тѣхъ, въ которыхъ можетъ поддерживаться очень большая скорость. Но если каналъ взятъ изъ рѣки въ точкѣ, гдѣ, какъ это бываетъ въ р. Индѣ, скорость отъ пяти до шести

футовъ въ секунду, при которой песокъ легко увлекается водою, и при этомъ вода попавшая въ каналъ будетъ содержать полную пропорцію ила, то самыя тяжелыя частицы этого ила, а именно песокъ, который при вышеупомянутой скорости содержался въ водѣ, осядетъ въ самомъ началѣ канала, гдѣ скорость внезапно уменьшилась до трехъ футовъ въ секунду. Это ежегодно и повторяется въ каналахъ Синда.

Если каналъ устроенъ хорошо, т. е. когда онъ имѣетъ хорошо соразмѣренные ширину и уклонъ, то песчаный наносъ распредѣлится въ верховой трети канала, а именно самый тяжелый песокъ примѣрно на первой милѣ, болѣе мелкій песокъ ниже, а на концѣ канала глина: дальнѣйшая же часть канала весьма рѣдко или никогда не потребуетъ расчистки. Хотя скорость въ каналѣ не въ состояніи унести песокъ, она въ состояніи уносить глину и если бы можно было устроить спуски въ каждомъ каналѣ, то не пришлось бы вовсе очищать ихъ ежегодно отъ глины.

§ 28. Направляющія плотины. (Плотины, дамбы, аникуты, барражи).

Направляющая плотина есть плотина устроенная поперекъ рѣки для направленія воды въ каналъ.

Въ нѣкоторыхъ случаяхъ и всегда во время половодія, рѣчное теченіе идетъ черезъ часть или чрезъ всю длину гребня плотины.

Дамбы резервуаровъ строятся для запруживанія или для сбора воды и исключая весьма рѣдкихъ случаевъ вода никогда не течетъ чрезъ ихъ гребень.

Въ инженерной литературѣ термины плотина, дамба, *аникутъ* въ Мадрасѣ и *барражи* въ Египтѣ тоже употребляются для обозначенія плотины, устроенной поперекъ рѣки.

Поперечное сѣченіе направляющихъ плотинъ бываетъ такой же разнообразной формы, какъ и матеріалъ, изъ котораго онѣ построены.

Рисунки приведенные въ этой статьѣ даютъ нѣсколько примѣровъ, показывающихъ профили плотинъ, принятыя въ разныхъ странахъ въ соотвѣтствіи съ матеріаломъ употребленнымъ для ихъ постройки, а также и устройство ихъ основаній въ рѣчномъ ложѣ.

Начало каналовъ изъ рѣкъ часто устраивалось безъ сооруженія

преграждающихъ рѣку плотинъ *), но тамъ, гдѣ берега рѣкъ подвержены размытію или когда рѣка влечетъ большое количество наносовъ, оказывалось невозможнымъ регулировать рѣчное ложе и приток воды въ каналъ безъ устройства водоудерживающй плотины.

Въ нѣкоторыхъ каналахъ, безъ плотинъ, дно ихъ въ началѣ устроено гораздо ниже дна рѣки, изъ которой они питаются, съ цѣлью обезпечить полученіе ими воды при низкомъ стояніи ея въ рѣкѣ, но это представляется нежелательнымъ въ нѣкоторыхъ отношеніяхъ и главнымъ образомъ потому, что представляется большая вѣроятность, что въ каналъ будетъ попадать большое количество песку и ила и что, слѣдовательно, явятся большія затрудненія и расходы для поддержанія глубины канала.

Въ нѣкоторыхъ случаяхъ, въ Сѣверной Индіи. начало канала взято изъ побочнаго рукава рѣки и постоянная направляющая плотина устроена только поперекъ этого рукава, причемъ вода изъ главнаго рукава направляется въ побочный, временными плотинами, или дамбами устроенными изъ каменной наброски, хотя эти послѣднія во время наводковъ уносятся теченіемъ и должны быть ежегодно возобновляемы. Это вызывалось тѣмъ соображеніемъ, что сооруженіе постоянной плотины на главномъ рукавѣ вызвало бы огромные расходы. Примѣръ подобнаго расположенія уже нѣсколько лѣтъ можно видѣть дѣйствующимъ при головныхъ сооруженіяхъ Верхняго Гангесскаго канала, показаннаго на фиг. 26.

Дамбы въ рѣкахъ дѣлаются обыкновенно глухими, исключая тѣхъ случаевъ когда онѣ снабжены спусковыми шлюзами. Примѣры таковыхъ можно видѣть на фиг. 37, 39 и 43.

Дѣлаются онѣ также съ водоспусками по всей длинѣ или на части ихъ длины, какъ показано на фиг. 20, фиг. 27 или на фиг. 32, представляющей Нильскій барражъ.

Выгоды плотины заключаются въ томъ, что она самодѣйствующая, не требующая надзора и если хорошо устроена, то требуетъ небольшихъ расходовъ для поддержанія въ исправности. Будучи сплошнымъ сооруженіемъ, плотина также лучше выдерживаетъ ударъ плавучихъ тѣлъ, напримѣръ плотовъ и проч.

Недостатки плотинъ тѣ, что онѣ вызываютъ огромное скопленіе

*) Такъ сдѣлано было при сооруженіи головы канала *Кавура* въ Италіи.

ила, булыгъ и пр. съ верховой стороны и затѣмъ, что она вліяетъ гораздо больше на нормальный бытъ (режимъ) рѣки, чѣмъ плотина со спусковыми отверстіями. Очень возможно, что въ нѣкоторыхъ случаяхъ это будетъ имѣть то послѣдствіе, что часть рѣчного протока или вся рѣка будетъ искать себѣ другого выхода, другого фарватера и возможность такой случайности надо всегда предвидѣть: впрочемъ если за плотиной рѣка не имѣетъ рукава, въ который она могла бы направиться, то скопленіе наносовъ выше плотины скорѣе является преимуществомъ, такъ какъ это содѣйствуетъ увеличенію ея прочности.

Преимущество приписываемое открытымъ дамбамъ заключается въ томъ, что при нихъ менѣе всего нарушается нормальный бытъ рѣки, такъ какъ открытіемъ въ ней всѣхъ отверстій производится сильное теченіе, которымъ увлекаются всѣ наносы отложившіеся выше ея.

Дамба въ Индіи состоитъ изъ ряда быковъ на опредѣленномъ между собою разстояніи, устроенныхъ на каменномъ флютбетѣ, расположенномъ поперекъ рѣки и вровень съ ея дномъ и защищенномъ отъ подмыва каменными опускными стѣнами съ верховой и низовой стороны.

Быки снабжены пазами для запусканія въ нихъ шандорныхъ брусьевъ или досокъ, поднимая или опуская которые можно управлять количествомъ пропускаемой воды. Промежутки между быками могутъ быть отъ шести до десяти футъ, что вполнѣ совпадаетъ съ обыкновенною длиною шандоровъ.

Если рѣка судоходна въ верхней части, то въ плотинѣ оставляется одно или два отверстія по 20 футовъ въ свѣту, снабженныхъ затворами, предназначенными для пропуска судовъ.

Флютбетъ или каменный полъ долженъ быть достаточно продолженъ въ берегахъ рѣки на обоихъ концахъ для того, чтобы предупредить обходъ или размываніе ихъ рѣкою, а берега и ложе рѣки потребуютъ обыкновенно въ этихъ случаяхъ ихъ искусственнаго укрѣпленія на нѣкоторое разстояніе отъ плотины выше и ниже ея для того, чтобы противостоять сильному напору воды, когда части отверстій въ дамбѣ заперты.

Объ оконечности дамбы на нѣкоторомъ разстояніи должны быть устроены какъ плотины, т. е. вмѣсто того, чтобы имѣть быки и отверстія съ затворами, каменная кладка ихъ до извѣстной высоты

должна быть возведена сплошною, такъ чтобы вода въ рѣкѣ, когда она поднимется до этой высоты, могла бы свободно переливаться чрезъ гребень ея.

Преимущество такого расположенія заключается въ томъ, что оно даетъ свободный проходъ воды во время наводковъ, когда отверстія могутъ быть заперты, а между тѣмъ при низкой водѣ, послѣдняя, протекая въ отверстія посреди дамбы, поддерживаетъ теченіе рѣки въ срединѣ ея и такимъ образомъ размывающее ея дѣйствіе становится сильнѣе.

Когда рѣка подвержена внезапнымъ и сильнымъ наводкамъ, могутъ произойти поврежденія прежде, чѣмъ шандоры успѣютъ вынуть одинъ за однимъ. Въ такомъ случаѣ лучше закрывать отверстія падающими щитами, т. е. щитами, которые вращаются около стержней задѣланныхъ въ быки на высотѣ флютбета, и которые, когда закрыты, поддерживаются противъ напора воды цѣпями. Въ случаѣ наводка цѣпи отпускаютъ, щиты падаютъ на флютбетъ и вода течетъ чрезъ нихъ. Если промежутки между быками будутъ болѣе десяти футъ, то представится большая трудность поднять щиты противъ теченія воды. Чрезъ быки хорошо устроить легкій мостъ для сообщенія. Но такъ какъ не желательно на такомъ мосту допускать большое движеніе, то это долженъ быть только пѣшеходный мостъ, который даже можетъ быть замѣненъ шандорами переложенными съ быка на быкъ.

Дамба и регуляторъ располагаются въ близкомъ сосѣдствѣ и обыкновенно соединены между собою каменной стѣной, какъ показано на фиг. 28, 31, 40 и 48.

Въ нѣкоторыхъ случаяхъ на гребнѣ плотины укрѣпляютъ желѣзныя или деревянныя стойки.

Въ пазы этихъ стоекъ запускаютъ горизонтально толстыя доски или брусья для поднятія воды до двухъ футъ выше гребня плотины. Передъ наступленіемъ наводковъ, доски эти вынимаютъ.

Большая часть плотинъ или дамбъ устроенныхъ на Индійскихъ рѣкахъ и почти всѣ возведенныя въ послѣднее время расположены подъ прямымъ угломъ или перпендикулярно къ общему направленію рѣкъ. Хорошо извѣстно, что цѣль устройства *косыхъ* или наклонныхъ плотинъ заключается въ томъ, чтобы отклонить сильнѣйшее теченіе и слѣдовательно болѣе глубокій фарватеръ къ тому берегу, у котораго находится верховой конецъ косой плотины.

Нѣтъ сомнѣнія, что въ тѣхъ рѣкахъ, въ которыхъ можно устроить прочное основаніе,—нельзя ничего сказать противъ косыхъ плотинъ; но въ рѣкахъ подобныхъ тѣмъ, съ которыми приходится имѣть дѣло въ Индіи съ песчанымъ ложемъ и гдѣ устройство основаній весьма затруднительно, противъ косыхъ плотинъ можно представить три возраженія:

первое—онѣ вызываютъ теченіе параллельное плотинѣ;

второе—онѣ производятъ углубленіе рѣчнаго фарватера выше плотины у верхового корня плотины, что представляется опаснымъ и

третье—онѣ увеличиваютъ подпоръ воды у низоваго корня плотины (R. B. Buckley, Proceedings of I. C. E., томъ 60). Кромѣ того косыя или наклонныя къ теченію рѣки плотины обходятся дороже, чѣмъ перпендикулярныя и по всѣмъ этимъ причинамъ въ Индіи отдаютъ предпочтеніе послѣднимъ.

При выборѣ мѣста для плотины надо изучить характеръ мѣстности съ цѣлью предупредить наводненіе ея выше плотины при высокомъ стояніи воды въ рѣкѣ. Для предупрежденія наводненій выше плотины Narora пришлось устроить весьма длинныя и прочныя дамбы.

Съ цѣлью уменьшить первоначальные расходы при постройкѣ, вошло въ обычай строить мосты и плотины чрезъ рѣки въ самыхъ узкихъ ихъ частяхъ или даже стѣснять для этого теченіе. Это часто ставитъ инженера въ большое затрудненіе при устройствѣ быковъ и устоевъ и вводитъ также новый элементъ опасности для сооруженія, усиливая размывающее дѣйствіе теченія въ съуженномъ фарватерѣ. Кромѣ того это вызываетъ также нежелательное образованіе отмелей ниже сооруженія.

Самое соотвѣтствующее мѣсто для такихъ сооруженій, и особенно для плотинъ въ рѣкахъ съ непрочными берегами, гдѣ желательно достигнуть наибольшей увѣренности въ безопасности — это въ широкихъ участкахъ рѣки, гдѣ глубина обыкновенно менѣе и особенно въ тѣхъ мѣстахъ, гдѣ уже образовывались отмели или косы по естественнымъ причинамъ.

Плотина въ рѣкѣ не только аналогична съ косою или *перекатомъ*, образующимся отъ естественныхъ причинъ, но въ общей системѣ орошенія такая плотина есть не что иное, какъ перекатъ, и должна быть расположена и разсматриваема именно съ такой точки зрѣнія.

Если мѣсто выбрано въ широкомъ участкѣ рѣки или тамъ, гдѣ она имѣетъ среднюю ширину, первоначальная стоимость матеріаловъ и работы можетъ быть и больше, чѣмъ при постройкѣ въ съуженномъ мѣстѣ, но и это не будетъ непремѣннымъ послѣдствіемъ, такъ какъ при этомъ многія трудности, которыя приходится преодолѣвать инженеру, будутъ значительно меньше, а равнымъ образомъ сооруженію будетъ угрожать меньшая опасность при производствѣ работъ, а когда сооруженіе готово, то ему будутъ гораздо меньше угрожать наводненія и ледяные заторы.

Прилегающіе берега въ этомъ случаѣ менѣе подвержены размыву: береговыя крылья для соединенія плотины съ берегомъ избѣгаются и всѣ дамбы и насыпи прилегающія къ сооруженіямъ будутъ дешевле и менѣе подвержены поврежденіямъ и растрескиванію и, наконецъ, расходы на поддержаніе всѣхъ работъ въ порядкѣ и надзорѣ за ними упростятся (Irrigation in India and Egypt by Professor George Davidson).

За исключеніемъ трехъ случаевъ, ни одна изъ плотинъ описанныхъ въ этой статьѣ не поднимаетъ воду выше четырнадцати футовъ.

Всѣ плотины построенныя на широкихъ. съ песчанымъ ложемъ, рѣкахъ въ Индіи принадлежатъ къ типу плотины Okhla фиг. 39 въ Сѣверной Индіи и къ типу аникута (плотины) на р. Годавери (фиг. 44) въ Мадрасскомъ президентствѣ.

Высокія плотины, какъ плотина Turlock (фиг. 45) и плотина Хенаресъ (фиг. 46) имѣютъ поперечное сѣченіе, которое не принято въ Индіи. Весьма вѣроятно, что индійскій инженеръ при примѣненіи этой профили перевернулъ бы ее и помѣстилъ бы вертикальный откосъ съ низовой стороны, съ устройствомъ здѣсь водянаго резервуара или колодца для принятія удара падающей воды и для уменьшенія ея разрушительнаго дѣйствія. Объ этомъ будетъ упомянуто при описаніи этихъ плотинъ.

Каналъ Кавура въ Италіи имѣетъ плотину съ сѣченіемъ похожимъ на профиль водоспуска Ogee Falls, первоначально устроеннаго на каналахъ Сѣверной Индіи. Этотъ водоспускъ разрушился и пришлось его замѣнить вертикальнымъ перепадомъ съ водянымъ тюфякомъ съ низовой стороны.

Объ этомъ говорится въ статьѣ *о перепадахъ*. Двѣ изъ индійскихъ плотинъ имѣютъ такіе вертикальные перепады (drops) именно аникутъ

Streevigunium (черт. 41) и плотина Нарора (черт. 43). Послѣдняя имѣетъ водяной тюфякъ глубиною три фута при низкомъ стояніи воды, между тѣмъ какъ въ первой плотинѣ устроенъ съ низовой стороны флютбетъ наравнѣ съ низкою водою въ рѣкѣ.

Въ Америкѣ существуетъ много плотинъ временнаго характера, построенныхъ изъ хвороста и булыгъ. Въ Phoenix, въ Аризонѣ, плотины устроены изъ свай, хвороста и булыгъ и сдѣланы непроницаемыми насыпкой съ верховой стороны голыша и песку. Сваи забиты поперекъ русла, а между ними нагружены фашины изъ ивняка, около трехъ дюймовъ въ діаметрѣ въ комлевомъ концѣ. Онѣ уложены метловымъ концомъ вверхъ по теченію и загружены рядомъ булыжника.

Здѣсь употреблены тоже тростниковыя фашины. Такими послѣдовательными слоями фашинъ и камня плотина возведена на высоту пяти футовъ.

Ива въ этомъ сооруженіи пускаетъ ростки, такъ что впослѣдствіи плотина представляется смѣсью живого ивняка и булыжника.

Когда теченіе такъ сильно, что люди не могутъ забивать въ дно свай или кольевъ, то на берегу рубятъ ряжи, затѣмъ ихъ сплавляютъ на мѣсто и загружаютъ камнемъ. Такъ было поступлено при постройкѣ фашинной плотины въ головѣ канала Merced въ Калифорніи.

Поперечное сѣченіе плотины въ головѣ канала Calloway, чрезъ рѣку Керн въ Калифорніи, показано на черт. 20. Планъ головныхъ сооруженій этого канала приведенъ въ статьѣ—*Методы ирригаціи*.

Каналъ Calloway взятъ изъ праваго берега рѣки Керн, нѣсколько миль выше Бекерсфильда. Средній наибольшій расходъ этой рѣки въ дождливый періодъ, вѣроятно, болѣе 19.000 куб. футовъ въ секунду.

Вода въ каналъ направляется чрезвычайно легкой, открытой деревянной плотиной, расположенной перпендикулярно къ направленію рѣки чрезъ всю ширину ея отъ берега до берега. Длина этой направляющей плотины—400 футовъ.

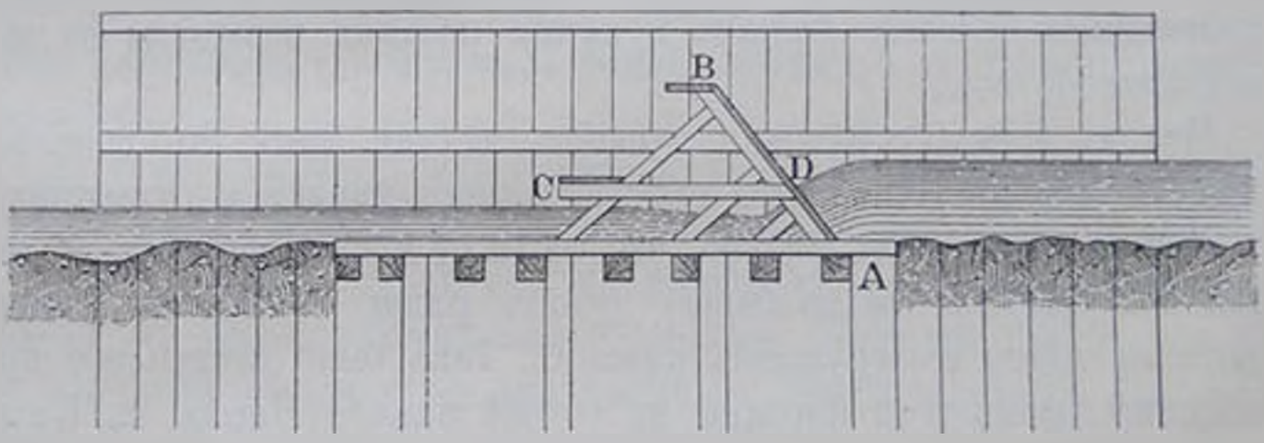
Плотина основана на трехъ рядахъ свай, расположенныхъ перпендикулярно къ теченію рѣки, сѣченіемъ въ 1×12 дюймовъ, и ограждена двумя рядами сплошныхъ свай того же сѣченія на бокоовыхъ крыльяхъ, параллельныхъ теченію рѣки. Сваи забиты въ дно рѣки на глубину 10 футовъ.

Оп.-Исслед. Институт
БИБЛИОТЕКА
Водн. хозяйства

На уровнѣ дна рѣки, на головахъ свай расположенъ досчатый помостъ изъ досокъ, прикрѣпленныхъ къ сваямъ ершами и толщиною въ два дюйма. Помостъ этотъ, или полъ, имѣетъ по теченію рѣки длину въ 30 футовъ.

Козлы A, B, C, D (черт. 20) расположены на этомъ помостѣ въ разстояніи четырехъ футовъ средина отъ средины. Козлы эти поддерживаютъ перемычку AB изъ досокъ въ два дюйма толщиною, которая подпираетъ воду и такимъ образомъ направляетъ ее въ каналъ. На козлахъ расположены два легкихъ пѣшеходныхъ мостика, обозначенныхъ на рисункѣ буквами B и C.

Наклонный помостъ показанъ лежащимъ на козлахъ, причемъ вода выше плотины держится горизонтально, но на черт. 20 пред-



Черт. 20. — Поперечное сѣченіе плотины въ головѣ канала Calloway.

положено, что въ нѣкоторыхъ мѣстахъ по длинѣ плотины наклонные щиты эти сняты, почему и показано на чертежѣ—какъ вода протекаетъ чрезъ плотину.

Одинъ человѣкъ, стоящій на пѣшеходномъ мосту, управляетъ щитами, имѣющими два дюйма толщины, помощью багра съ желѣзнымъ крюкомъ на концѣ.

Полная высота плотины надъ поломъ равна десяти футамъ.

Головной шлюзъ, или регуляторъ, въ головѣ канала Calloway имѣетъ совершенно одинаковую конструкцію съ только что описанной плотиной, но въ высоту на одинъ футъ больше.

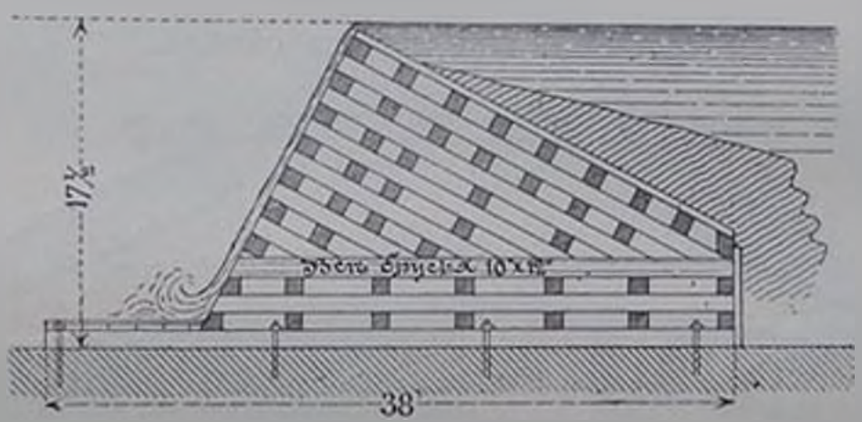
Эти головныя сооруженія, послѣ семилѣтняго употребленія, были найдены въ совершенно удовлетворительномъ состояніи. Такъ какъ во время наводковъ вся плотина открыта, то съ верховой стороны ея наносы вовсе не отлагаются.

Вѣроятно, нигдѣ на свѣтѣ нѣтъ болѣе легкой и болѣе дешевой плотины равной длины, устроенной въ песчаномъ ложѣ рѣки и которая дѣйствовала бы такъ хорошо и требовала бы такъ мало расходовъ для своего содержанія и дѣйствія.

Надо признать весьма смѣлой попытку справиться съ рѣкою, имѣющею въ высокую воду расходъ болѣе 19.000 куб. футовъ въ секунду, при помощи такой легкой постройки, могущей служить образчикомъ *особенностей американскаго инженернаго искусства.*

Поперечное сѣченіе плотины у канала изъ рѣки Bear. въ штатѣ Юта (Utah), показано на черт. 21.

Мѣсто этой плотины выбрано очень хорошо, потому что крыльями своими она примыкаетъ къ высокимъ скалистымъ берегамъ и рас-



Черт. 21. — Поперечное сѣченіе плотины на р. Bear.

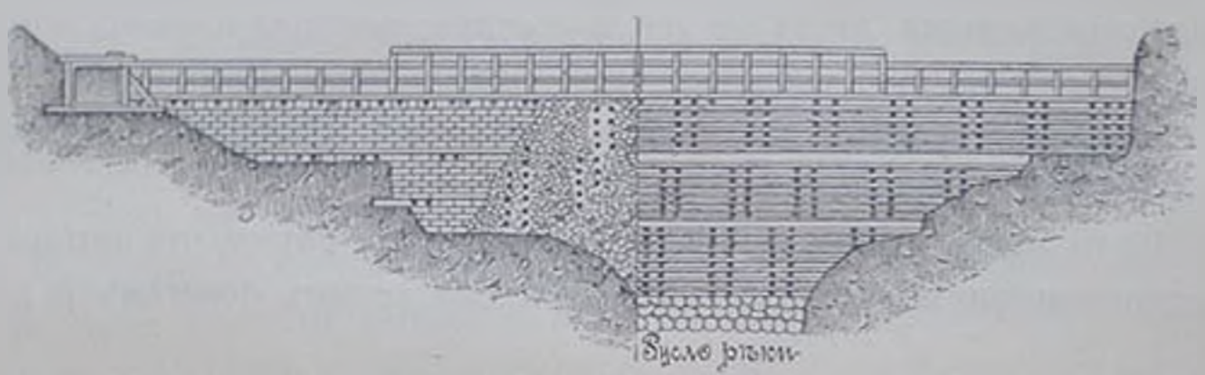
положена на скалистомъ днѣ. Плотина состоитъ изъ ряжей, сдѣланныхъ изъ пиленаго лѣса. Клѣтки ряжей заполнены землей и камнемъ, а верховая сторона ряжей, имѣющая уклонъ 2 : 1, прикрыта насыпью изъ камня. Низовая сторона ряжей имѣетъ уклонъ $^1/_2$: 1. Нижніе вѣнцы ихъ изъ брусьевъ 10 × 12 дюймовъ прикрѣплены болтами къ скалистому дну и выступаютъ съ низовой стороны, гдѣ къ нимъ прикрѣпленъ ершами досчатый полъ для защиты скалистаго грунта отъ дѣйствія переливающейся воды.

Плотина на North Poudre River, близъ головы канала того же имени, въ Колорадо, имѣетъ въ срединѣ высоту 30 футовъ 6 дюймовъ и 150 фут. ширины поверху и состоитъ изъ двухъ главныхъ частей. Низовая сторона, которая придаетъ ей необходимую устойчивость противъ напора воды, состоитъ изъ ряжей и камней, а верховая часть, предназначенная для приданія ей водонепроницаемости, —

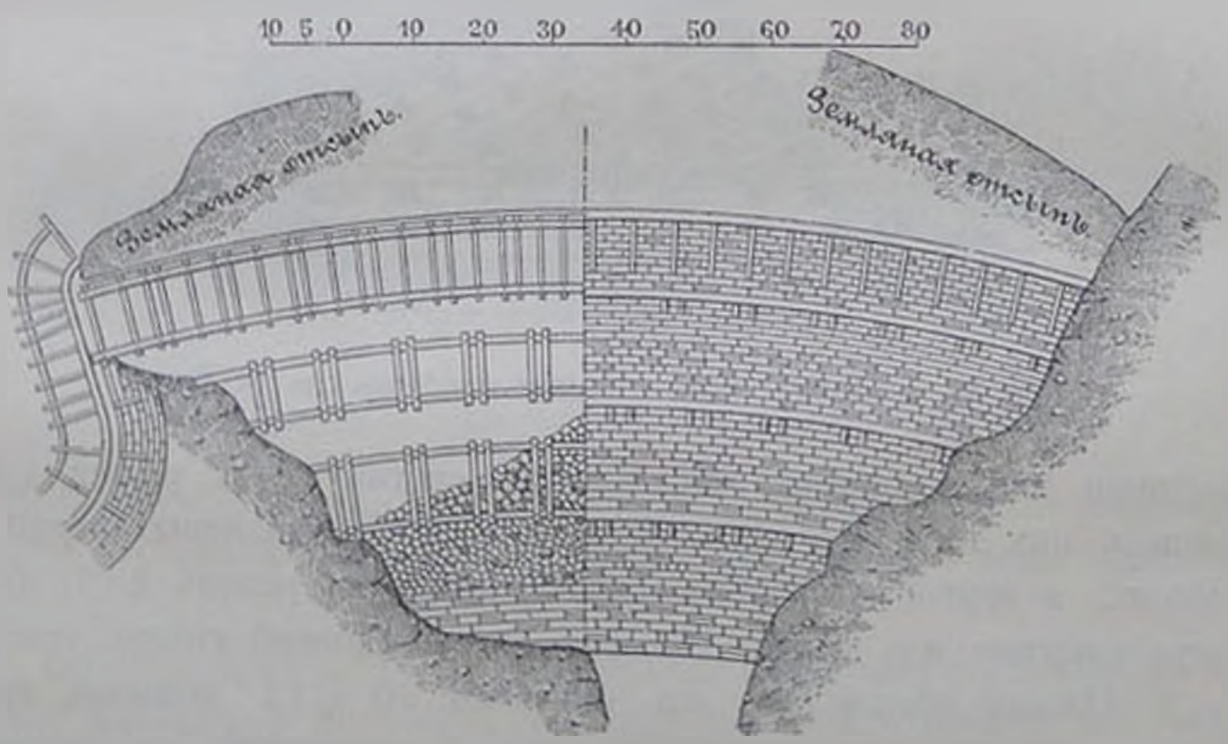
изъ вертикальной деревянной обшивки, позади которой сдѣлана наброска изъ земли, мелкаго камня, гравія и ила.

Ряжи состоятъ изъ круглыхъ бревенъ, не менѣе десяти дюймовъ въ діаметрѣ, соединенныхъ въ углахъ ласточьими хвостами, какъ

ПЛОТИНА ИЗЪ РЯЖЕЙ НА NORTH POUDRE IRRIGATION CANAL.



Черт. 22. — Продольное сѣченіе.



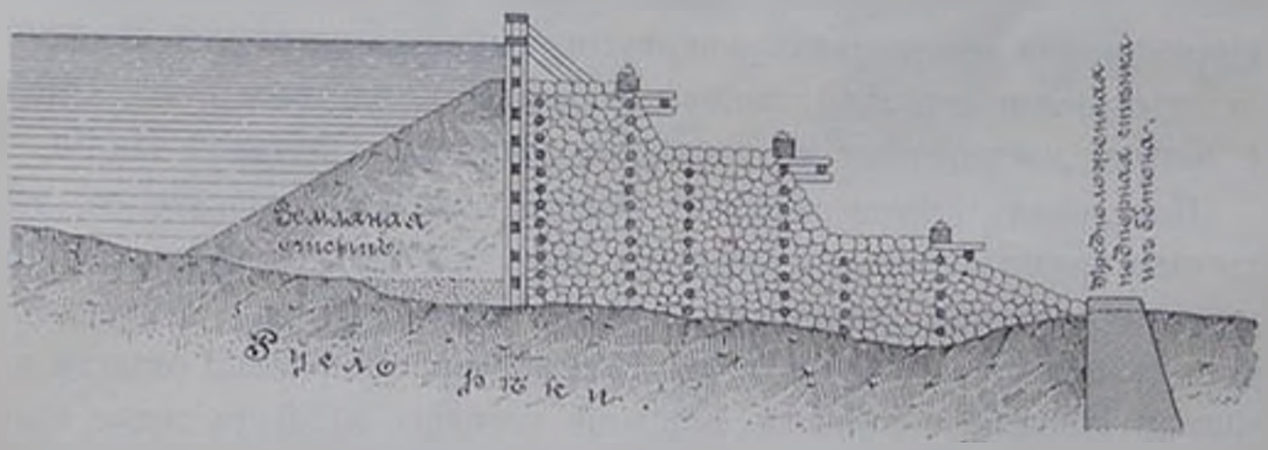
Черт. 23. — Планъ и горизонтальное сѣченіе.

въ обыкновенныхъ срубахъ для домовъ. Черт. 22. 23, 24 и 25 даютъ планы и профиля этой плотины.

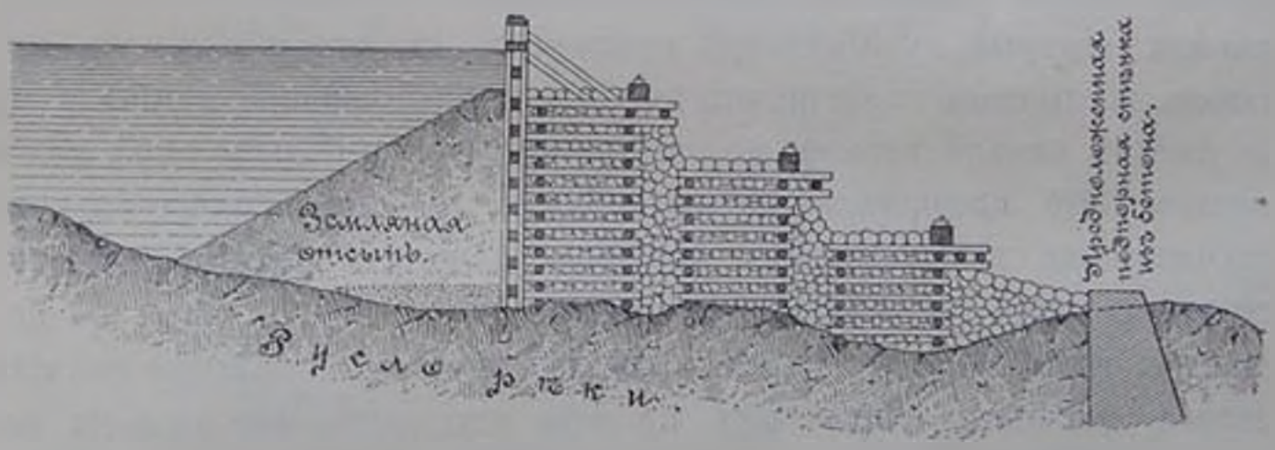
Каждый ряжъ имѣетъ по лицу плотины десять футовъ длины. Ряжи расположены въ три ряда, каждый рядъ по дугѣ круга, обращенной выпуклостью къ напору воды и съ радіусами въ 200, 216 и 232 фута по наружной сторонѣ. Эти три ряда имѣютъ разную высоту и промежутки между ними въ шесть футовъ.

Внутренность ряжей и промежутки между ними заполнены камнями, а въ лицевой сторонѣ каждаго ряда ряжей сдѣлана облицовка изъ отборнаго камня правильной сухой кладки безъ раствора, но съ перевязкой. Деревянная обшивка, или щитъ, поднята на четыре фута выше поверхности самаго высокаго ряда ряжей для защиты отъ всплесковъ, и эту возвышенную часть можно убирать по ча-

ПЛОТИНА ИЗЪ РЯЖЕЙ НА NORTH POUDRE IRRIGATION CANAL.
Масштабъ 32' въ 1".



Черт. 21. — Сѣченіе по срединѣ ряжей.



Черт. 25. — Сѣченіе у концовъ ряжей.

стямъ въ случаѣ ожиданія ледохода. Центральная часть плотины, по длинѣ 60 футовъ, сдѣлана на два фута выше, чѣмъ на оконечностяхъ, для того чтобы направить главную струю теченія къ оконечностямъ плотины, гдѣ, въ скалистомъ кварцевомъ грунтѣ береговъ, устроены въ скалѣ водоспуски для защиты большей части плотины отъ напора воды. Плотина эта была основана на камнѣ и щебнѣ, глубина которыхъ не была опредѣлена буреніемъ, но при этомъ надѣялись, что глина, которую набросали сзади плотины,

вмѣстѣ съ иломъ, влекомымъ рѣкою, предупредятъ просачиваніе воды, и результатъ оправдалъ ожиданія. Спачала вода дѣйствительно просачивалась, и было довольно трудно остановить ее, но въ концѣ концовъ этого достигли. Плотина эта была устроена исключительно съ цѣлью поднять воду въ рѣкѣ для того, чтобы она шла въ каналъ*).

Майапурскія головныя сооруженія Верхняго или Первоначальнаго Гангесскаго канала показаны на общемъ планѣ (черт. 26) и въ деталяхъ (черт. 27, 28, 29 и 30). Эта плотина (weir) представляетъ примѣръ «открытой дамбы» (open dam), отличающейся отъ непрерывныхъ мадрасскихъ «аникутовъ» и отъ сплошныхъ плотинъ со спусковыми шлюзами, каковы, напримѣръ, плотины Sone, Okhla и Narora, построенныя въ послѣднее время въ Сѣверной Индіи.

По словамъ инженера Sir P. Cautley, проектировавшаго ее, эта плотина представляетъ, въ сущности, рядъ шлюзовъ съ воротами, или опускными щитами, которые можно всѣ сполна открыть до самого дна рѣки въ періодъ высокихъ водъ. Плотина проектирована отчасти по образцу Нильскаго барража, описаніе котораго слѣдуетъ ниже. Она отличается также отъ другихъ плотинъ, строющихся въ настоящее время, своимъ расположеніемъ по отношенію къ впускному шлюзу канала, который въ Майапурѣ совпадаетъ съ *регуляціоннымъ мостомъ*, построеннымъ не вплоть къ устою направляющей дамбы и не въ самомъ началѣ канала, но на 200 футовъ или больше ниже этого начала. Это представляется неудобнымъ въ томъ отношеніи, что промежутокъ между самымъ началомъ канала и регуляторомъ составляетъ какъ бы заливъ или затишье въ то время, когда въ половодье вода проходитъ чрезъ смежную плотину, и затишье это или заливъ заполняется при этомъ, на семь или восемь фут. высоты, пескомъ и камнями въ точкахъ, обозначенныхъ крестиками на черт. 28, причемъ притокъ воды въ каналъ, особенно въ низкую воду, чрезвычайно умепьшается, пока не расчистятъ этихъ наносовъ.

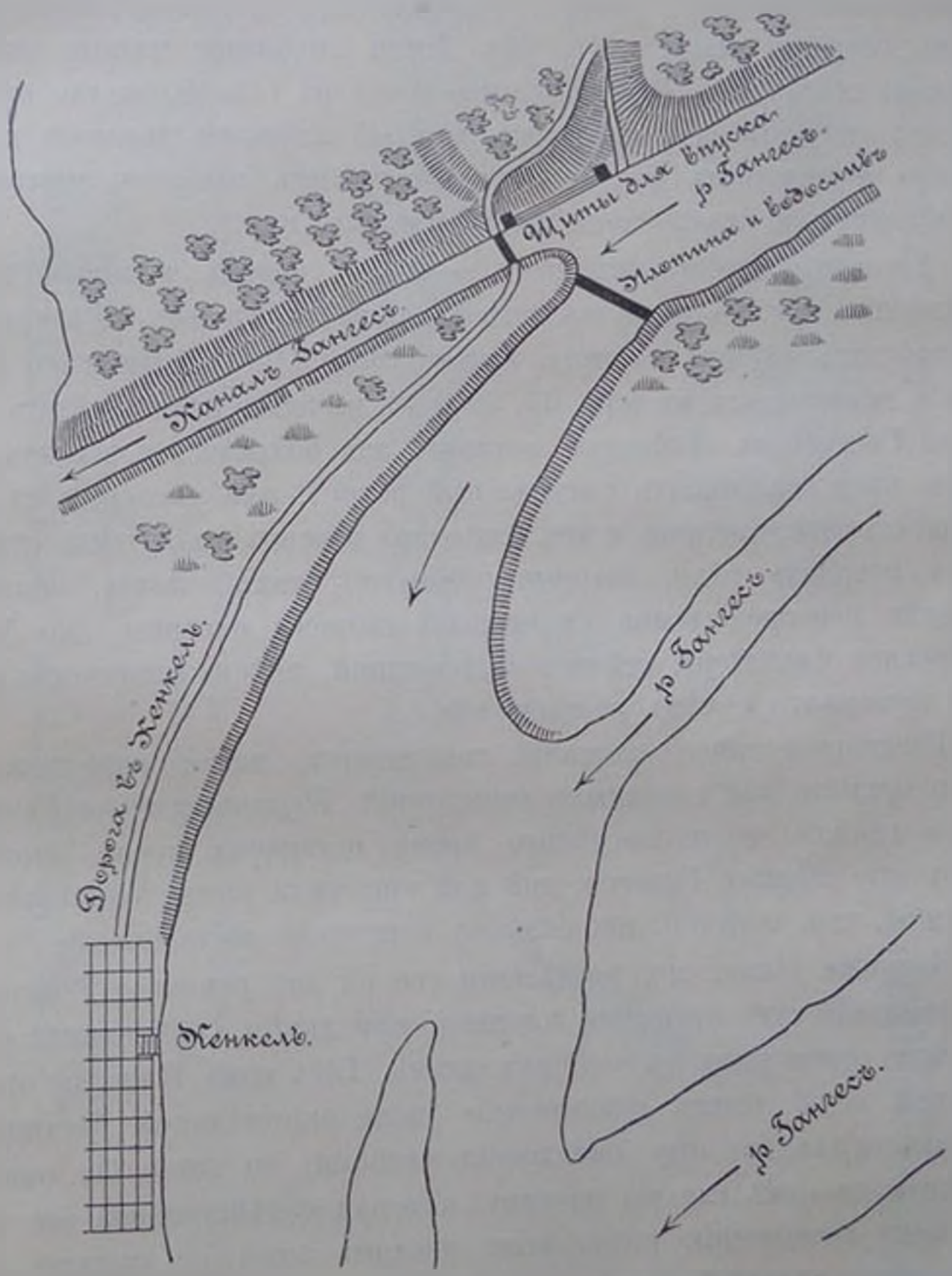
Лѣвое крыло этой плотины упирается въ островъ (см. черт. 28).

Полъ плотины и полъ регуляціоннаго моста лежатъ на одномъ уровнѣ, и лицевая сторона моста принята за нуль или за начальную точку, къ которой отнесены вся длина канала и вся продоль-

*) Irrigation in New Countries, by P. O'Meara въ Transactions of the Institution of Civil Engineers, томъ 73.

ная профиль его. Нуль для вертикальныхъ высотъ принятъ на высотѣ дна рѣки у самаго регулятора.

Сама плотина длиною 517 фут. между оконечностями, имѣетъ



Черт. 26.—Планъ головныхъ сооруженій на верхнемъ каналѣ рѣки Гангеса.

въ срединѣ пятнадцать отверстій, каждое въ десять футовъ, причемъ полъ или пороги въ этихъ отверстіяхъ подняты на $2^1/_2$ фута выше пуля. Эти возвышенные полы въ пролетахъ устроены такъ, что, въ

случаѣ надобности, могутъ быть убраны, и тогда вода имѣетъ свободный протокъ на высотѣ нуля, или дна рѣки. Быки, раздѣляющіе эти отверстія, имѣютъ въ высоту 8 футовъ, такъ что, при наличности возвышенныхъ половъ въ отверстіяхъ, для подъемныхъ щитовъ остается высота $5^1/_2$ фут. Быки снабжены пазами для закладки шандоровъ. Регуляціонный мостъ въ головѣ канала имѣетъ десять отверстій, или пролетовъ, каждый шириною двадцать и высотою шестнадцать футовъ. Каждый пролетъ снабженъ щитами и необходимыми механизмами для управленія ими.

Узкость флютбета, или пола, — только сорокъ четыре фута въ настоящее время — представляетъ странный контрастъ съ шириною флютбетовъ другихъ плотинъ, какъ-то Sone, Okhla и Нижняго Гангесса, показанныхъ на черт. 37, 39 и 13, но здѣсь надо замѣтить, что ложе Гангеса въ Майапурѣ состоитъ изъ большихъ и малыхъ булыгъ, представляющихъ натуральный откосъ, или риберму, съ низовой стороны плотины, и что, благодаря плесамъ въ другихъ открытыхъ рукавахъ рѣки, которые образуютъ, такъ сказать, водяные тюфяки непосредственно съ низовой стороны плотины, дно Майапурскаго фарватера, сейчасъ за плотиной, имѣетъ склонность скорѣе возвышаться, чѣмъ размываться.

Вышеприведенное описаніе показываетъ, какое расположеніе было принято для головныхъ сооруженій *Первоначальнаго* Гангесскаго канала, но въ послѣднее время построена новая плотина чрезъ всю ширину Гангеса, двѣ или три мили выше Майапурской плотины, что, конечно, повліяло на описанное расположеніе *).

Барражи Нила, при раздѣленіи его на два рукава — Розетскій и Даміетскій, суть открытыя плотины, или дамбы, снабженныя спусковыми отверстіями по всей ихъ длинѣ. Такъ какъ Нилъ во время высокой воды течетъ значительно выше окружающей мѣстности, которая ограждена отъ наводненія дамбами, то было бы опасно устроить на немъ глухую плотину, которая содѣйствовала бы еще большему возвышенію воды, если плотинѣ этой не придать необыкновенной длины, значительно превышающей нормальную ширину рѣки.

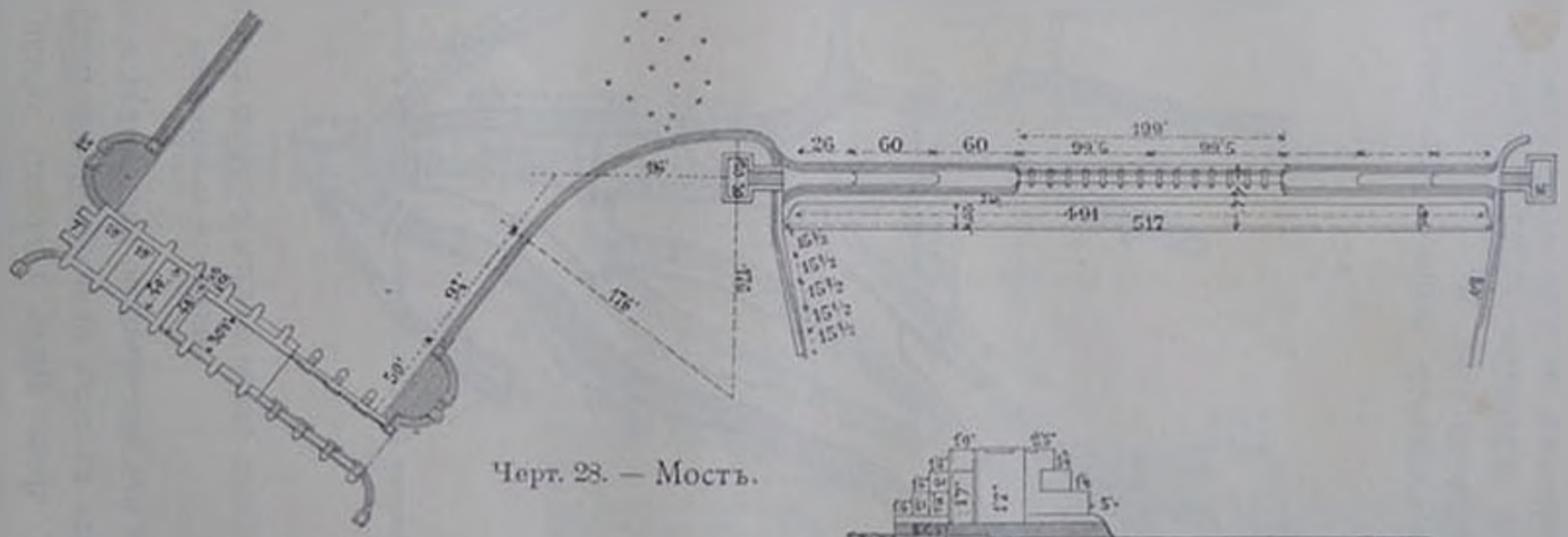
Планъ вершины Нильской дельты, показывающій положеніе

*) Roorkee. Treatise on Civil Engineering.

Мостъ.



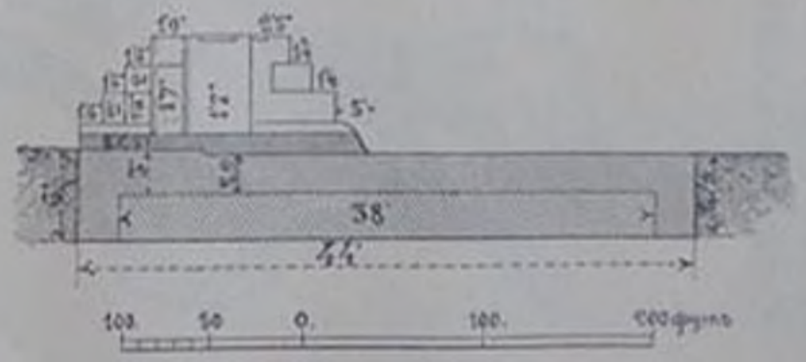
Черт. 27. — Продольное сѣченіе. Видъ снизу (по теченію).
Общая ширина живого сѣченія 237′ 1½″. 10 отверстій. 20′ каждое. 9 быковъ 4′ 9½″ каждый.



Черт. 28. — Мостъ.



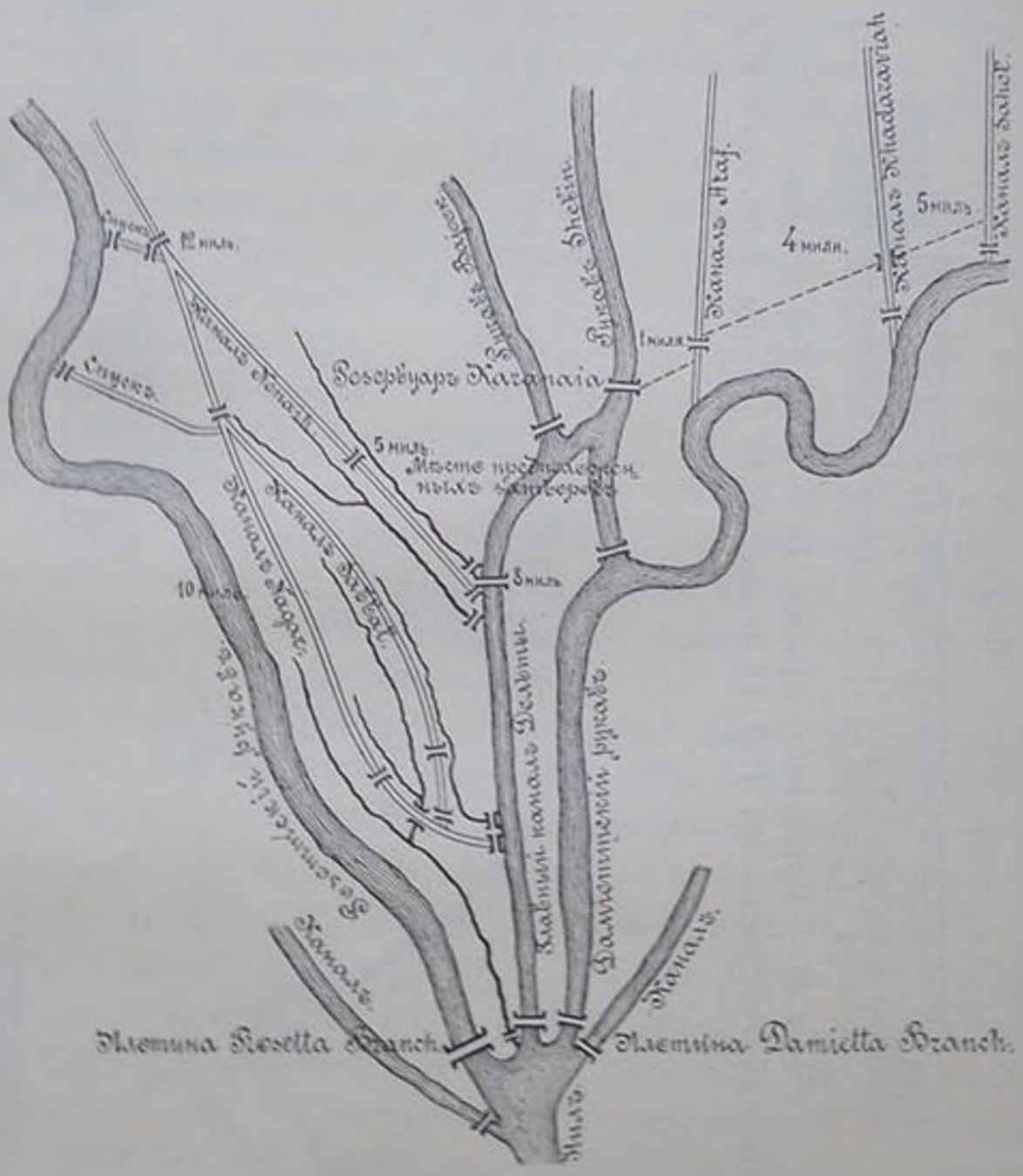
Черт. 29. — Поперечное сѣченіе плотины.



Черт. 30. — Сѣченіе по срединѣ пролета и боковой видъ быка.

барражей, приведенъ на черт. 31, а черт. 32, 33 и 34 даютъ планъ, продольное и поперечное сѣченіе Розетскаго рукава. Видъ барража приведенъ на черт. 35.

Египтяне называютъ барражъ «Мостомъ Благословеній» по той

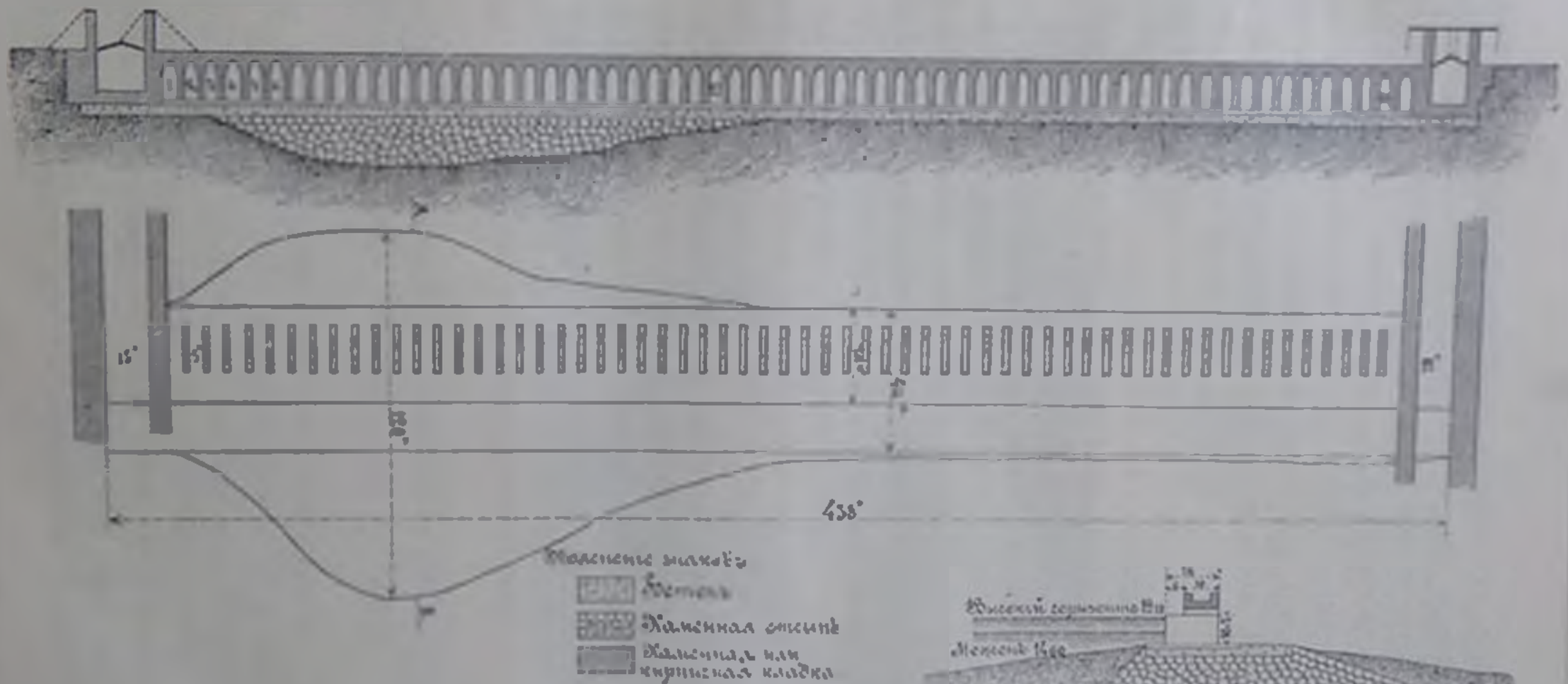


Черт. 31. — Планъ части дельты р. Нила съ указаніемъ расположенія плотинъ и каналовъ.

причинѣ, что онъ значительно расширилъ площадь орошенія въ тотъ періодъ, когда въ немъ въ особенности нуждается Нижній Египетъ.

Барражъ чрезъ Нилъ устроенъ около 12 англійскихъ миль (18 верстъ) ниже Каира, въ пунктѣ, въ которомъ эта рѣка раздѣляется на два рукава. Длина западнаго или Розетскаго рукава.

БАРРАЖЪ РОЗЕТСКАГО РУКАВА, ЯНВАРЬ 1884.



Черт. 32 и 33. — Продольное сѣченіе.

Черт. 34. — Поперечное сѣченіе по *AB*.

слѣдуя изгибамъ его теченія, составляетъ около 116 англ. миль, а длина восточнаго или Дамістскаго рукава—121 мили. Треугольная равнина, которую они ограничиваютъ, имѣетъ въ сторонѣ, обращенной къ Средиземному морю, длину около 180 миль (270 верстъ) и составляетъ самую цѣнную часть египетскихъ земель.

Чтобы составить себѣ идею о барражѣ съ помощью чертежей, вообразимъ себѣ мостъ или віадукъ весьма основательныхъ размѣровъ. расположенный въ вершинѣ дельты чрезъ каждый изъ рукавовъ рѣки, и немного выше этихъ мостовъ — головныя сооруженія трехъ большихъ каналовъ, которые прорѣзываютъ по длинѣ—одинъ восточную часть, другой западную, а третій среднюю часть, или собственно дельту Нижняго Египта.

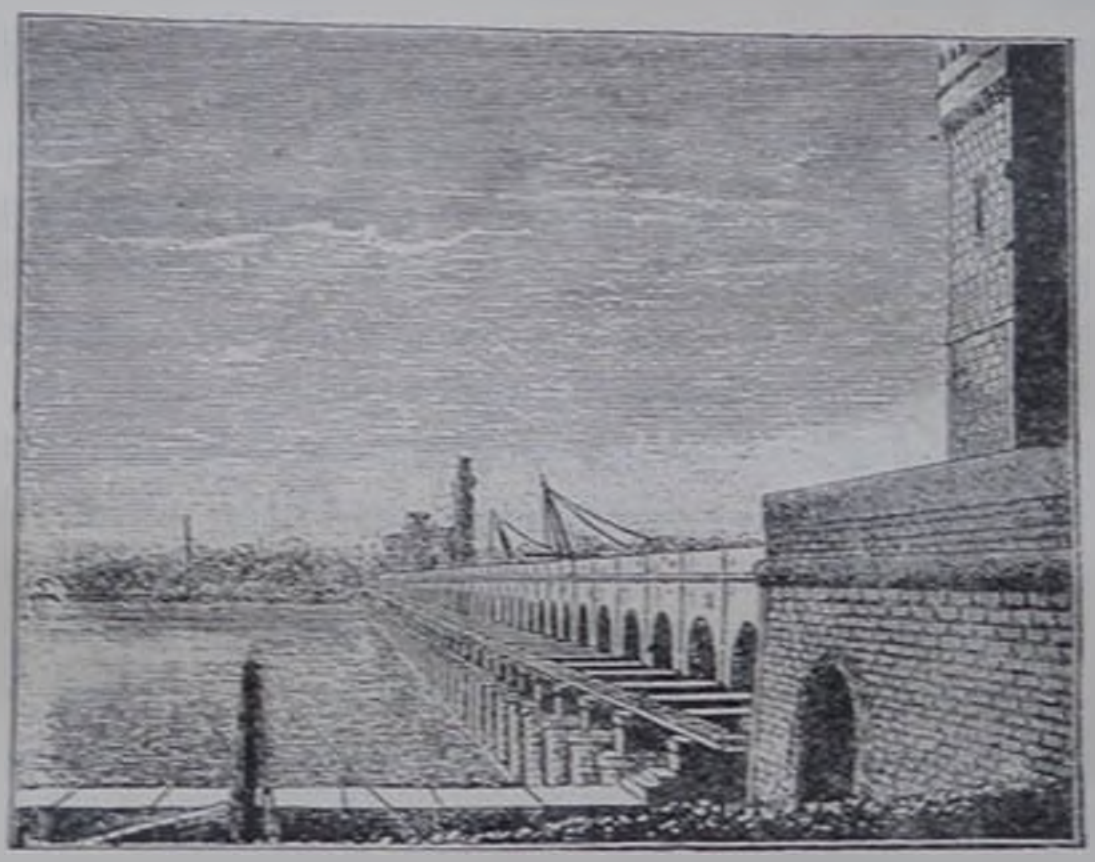
Если пролеты арокъ этихъ мостовъ закрыты шлюзами. или щитами. то, конечно, вода въ рѣкѣ будетъ подперта и наводнитъ всю долину. если не спустится по каналамъ, питаемымъ рѣкою, причемъ по сторонамъ она удерживается плотинами. устроенными для недопущенія наводненія всей страны. Такимъ образомъ, поднятая вода. направляемая тремя каналами. о которыхъ сказано выше, можетъ быть выпущена по усмотрѣнію въ какую угодно часть Нижняго Египта чрезъ отверстія. сдѣланныя въ банкетахъ каналовъ. Когда Нилъ начинаетъ подниматься. шлюзы въ аркахъ моста постепенно открываются, такъ что, къ наступленію наивысшаго половодія. вода не встрѣчаетъ никакого препятствія. кромѣ быковъ этихъ мостовъ. Этимъ способомъ можно управлять высотою воды по усмотрѣнію. увеличивать высоту слабыхъ наводненій и уменьшать нѣсколько силу большихъ наводненій, направляя воду въ три главные канала.

Г. Мужель. весьма талантливый французскій инженеръ. проектировалъ этотъ барражъ и выполнилъ его при весьма большихъ затрудненіяхъ.

Во время его отсутствія изъ Египта работы его были признаны не безопасными. и въ теченіе двадцати лѣтъ. отъ 1862 до 1882 г.. барражемъ вовсе не пользовались для поднятія нильской воды. хотя бы на часть предполагавшагося по проекту размѣра. Около 1882 г. инженеръ генералъ C. C. Scott Moncrieff принялъ завѣдываніе работами и съ тѣхъ поръ онъ такъ исправилъ и укрѣпилъ основанія барража. что барражъ выдерживаетъ теперь напоръ воды. о которомъ

никогда не мечтали до принятія Монкрифомъ на себя этихъ работъ. Достигнувъ такимъ образомъ успѣха въ исправленіи барража, генералъ Монкрифъ публично заявилъ самымъ великодушнымъ образомъ о большихъ заслугахъ г. Мужеля, первоначально проектировавшаго эти работы. Слѣдующее описаніе относится къ барражу въ томъ положеніи, въ которомъ онъ находился до производства работъ по укрѣпленію его основанія, произведенныхъ генераломъ Монкрифомъ.

Нильскіе барражи суть двѣ открытыя плотины, перекинутыя черезъ начало Розетскаго и Даміетскаго рукавовъ въ вершинѣ Нильской дельты. Изъ двухъ рукавовъ, чрезъ Розетскій во время половодья проходитъ вдвое болѣе воды, чѣмъ чрезъ Даміетскій, а ложе его на шесть фут. ниже. Даміетскій рукавъ питаетъ восемь большихъ каналовъ. Розетскій барражъ имѣетъ длину 1.437 фут., а Даміетскій 1.709 фут.



Черт. 35. — Видъ Нильскаго барража.

Оба барража соединены каменной набережной длиною 3.280 фут., въ срединѣ которой находится голова главнаго канала дельты. Полъ, или флютбетъ, Розетскаго барража расположенъ въ уровень со дномъ рѣки, находясь на 29.5 фут. выше средняго уровня моря. Ширина этого флютбета 151 фут., а толщина его 11.5 фут., и состоитъ онъ изъ бетона, покрытаго кирпичной и каменной кладкой, какъ показано на черт. 34.

Съ низовой стороны флютбета находится неправильный откосъ каменной наброски, выступающій впередъ мѣстами на 150, а мѣстами на 10 фут. и толщиною отъ пятидесяти до двухъ фут. Лѣвая половина флютбета расположена на пескѣ, а правая—на каменной наброскѣ, покрывающей песокъ.

Эта каменная набросна имѣетъ въ высоту тридцать футовъ, ширину 200 футовъ въ самомъ глубокомъ мѣстѣ и къ концамъ уменьшается до нуля. Она закрываетъ самое глубокое мѣсто рѣчного фарватера, и единственнымъ цементомъ этой наброски служитъ илъ, отлагаемый Ниломъ. Этотъ цементъ такъ хорошъ, что каменная запруда совершенно непроницаема для воды. На флютбетѣ устроенъ регуляціонный мостъ съ двумя шлюзами по концамъ для прохода судовъ.

Этотъ мостъ состоитъ изъ 61 пролета, каждый 16.4 фут. отверстіемъ. Шлюзъ на лѣвомъ концѣ имѣетъ отверстіе 39.4 фута, а шлюзъ на правомъ концѣ отверстіе 49.2 фут. Пятьдесятъ семь быковъ имѣютъ толщину 6.6 фут., а три толщину 11.6 фут. Высота быковъ 32.2 фута. Стѣны шлюза толщиною 9.8 фут. и 14.8 фут. На быкахъ покоятся арки, поддерживающія проѣзжую часть. Отверстіе, или живое сѣченіе, барража составляетъ 34.359 кв. фут., а расходъ воды въ половодье равенъ 225.000 куб. фут. въ секунду, причемъ сверху образуется подпоръ въ 0.8 фута.

Во время половодья 1867 г. изъ десяти отверстій Розетскаго барража осѣлъ на 0.4 фута, что произвело движеніе во всей верхней части какъ въ горизонтальномъ, такъ и въ вертикальномъ направленіи, и послѣ этого случая не было сдѣлано никакой попытки поднять такъ высоко воду до передѣлки основанія генераломъ Монкрифомъ.

Даміетскій барражъ имѣетъ десять пролетовъ въ 16.4 фута больше, чѣмъ Розетскій флютбетъ, и верхняя надстройка находится на томъ же уровнѣ и совершенно одинаковы.

Плотина Okhla на рѣкѣ Джумнѣ (черт. 39) есть лишь масса каменной наброски рѣшительно безъ всякаго фундамента и поддерживаетъ напоръ въ десять фут., причемъ давленіе воды на погонный футъ плотины относится къ вѣсу послѣдней на ту же единицу, какъ 3.125 къ 129.600, или какъ $\frac{1}{40}$. Нильскій песокъ гораздо мельче, чѣмъ песокъ Джумны, и потому тамъ требуется коэффиціентъ меньше.

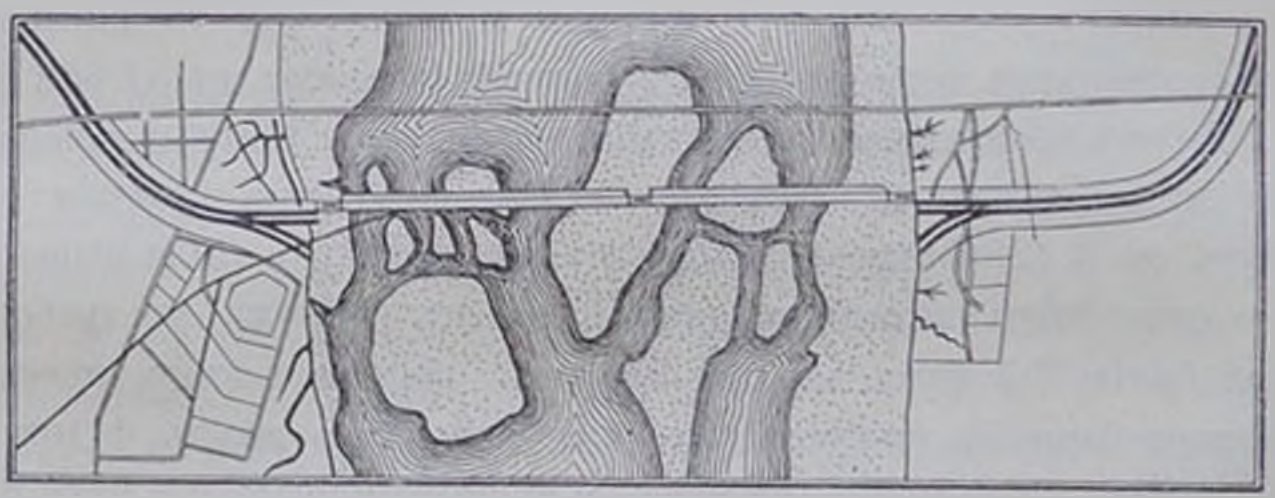
Разсматривая этотъ барражъ, какъ совершенно нерацiональную постройку въ отношенiи ея основанiя, и разсчитывая только на треніе, было рѣшено придать вѣсу погруженной каменной кладки величину въ пятьдесятъ разъ болѣе давленiя воды на плотину. Конечно, ключи могли вызвать легкую осадку въ нѣкоторыхъ частяхъ барража, но во всякомъ случаѣ онъ не могъ быть сдвинутъ въ цѣломъ. Давленiе воды на погонный футъ плотины, при напорѣ въ десять фут., составляетъ 3.125 англiйскихъ фунтовъ. Вѣсъ погруженной кладки первоначально устроеннаго флютбета равнялся 103.983 англ. фунт. на погонный футъ плотины. Слѣдовательно, коэффiцiентъ равнялся $\frac{1}{33}$. Чтобы это отношенiе довести до $\frac{1}{50}$, надо было откосу изъ накиднаго камня придать вездѣ 131 фут. ширины и десять фут. толщины, что, при погруженiи въ воду, дастъ на погонный футъ вѣсъ въ 51.668 фунтовъ. Такимъ образомъ погруженнымъ въ воду флютбету и каменному откосу придали полный вѣсъ въ 155.651 фунт. при давленiи воды на футъ въ 3.125 фунтовъ. Такъ какъ въ 1884 году была исполнена только одна треть каменнаго откоса, то отъ барража не требовали напора болѣе 7.2 фута, но при полномъ окончанiи этого откоса въ 1885 году барражъ поддерживалъ уже напоръ въ десять футовъ *).

Головныя сооруженiя каналовъ *Sone*, выведенныхъ изъ рѣки Sone, въ Индiи, показаны въ планѣ на черт. 36 и служатъ хорошими примѣрами головныхъ сооруженiй новѣйшаго канала, выведеннаго изъ рѣки въ равнинахъ Индiи и снабженнаго промывающими шлюзами и подвижными щитами.

Длина плотины между ея оконечностями на правомъ и на лѣвомъ берегу рѣки равна 12.550 фут., или 2.35 англiйск. мили, а гребень, или поверхность, ея лежитъ на восемь фут. выше дна рѣки. Такъ какъ выше этой плотины устроены головы двухъ каналовъ, одного на правомъ, а другого на лѣвомъ берегу, то на обѣихъ оконечностяхъ плотины расположены двѣ серiи промывныхъ шлюзовъ. Въ срединѣ плотинъ также устроены промывные шлюзы, чтобы лучше вліять на бытъ рѣки и чтобы содѣйствовать поддержанiю судоходнаго фарватера чрезъ всю ширину рѣки между судоходными шлюзами, расположенными близъ обѣихъ оконечностей плотины.

*) Irrigation in Lower Egypt, by M. W. Willcocks, въ томѣ 88 Transactions of the Institution of Civil Engineers.

Однако же, чрезъ нѣсколько лѣтъ опыта оказалось, что эти шлюзы не соотвѣтствовали этой цѣли. Плесъ рѣки выше плотины заносился такъ сильно, что когда въ немъ уровень воды былъ вровень съ поверхностью плотины, т. е. когда уровень этотъ предполагался на восемь футовъ выше первоначальнаго дна, то суда съ осадкой въ три фута съ большимъ трудомъ могли быть проведены поперекъ рѣки отъ одного канала до другого. Кромѣ того, образовались острова, возвышавшіеся отъ одного до двухъ фут. выше гребня плотины, и увеличивались каждый годъ. Чтобы облегчить судоходство и чтобы поднять уровень этого плеса, съ цѣлью получить большую глубину въ головныхъ шлюзахъ обоихъ каналовъ, рѣшено было устроить подвижную или



Черт. 36. — Головныя сооруженія каналовъ на рѣкѣ Sone.

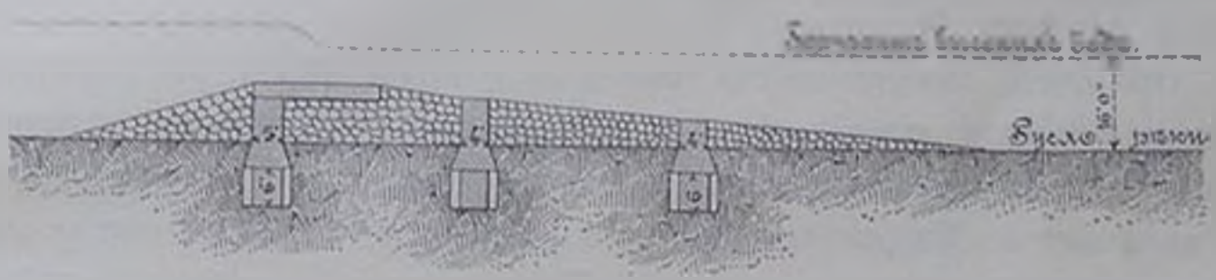
опускную плотину высотою два фута по всей длинѣ гребня плотины. Четыре человѣка могутъ поднять щиты, изъ которыхъ она состоитъ, почти съ такою же скоростью, съ какою они идутъ вдоль, когда вода, переливающаяся чрезъ гребень, не глубже шести или восьми дюймовъ.

Каждая серія промывныхъ шлюзовъ состоитъ изъ двадцати пяти подвижныхъ щитовъ, шириною каждый въ двадцать фут., такъ что каждый шлюзъ имѣетъ длину 500 фут. Устройства этихъ шлюзовъ объяснены въ статьѣ: *Шлюзы и разборчатыя плотины.*

До постройки этой плотины средняя глубина во время половодья была найдена въ 11,64 фута, а ширина между берегами 12.100 фут. Рѣка въ высокую воду поднимается на восемь съ половиною фут. выше гребня плотины, и расходъ ея въ это время составляетъ 750.000 куб. фут. Полковникъ Dickens опредѣлилъ расходъ въ половодье въ 1.026.000 куб. фут. въ секунду, но эта цифра пред-

ставляется слишкомъ высокою. Бассейнъ рѣки *Sone* составляетъ 23.000 квадратныхъ англійскихъ миль.

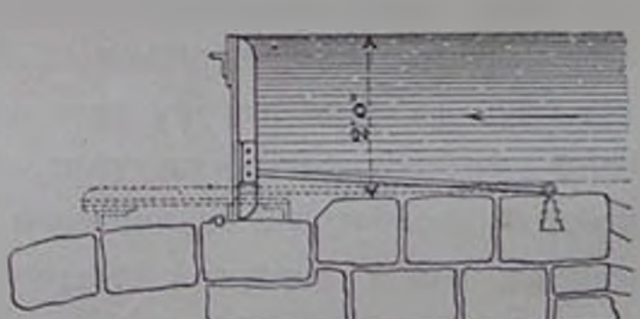
Плотина *Sone* состоитъ, главнымъ образомъ, изъ каменной наброски и въ поперечномъ сѣченіи похожа на профиль плотины *Okhla* (черт. 39), но отличается отъ послѣдней тѣмъ, что имѣетъ фундаменты для трехъ параллельныхъ каменныхъ стѣнъ, которыя прохо-



Черт. 37. — Плотина у Dehree Sone Canals.

дятъ чрезъ всю массу накиднаго камня отъ берега до берега и ограждаютъ эту наброску.

Огромный запасъ хорошаго камня какъ для наброски, такъ и для бутовой кладки имѣется въ каменоломняхъ, находящихся въ пяти миляхъ разстоянія. Рѣка *Sone* отличается отъ Гималайскихъ рѣкъ тѣмъ, что она ограждена прочными, неразмываемыми берегами, такъ что на концахъ плотины не требуется никакихъ важныхъ защитныхъ работъ. Три параллельныя стѣны плотины основаны на невысокихъ, пустыхъ массивахъ, опущенныхъ въ грунтъ помощью экскаватора Fouracre'a. Массивы эти имѣютъ весьма тонкія стѣны. Для массивовъ, имѣющихъ внутреннюю пустоту въ 6 фут., стѣны сложены въ одинъ кирпичъ; для массивовъ же шириною 14 фут. стѣны сдѣланы толщиною отъ полутора до двухъ кирпичей *).



Черт. 38. — Откидной щитъ на плотинѣ Sone Weir.

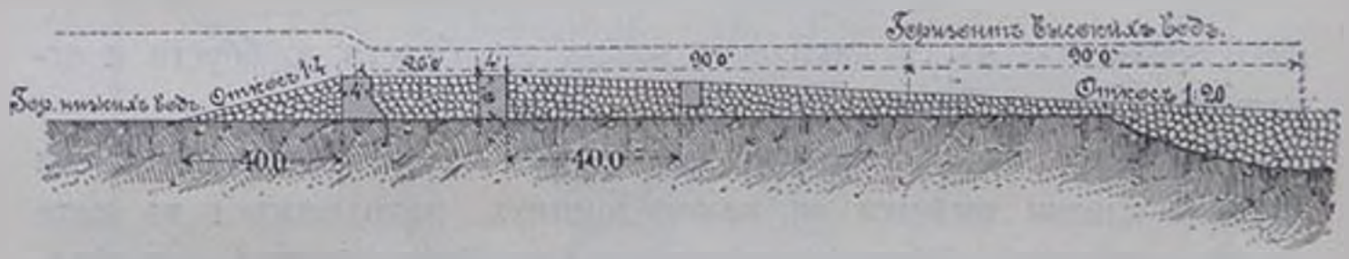
Въ отчетѣ о публичныхъ работахъ въ Бенгальскомъ президентствѣ за 1889—90 годъ говорится:

*) Indian Weirs, by Major A. M. Lang, R. E. Professional Papers of Indian Engineering. Томъ VI, вторая серія.

«Въ теченіе многихъ лѣтъ послѣ постройки плотины *Sone* возобновлявшіяся поврежденія въ быкахъ рѣчныхъ шлюзовъ, вслѣдствіе недостаточной прочности по первоначальному проекта, были источникомъ большихъ расходовъ на ихъ исправленія, а потому въ 1885 году было рѣшено перестроить ихъ по улучшенному проекту. Теперь работа эта исполнена».

Плотина Okhla на Агрскомъ каналѣ, въ Индіи, показана въ профили на черт. 39.

Это очень замѣчательная работа, въ которой инженеры Сѣверной Индіи оставили далеко за собой Мадрасскихъ инженеровъ, отличающихся весьма неглубокимъ заложеніемъ основаній своихъ плотинъ, что и называется «Мадрасской системой». Въ плотинѣ *Okhla*, можно сказать, вовсе не имѣется основанія. При закладкѣ ея принята отмѣтка

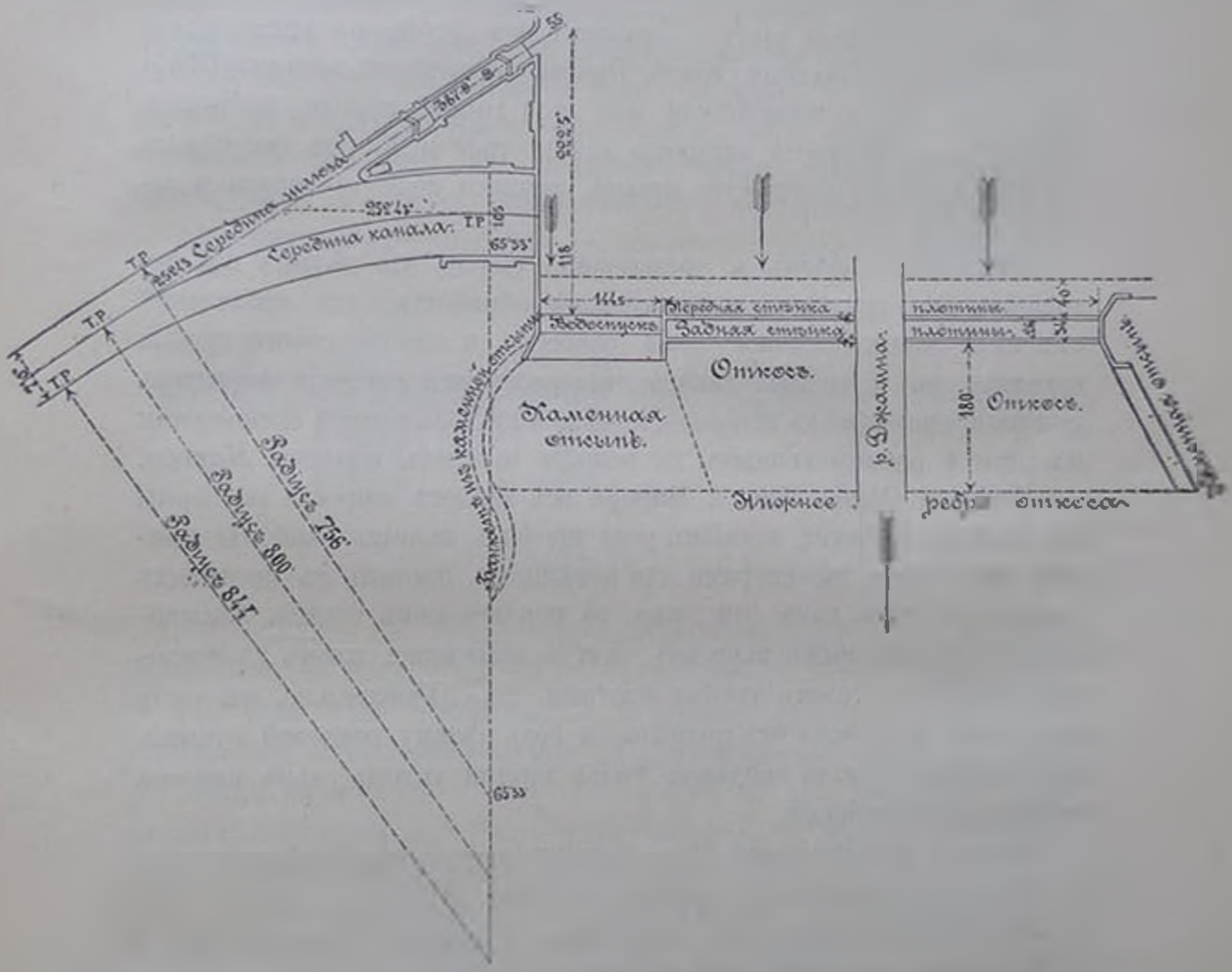


Черт. 39. — Плотина Okhla на Агрскомъ каналѣ.

649 фут. надъ среднимъ уровнемъ моря въ Куррачи, и на этой высотѣ вырыта траншея длиною 2.138 фут. поперекъ сухого песчанаго дна рѣки Джумны, восемь миль ниже Дели. Въ этой траншеѣ зимою 1869—1870 г. построена стѣна, четыре фута толщиною и пять фут. высотой, изъ бутовой кварцитовой каменной кладки на цементѣ. Впереди ея, или у верховой стороны, сдѣлана изъ того же камня наброской отсыпь въ 5 фут. шириною, а съ низовой стороны такая же отсыпь шириною 100 фут. Высокія воды 1870 г. прошли чрезъ плотину въ такомъ видѣ, причемъ она осталась неповрежденной. Въ слѣдующую зиму стѣна эта была поднята на полную ея высоту въ 9 фут., а низовая отсыпь уширена до 180 фут. Высокія воды 1871 г. переливались чрезъ эту плотину слоемъ въ $5^1/_2$ фут. толщиною, при расходѣ въ 1.000.000 куб. фут. въ секунду, но при этомъ часть протока съ расходомъ около 40.000 куб. фут. въ секунду бросилась къ насыпи лѣваго берега и залила большую площадь прилежащей страны. При этомъ наибольшая скорость опредѣлена была въ 18,6 ф. въ секунду въ разстояніи сорока двухъ фут. ниже гребня плотины.

Камень былъ унесенъ съ отсыпи, и глубокія ямы, или воронки, глубиной двадцать фут., были вырыты съ низовой стороны плотины.

Въ слѣдующую зиму 1871—72 г. насыпи вездѣ были подняты и укрѣплены, а для засыпки ямъ, вырытыхъ за откосами, употребили 1.000.000 куб. футовъ камня.



Черт. 40. — Плотина Okhla.

Въ 1872—73 г. была возведена вторая, такъ сказать, коренная стѣна плотины, параллельная первой и на тридцать футовъ впереди. Она имѣетъ высоту девять футовъ, а пространство между этими двумя стѣнами заполнено каменной наброской. Наконецъ, третья стѣна, толщиною четыре фута и четыре фута въ глубину, была вдѣлана въ ка-

менную наброску въ сорока футахъ ниже нижней стѣны. Это остановило всякое движеніе въ верхней части откоса. Эта послѣдняя стѣна расположена на линіи наибольшей скорости теченія чрезъ плотину во время половодья.

Въ мартѣ 1871 года каналъ былъ открытъ. Полное количество камня, употребленнаго для постройки плотины, составляетъ 4.660.000 куб. футовъ. Камень этотъ — кварцитъ изъ Делійскаго кряжа и его отвѣтвленій въ окрестной странѣ. Правая оконечность плотины *Okhla* примыкаетъ къ возвышенности изъ этой горной породы, которая и доставила такую массу матеріала для постройки. Камень заключаетъ въ себѣ большое количество кварца, немного полеваго шпата и закиси желѣза.

Онъ очень проченъ и чрезвычайно твердъ, что дѣлаетъ его негоднымъ (по трудности и дороговизнѣ обработки) для правильной каменной кладки. Рѣчное ложе занесено иломъ до самого гребня плотины, но у головы канала поддерживается глубокій фарватеръ помощью промывныхъ шлюзовъ, помѣщенныхъ на правой оконечности плотины и расположенныхъ на подобіе шлюзовъ плотины *Нарора*.

Плотины *Okhla*, *Sone* и Нарора всѣ имѣютъ широкія рисбермы изъ накиднаго камня, и такого рода профиль кажется наиболѣе принята индійскими инженерами для новѣйшихъ плотинъ въ песчаныхъ ложахъ. Но такъ какъ эти ложа, за исключеніемъ частей, ближайшихъ къ промывнымъ шлюзамъ, всегда заносились иломъ съ верховой стороны до самого гребня плотины, то, слѣдовательно, эта часть сооруженія безопасна отъ подмыва, и вотъ почему верховой отсыпи, или рисбермѣ, всегда придаютъ болѣе крутой уклонъ, чѣмъ низовой отсыпи, или рисбермѣ.

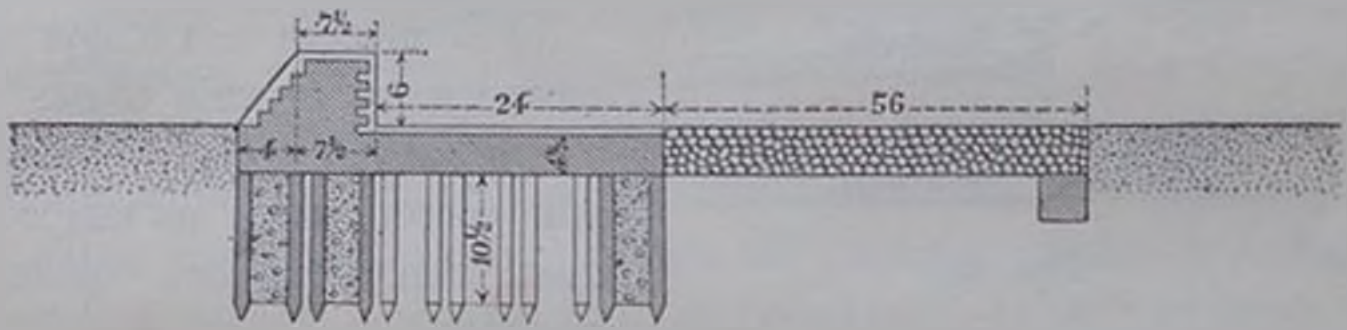
Плотина, или *аникутъ*, Streevigunтum чрезъ рѣку Tambrapoorney, въ Мадрасѣ, показана въ профили на черт. 41.

Эта плотина такого же типа, какъ и плотина *Narora*, хотя и въ меньшемъ масштабѣ. Она не имѣетъ, однако, водянаго тюфяка, между тѣмъ какъ въ плотинѣ *Narora* есть водяной тюфякъ въ три фута глубины при низкомъ стояніи воды. Промывные шлюза ея, какъ и въ большей части старыхъ плотинъ въ Мадрасскомъ президентствѣ, имѣютъ очень малыя отверстія, а именно: въ ней всего девять пролетовъ, и каждый пролетъ имѣетъ всего 4 фута ширины и девять футовъ высоты. Эти малые пролеты, конечно, не могутъ про-

являть такого промывающаго дѣйствія, какъ широкіе пролеты, употребляемые въ Сѣверной Индіи.

Плотина *Streeviguntum* имѣетъ длину 1.380 фут. между береговыми стѣнами и поднята на шесть футовъ выше средняго уровня глубокаго дна рѣки, а ширина ея у гребня — семь съ половиной футовъ. У плотины этой верховой откосъ имѣетъ уклонъ $^1/_2$: 1, а на низовой сторонѣ отвѣсный уступъ, оканчивающійся на горизонтальной рисбермѣ изъ тесанаго камня, шириною въ 24 фута и толщиною въ $4^1/_2$ фута. Кромѣ того, имѣется еще продолженіе горизонтальной рисбермы изъ накиднаго камня, такой же толщины при ширинѣ 36 футовъ, оканчивающейся поддерживающей стѣной.

Основаніе всего сооруженія, со включеніемъ рисбермы изъ тесанаго



Черт. 41. — Аникутъ Streeviguntum.

камня, состоитъ изъ кирпичной кладки, опирающейся на колодцы, опущенные въ песокъ на десять съ половиной футовъ, и поднятой на $4^1/_2$ фута надъ поверхностью колодцевъ, считая въ томъ числѣ и облицовку изъ тесанаго камня. Поддерживающая стѣна построена изъ камня на извести и опирается также на рядъ колодцевъ, опущенныхъ въ грунтъ на ту же глубину—десять съ половиной футовъ. Тѣло плотины, или аникута, состоитъ изъ кирпичной кладки на извести, вездѣ облицованной тесанымъ камнемъ, и оканчивается съ обѣихъ сторонъ промывными шлюзами для пропуска песка и воды.

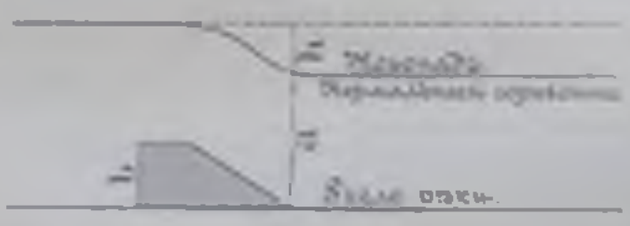
Плотина *Narora* на Нижнемъ Гангесскомъ каналѣ, въ Индіи, показана въ поперечномъ разрѣзѣ на черт. 43. Этотъ каналъ снабжается водою изъ Ганга. Это одна изъ новѣйшихъ и замѣчательнѣйшихъ плотинъ, построенныхъ чрезъ широкія песчаныя ложа, и, по значительности наводковъ, по песчаному свойству дна рѣки и отсутствію на мѣстѣ подходящаго матеріала для такого сооруженія, трудности при ея постройкѣ были весьма значительны.

Собственно плотина представляетъ прочную стѣну изъ кирпичной кладки 3.700 фут. въ длину. Полъ, или флютбетъ ея, состоитъ внизу изъ бетона, толщиною три фута, покрытаго слоемъ кирпичной кладки въ одинъ футъ толщиною и, сверхъ того, еще облицовкой изъ тесанаго песчаника толщиною также въ одинъ футъ.

Откосъ позади плотины состоитъ изъ большихъ кусковъ известняка, привозимаго изъ карьеръ, находящихся въ тридцати миляхъ разстоянія.

Съ верховой стороны плотина защищена откосомъ изъ глины, покрытымъ сверху тѣмъ же известнякомъ.

Длина плотины была опредѣлена инженеръ-маіоромъ Jeffreys въ 4.000 фут., на основаніи слѣдующихъ данныхъ (см. черт. 42):



Черт. 42.

h = подпору = 1.5 фут. при наивысшемъ стояніи воды;

$(a - b) = 6$ фут. — наивысшій уровень воды въ половодье надъ порогомъ, или гребнемъ плотины;

Q = наибольшій расходъ воды, протекающей чрезъ плотину въ секунду, и равный 200.000 куб. фут. въ секунду;

l = длинѣ гребня плотины въ футахъ;

$a = 6$ фут. въ секунду = скорости воды на поверхности при приближеніи ея къ плотинѣ.

Если вставить эти шифры въ формулу D'Aubuisson'a, то получимъ:

$$Q = 3{,}49\, lh\, \sqrt{h + 0{,}035\, a^2} + 4{,}97\, l\, (a - b)\, \sqrt{h + 0{,}01\, a^2}.$$

Произведя вычисленіе, получимъ для длины l плотины—3.776 фут.

Инженеръ-полковникъ Brownlow, разсматривавшій проектъ этой плотины, не одобряя уменьшенія длины ея, предложеннаго инженеръ-маіоромъ Джеффрейсомъ, доказываетъ, что расходъ воды въ этомъ случаѣ можно ожидать больше указаннаго, а именно до 230.000 куб. фут., и что, принимая во вниманіе мѣстныя условія, легкій и рыхлый характеръ грунта и незначительное возвышеніе гребня, раздѣляющаго настоящій тальвегъ рѣки отъ широкой и параллельной ему ложбины, было бы весьма опасно сокращать длину плотины и, слѣдовательно, повышать уровень воды въ половодье.

Полковникъ Brownlow, въ своемъ докладѣ объ этомъ проектѣ, представилъ и другія критическія соображенія, основываясь на опытѣ постройки плотины *Okhla*. Главнѣйшія изъ этихъ соображеній приведены ниже въ краткомъ изложеніи.

По мнѣнію его, во-первыхъ, опытъ постройки плотинъ въ Верхней Индіи указываетъ, что вездѣ, гдѣ скорость потока значительно увеличена сооруженіемъ чрезъ него преграды (плотины), ниже ея непремѣнно происходило углубленіе ложа и, во-вторыхъ, что фильтрація всегда происходила чрезъ песчаное ложе рѣки, если плотина имѣетъ неглубокое основаніе. Такъ, углубленіе ложа замѣчено на всѣхъ рѣкахъ, чрезъ которыя построены плотины канала Восточной Джумны, и въ томъ числѣ на плотинѣ *Okhla*.

Этотъ фактъ уже достаточно говоритъ противъ предложеннаго сокращенія длины плотины *Narora*, такъ какъ, по сооруженіи ея, значительно увеличится скорость при наводкахъ, а потому надо ожидать и углубленія дна за плотиной, и образованія глубокихъ ямъ на оконечности отсыпи изъ каменной наброски.

При постройкѣ плотины *Okhla*, какъ сказано выше, образовались послѣ половодья воронки глубиною до 20 фут., но въ то время, какъ тамъ для заполненія ея имѣлась масса каменнаго матеріала подъ рукою, въ мѣстности около *Narora* нѣтъ ничего подобнаго, и приходилось бы пользоваться скудными запасами камня, привозимаго издалека, или же прибѣгнуть для этого къ употребленію бетонныхъ массивовъ. Въ этомъ послѣднемъ случаѣ рядъ глубокихъ массивовъ, поддержанныхъ остатками каменной наброски и расположенныхъ поперекъ рѣки, представлялъ бы надежную защиту противъ углубленія ложа ниже плотины и обезпечилъ бы сооруженіе, пока заготовляли бы необходимый матеріалъ. Между тѣмъ сооруженіе на неглубокомъ фундаментѣ подверглось бы въ этомъ случаѣ риску быть подмытымъ и разрушеннымъ.

Ссылаясь на примѣръ плотины *Okhla*, говорили, что тамъ, и при неглубокомъ заложеніи основанія, не замѣчали особенной фильтраціи и что поэтому нечего опасаться послѣдней, и что рядъ глубокихъ массивовъ подъ плотиной все же не можетъ быть сдѣланъ вполнѣ непроницаемымъ для воды. Противъ этого можно сказать, что лучше оградить отъ фильтраціи $\frac{99}{100}$ площади, чрезъ которую

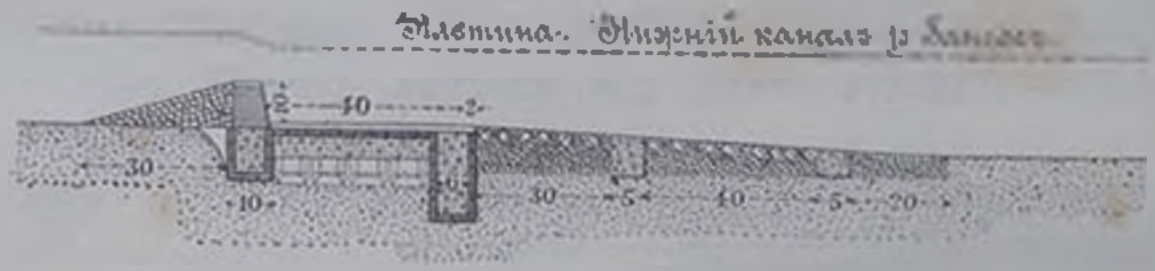
она можетъ происходить, чѣмъ оставить ее вовсе безъ огражденія, потому только, что ее нельзя сдѣлать вполнѣ непроницаемой для воды. Несмотря на расходы, которые требуются для сооруженія, по возможности, непроницаемой плотины, все же на обязанности строителей лежитъ забота о томъ, чтобы, по возможности, ни одна капля рѣчной воды не пропадала во время низкаго ея стоянія, когда, вслѣдствіе засухи, представляется наибольшая надобность въ ирригаціонной водѣ.

Поэтому г. Brownlow предложилъ помѣстить линію глубокихъ массивовъ подъ концомъ каменной рисбермы, которою они будутъ достаточно предохранены отъ дѣйствія теченія и которые, съ другой стороны, обезпечатъ сооруженіе отъ дѣйствительной опасности быть подмытымъ вслѣдствіе углубленія ложа съ низовой стороны плотины. Подъ главной же передовой стѣной плотины г. Brownlow допускалъ помѣщеніе ряда менѣе глубокихъ массивовъ, потому что они защищены сверху каменными флютбетами, съ низовой стороны — рядомъ глубокихъ массивовъ, а съ верховой стороны — присыпкой къ лицу плотины каменной наброски и, наконецъ, песчаными наносами. Хотя при этомъ скорость воды выше плотины вполнѣ достаточна для того, чтобы размывать дно и уносить песокъ, тѣмъ не менѣе, какъ доказали опыты въ *Okhla*, она недостаточна для того, чтобы уносить матеріалы каменной наброски позади плотины.

Какъ можно думать, вслѣдствіе такихъ замѣчаній г. Brownlow, плотинѣ *Narora* окончательно придана слѣдующая конструкція. Чтобы скрѣпить каменную наброску, составляющую рисберму, съ низовой стороны каменнаго флютбета наброска эта прорѣзана отъ берега до берега прочными бетонными стѣнами, расположенными въ разстояніи между ними въ 30 и въ 10 фут., какъ показано на черт. 13. Такое расположеніе принято было и при сооруженіи плотины *Okhla*, гдѣ третья бетонная стѣна, въ четыре фута въ квадратѣ, была признана необходимой для того, чтобы удерживать движеніе камней въ верховой части каменной наброски, хотя она и не входила въ первоначальный проектъ.

Поверхность флютбета изъ тесанаго камня, равно какъ и полъ промывного шлюза находятся на три фута ниже уровня низкой воды, а такъ какъ флютбетъ имѣетъ въ толщину пять футовъ, то для закладки его пришлось произвести отрывку до глубины восьми фу-

тонъ ниже низкой воды. Для этого верховой рядъ массивовъ и низовой рядъ колодцевъ были сперва опущены на полную глубину и заполнены бетономъ. Это было сдѣлано наполненіемъ гидравлическимъ цементомъ внутренности какъ массивовъ, такъ и колодцевъ на высоту одного или двухъ футовъ, причемъ цементъ опускался въ корзинахъ. Когда цементъ окрѣпъ и образовалъ внизу непроницаемую пробку или дно, тогда изъ внутренности массивовъ и колодцевъ выкачивали воду. Затѣмъ въ нихъ погружали бетонъ слоями и утрамбовывали. Промежутки между каждой парой смежныхъ колодцевъ или массивовъ замыкались деревянными сваями, а промежутки между колодцами



Черт. 43. — Плотина Нарора, нижній каналъ рѣки Гангеса.

и сваями очищались отъ песка и тоже заполнялись бетономъ. Кромѣ того, верховой рядъ массивовъ забивался еще мятой глиной.

Затѣмъ пространство, шириною въ тридцать три фута, между верховымъ рядомъ массивовъ и низовымъ рядомъ колодцевъ было раздѣлено на участки, около сорока футовъ въ длину, посредствомъ поперечныхъ рядовъ низкихъ или мелкихъ массивовъ, опущенныхъ въ песокъ, наполненныхъ бетономъ и соединенныхъ между собою, какъ сказано выше.

Такимъ способомъ образовались большія перемычки, внутри которыхъ была произведена выемка на восемь футовъ ниже уровня низкой воды, и изъ нихъ была выкачена вода насосами Гвинна такъ, чтобы можно было образовать на днѣ слои бетона въ три фута толщиной. На этомъ бетонѣ положенъ слой кирпичной кладки въ одинъ футъ толщиной и, наконецъ, поверхъ всего положенъ рядъ изъ тесанаго песчаника въ одинъ футъ толщиной.

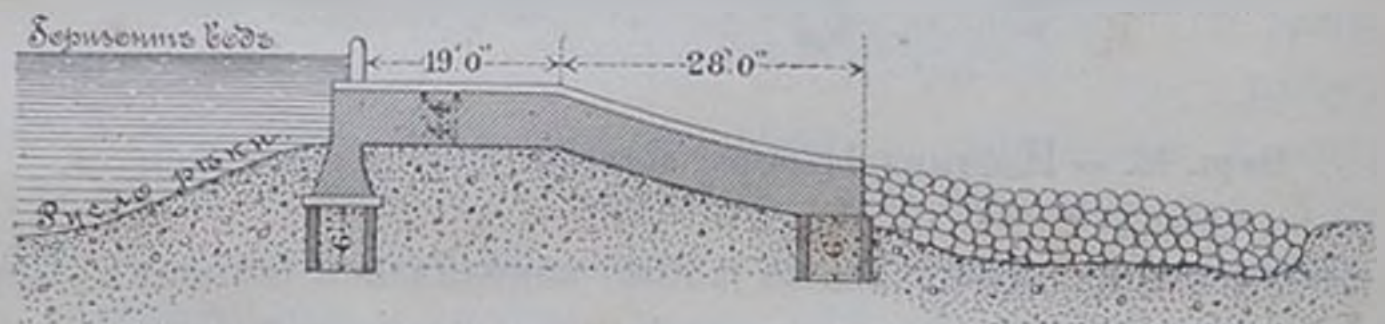
Промывные шлюза изъ 12 пролетовъ, каждый отверстіемъ въ семь футовъ, находятся на правой окопечности плотины, для того чтобы поддерживать требуемую глубину предъ фронтомъ непосредственно прилегающаго здѣсь водопріемнаго шлюза канала или регулятора.

Полъ, или флютбетъ, этого послѣдняго расположенъ на три фута выше пола промывныхъ шлюзовъ, что даетъ возможность слою въ три фута рѣчной воды, наиболѣе насыщенной пескомъ, проходить противъ регулятора, не входя въ самый каналъ.

Гребень, или порогъ, плотины находится на семь футовъ выше уровня низкой воды, и на этой самой высотѣ находится полъ водопріемнаго шлюза канала, такъ что въ каналъ всегда можетъ входить слой воды глубиною въ семь футовъ *).

Участокъ плотины, или аникута, рѣки Годавери чрезъ одинъ изъ его рукавовъ (Dowlaisworam Branch) показанъ въ поперечномъ сѣченіи на черт. 44.

Полная длина этого аникута между крайними его точками 20.570 фут. Аникутъ этотъ, или плотина, состоитъ изъ четырехъ



Черт. 44. — Аникутъ Годавери.

участковъ, раздѣленныхъ островами, такъ что полная длина всѣхъ четырехъ участковъ составляетъ 11.866 фут.

Самый длинный изъ этихъ участковъ называется Dowlaisworam, а сообщаемое ниже описаніе его заимствовано изъ сочиненія полковника Baird Smith'a подъ заглавіемъ «Irrigation in Southern India».

Русло рѣки Годавери вполнѣ песчаное, и въ этомъ грунтѣ заложено все основаніе плотины. Первый участокъ, начинающійся у восточнаго или лѣваго берега рѣки, чрезъ рукавъ Dowlaisworam, и есть аникутъ этого имени. Полная длина его — 1.872 фута. Тѣло плотины состоитъ изъ каменной кладки, возведенной на переднемъ и на заднемъ рядахъ колодцевъ, изъ которыхъ каждый имѣетъ въ діаметрѣ шесть фут. и опущенъ въ дно на шесть фут. Каменная кладка, образующая плотину, состоитъ:

*) Indian Woirs, by Major A. M. Lang. Professional Papers on Indian Engineering, томъ VI, вторая серія.

1) Изъ передовой стѣны, идущей чрезъ весь рукавъ, высотою семь фут., толщиною вверху четыре фута съ уширеніями въ одинъ футъ съ каждой стороны для того, чтобы покрыть верхнюю часть всѣхъ колодцевъ, на которыхъ основана стѣна. Вверху толщина стѣны всего три фута.

2) Изъ горизонтальнаго поля, или флотбета, шириною девятнадцать фут. и толщиною четыре фута.

3) Изъ каменнаго водослива, имѣющаго въ поперечномъ разрѣзѣ форму обратной дуги круга, но такой пологой, что практически ее можно считать наклонной плоскостью. Ширина этого водослива двадцать восемь фут., а толщина четыре фута. Горизонтальный флотбетъ и дугообразный водосливъ покрыты сплошь слоемъ плотно соединенныхъ скобами тесаныхъ камней, для предохраненія этихъ частей отъ дѣйствія воды.

4) Изъ рисбермы изъ накиднаго камня самыхъ большихъ размѣровъ, составляющей продолженіе водослива и продолжающейся на 70 или 80 фут. внизъ по теченію. На черт. 14 рисберма эта не изображена въ полной длинѣ, но теперь она продолжена до 150 фут. и на концѣ закрѣплена стѣной изъ каменной кладки.

Рисберма защищаетъ низовую часть плотины противъ размывающаго дѣйствія воды, переливающейся чрезъ плотину. Какъ видно, плотина покоится вся на возвышенномъ ложѣ обыкновеннаго рѣчного песка, и не принято никакихъ другихъ мѣръ для укрѣпленія основанія. На лѣвой оконечности плотины расположены всѣ головныя сооруженія, а именно: камерный шлюзъ для проводки судовъ, головной или водопріемный шлюзъ ирригаціоннаго канала и промывной шлюзъ для поддержанія глубины предъ входомъ въ регуляторъ.

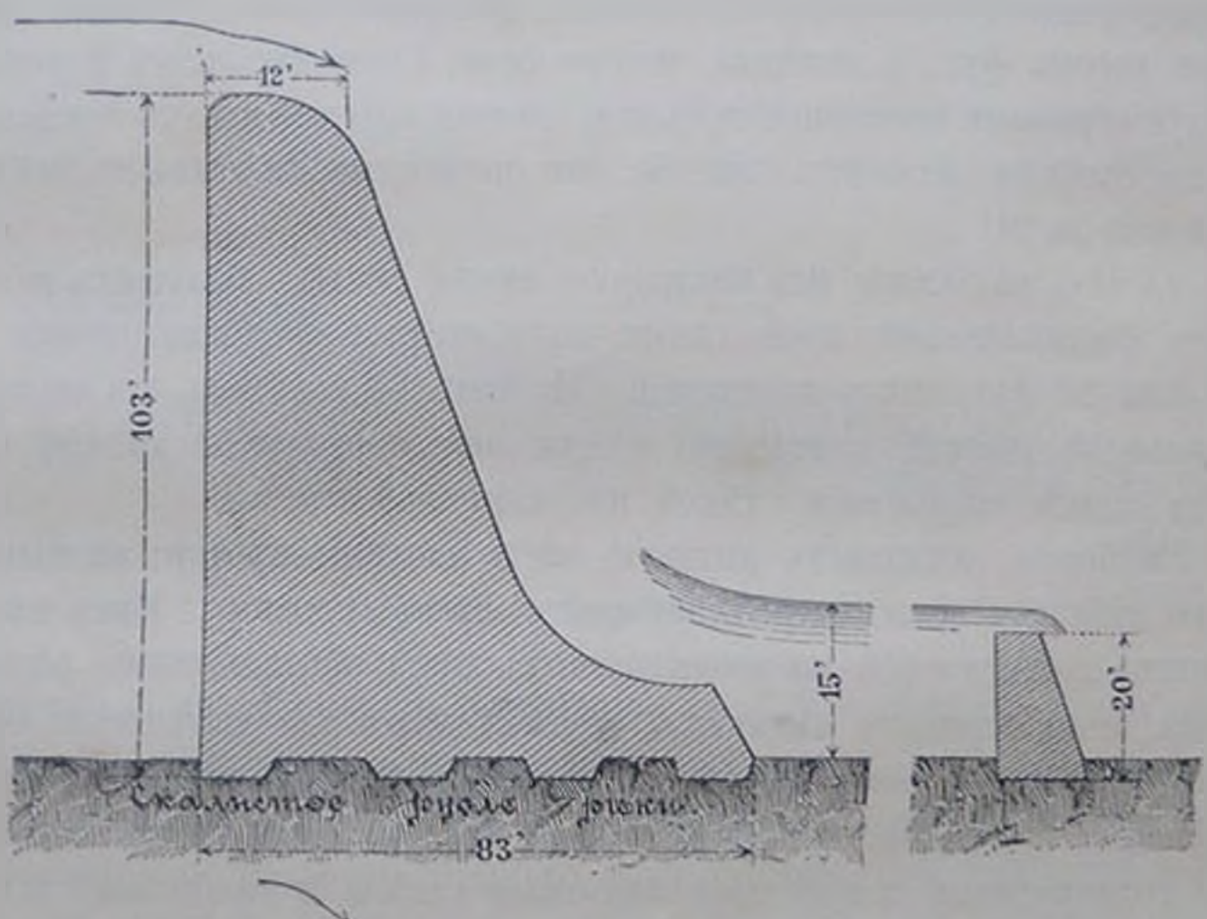
На черт. 15 показанъ разрѣзъ плотины Turlock, въ Калифорніи, чрезъ рѣку Tuolumne. Первоначальный проектъ этой плотины сдѣлалъ г. Luther Wagoner, но водяной тюфякъ позади былъ прибавленъ г. Barton, нынѣ главнымъ инженеромъ Терлокскаго ирригаціоннаго округа. Здѣсь высокая вода переливается чрезъ плотину. Вторая низкая плотина, съ низовой стороны, подпираетъ воду и образуетъ водяной тюфякъ, который принимаетъ на себя ударъ высокой воды, когда она переливается чрезъ главную плотину.

Водяные тюфяки найдены въ Индіи наилучшимъ способомъ защиты рѣчного ложа отъ размыванія, производимаго низпадающею во-

дою. Длина плотины наверху 330 фут., наибольшая высота отъ фундамента 108 фут. и наибольшая высота перепадающей воды 98 фут. Толщина ея внизу 83 фута, а наибольшее на нее давленіе 6,3 тонны на одинъ квадратный футъ.

Плотина имѣетъ въ планѣ форму дуги круга, обращенной выпуклостью къ верховой сторонѣ радіусомъ въ 300 фут. при углѣ въ центрѣ 60°. Дно и берега рѣки состояли изъ метаморфической скалы необыкновенной твердости.

При разборкѣ старой плотины, бывшей близъ того мѣста, гдѣ воз-



Черт. 45. — Поперечное сѣченіе плотины Turlock.

ведена новая, изслѣдованіе скалистаго дна, на которое падала вода чрезъ эту плотину съ высоты отъ десяти до тридцати фут. въ теченіе восемнадцати лѣтъ, показало, что въ мѣстѣ этомъ почти не замѣчено никакого разрушенія. Самая высокая вода, протекавшая чрезъ эту плотину и бывшая въ 1862 году, составляла 130.000 куб. фут. въ секунду.

Вторая плотина расположена на 200 фут. ниже главной. Она имѣетъ длину по гребню ея 120 фут., толщину 12 фут. и наибольшую высоту 20 фут. Она подпираетъ воду на глубину 15 фут. у

вершины кривой главной плотины и образуетъ водяной тюфякъ этой глубины.

Весь объемъ плотины составляетъ 33.000 куб. ярдовъ.

Отвѣсная низовая поверхность плотины съ водянымъ тюфякомъ внизу предпочитается въ Индіи наклоннымъ или криволинейнымъ низовымъ поверхностямъ плотинъ, чрезъ которыя протекаетъ вода. Въ отношеніи устойчивости, чтобы противостоять давленію воды, плотины съ криволинейными низовыми поверхностями, какія строятся во Франціи при резервуарахъ болѣе подходящи, но для того, чтобы избѣгнуть разрушающаго дѣйствія протекающей воды на криволинейный водоспускъ, цѣлесообразнѣе вертикальная стѣна съ водянымъ тюфякомъ внизу.

Въ Сѣверной Индіи на капалахъ можно найти много примѣровъ вертикальныхъ стѣнъ, между прочимъ, на двухъ большихъ и новѣйшихъ работахъ—плотинахъ *Bhim Tal* и *Betwa*. Конечно, въ новѣйшихъ работахъ можно также найти примѣры плотинъ, чрезъ которыя переливается вода и которыя имѣютъ криволинейную низовую поверхность, какъ, напримѣръ, плотина *Vyrnwy* на Ливерпульскомъ водоснабженіи и бетонная плотина для Geelong'скаго водоснабженія въ Австраліи.

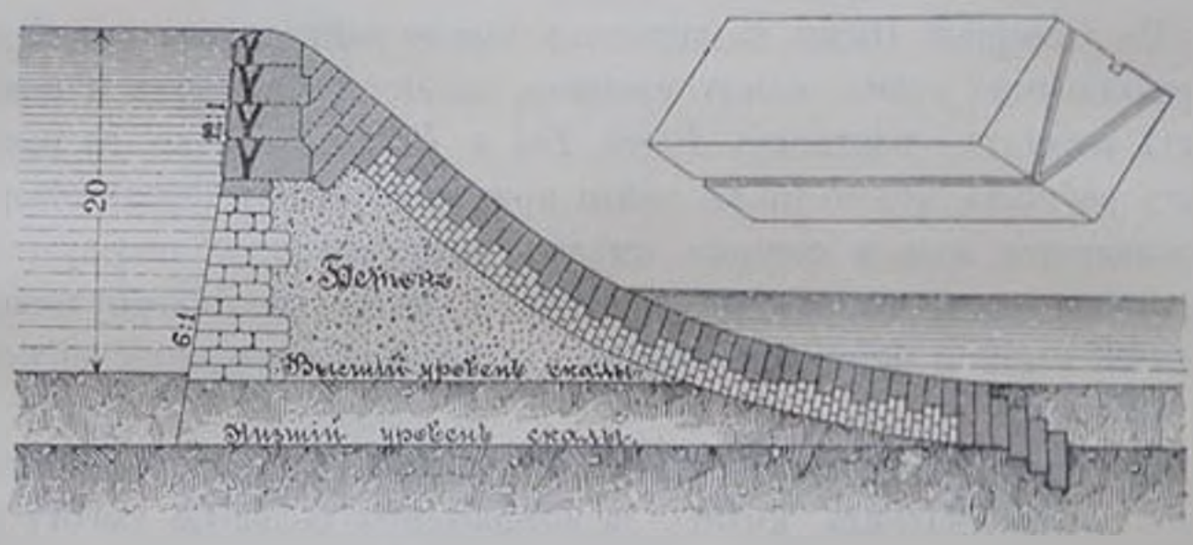
Плотина, устроенная на рѣкѣ *Lozoya*, въ Испаніи, для снабженія водою города Мадрида, имѣетъ необыкновенно большую высоту паденія воды, именно 105 фут. Низовая поверхность ея, по которой стекаетъ вода, не вертикальна, но имѣетъ небольшой уклонъ, достигаемый расположенными здѣсь уступами. Но, въ высокую воду, теченіе перекатывается чрезъ эту грань, вовсе не касаясь ея. Во время половодья, когда резервуаръ переполненъ, весь расходъ рѣки переливается чрезъ гребень плотины непрерывною скатертью. У плотины этой нѣтъ водянаго тюфяка: она выстроена изъ правильной каменной кладки рядами, чего нельзя рекомендовать для такого сооруженія. Бутовая кладка безъ соблюденія рядовъ, или циклопическая кладка, болѣе соотвѣтствуетъ постройкѣ плотинъ, потому что менѣе вѣроятія для фильтраціи проникнуть чрезъ ломаные швы, чѣмъ чрезъ горизонтальные швы правильной кладки рядами.

На черт. 46 представленъ поперечный разрѣзъ плотины *Хенарес* на рѣкѣ того же имени въ Испаніи, устроенной для Хенаресскаго капала. Каменная работа этого сооруженія во всѣхъ отношеніяхъ

образцовая. Но въ отношеніи ея проектнаго профиля въ Индіи какъ для всякой каменной плотины, предпочли бы вертикальную стѣну съ водянымъ тюфякомъ.

Тамъ, гдѣ Хенарескій каналъ выведенъ изъ рѣки, ложе ея состоитъ изъ плотной глинистой скалы съ прослойками конгломерата, которую надо было разработать взрывами для заложенія основанія плотины. Плотина имѣетъ по гребню 390 футовъ длины и криволинейную форму въ планѣ. Кривая эта имѣетъ хорду косвенную къ теченію рѣки и образована двумя дугами круга, изъ которыхъ одна имѣетъ радіусъ въ 198,5 фута, а другая, болѣе пологая, радіусъ

Черт. 47.



Черт. 46. – Плотина канала Хенаресъ.

въ 397 фут., и такъ расположена, что ея послѣдній элементъ касателенъ къ оси канала. Она поднимаетъ воду на 20 фут. Толщина ея у вершины 3.14 фут., а на уровнѣ рѣчного дна—15,8 фут. Такъ какъ, однако, это дно весьма неровно, то для того, чтобы дать упоръ низовому водосливу, облицовочные камни нижней ея части расположены ступенями, опущенными въ скалу на три фута, и залиты цементомъ.

Вся масса плотины образована изъ гидравлическаго бетона, а низовая криволинейная поверхность ея одѣта тесаными камнями, которые въ каждомъ пятомъ ряду опущены на три фута въ бетонъ для надлежащей связи. При работѣ этой было обращено много вниманія на устраненіе фильтраціи. Для этого въ скалѣ была вырыта канава по длинѣ всей оси плотины и въ эту канаву подняты камни,

на половину входящіе въ бетонный массивъ плотины. Въ каждомъ вертикальномъ швѣ этихъ камней былъ вытесанъ пазъ глубиною въ одинъ дюймъ. Камни были залиты въ скалѣ цементомъ, и всѣ вертикальные швы также залиты чистымъ цементомъ.

Послѣ этого бетонъ, окружающій ихъ, былъ тщательно утрамбованъ, и такимъ образомъ получился водонепроницаемый шовъ въ плоскости соприкосновенія плотины съ грунтомъ. Съ тою же цѣлью въ боковыхъ граняхъ камней четырехъ верхнихъ рядовъ, составляющихъ облицовку верховой грани плотины, вытесаны пазы въ видѣ буквы V. какъ показано на черт. 46. а на нижней и верхней ихъ плоскости были также вытесаны горизонтальные пазы. соотвѣтствующіе основанію буквы V. какъ видно на черт. 47. Когда камни эти укладывались на свои мѣста, то во всей облицовкѣ образовывался непрерывный желобокъ или каналъ въ одинъ квадратный дюймъ, который наполнялся чистымъ цементомъ въ жидкомъ состояніи. и такимъ образомъ получался непроницаемый шовъ.

Несмотря на всѣ эти предосторожности. высокая вода произвела размывъ дна рѣки ниже плотины, причемъ вырыта была большая яма въ скалѣ въ томъ мѣстѣ. гдѣ въ нее упиралась подошва криволинейнаго водослива.

§ 29. Промывные шлюза.

Эти шлюза называются также плотинными шлюзами (weir sluices или dam sluices).

Первое вліяніе постройки плотины чрезъ рѣку заключается въ томъ. что образованный такимъ образомъ плесъ постепенно заносится иломъ. отчасти отложеніемъ во время половодья частицъ, плавающихъ въ водѣ и отчасти постепеннымъ выдвиганіемъ рѣчного русла, которое существуетъ во всѣхъ потокахъ, но явственно для глазъ только въ рѣкахъ съ песочнымъ русломъ. Въ плесѣ этомъ образуются острова. которые часто препятствуютъ судоходству чрезъ рѣку выше плотины и въ засуху могутъ препятствовать теченію воды въ каналы, выведенные изъ этого плеса.

Въ Индійскихъ рѣкахъ. влекущихъ песокъ и илъ, занесеніе русла рѣки въ этихъ плесахъ до самаго гребня плотины представляется неизбѣжнымъ. Этотъ песокъ и этотъ илъ, если ихъ своевременно не удаляли, запосили голову канала и шлюзъ, расположенные выше

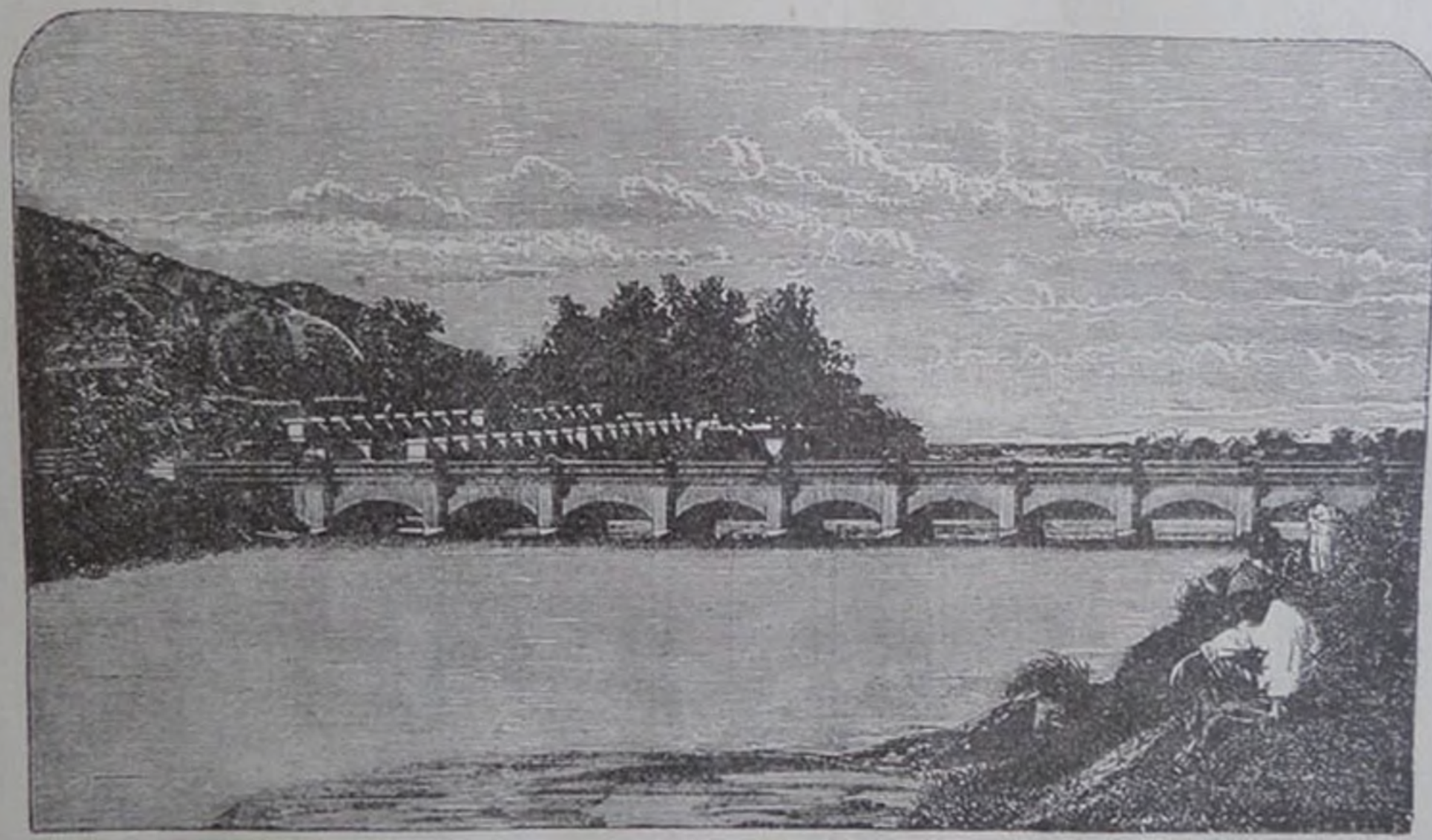
плотины, и прекращали къ нимъ доступъ воды. Чтобы устранить эти затрудненія, каждая плотина должна быть снабжена на одной оконечности или на обѣихъ оконечностяхъ, смотря по тому, одинъ или два канала выведены изъ рѣки выше плотины, рядомъ промывныхъ шлюзовъ. Въ очень длинныхъ плотинахъ, какъ, напримѣръ, на р. Sone въ Бенгаліи, помѣщаютъ еще промывные шлюза въ центрѣ плотины для того, чтобы содѣйствовать поддержанію судоходной глубины по всей ширинѣ рѣки.

Самое раціональное расположеніе для промывного шлюза по отношенію къ регулятору канала заключается въ томъ, чтобы гребень плотины, въ которой помѣщенъ промывной шлюзъ, былъ перпендикуляренъ къ лицевой линіи регулятора, а также къ лицевой линіи камернаго шлюза, если каналъ предназначается и для судоходства.

Это хорошо объяснено на планѣ плотины Okhla, черт. 10. На этомъ чертежѣ видно, что теченіе рѣки проходитъ параллельно къ лицевой линіи регулятора и шлюза и вплоть къ нимъ, такъ, что вода здѣсь не можетъ задерживаться и, слѣдовательно, не можетъ отлагать здѣсь наносовъ.

Примѣръ неправильнаго расположенія регуляторовъ въ отношеніи къ промывному шлюзу можно видѣть на планѣ головныхъ сооруженій Верхняго Гангесскаго канала, черт. 26 и 28. Здѣсь входъ въ каналъ расположенъ болѣе чѣмъ на двѣсти футовъ ниже по теченію, чѣмъ промывной шлюзъ, вслѣдствіе чего сильное теченіе рѣки, направляющееся къ промывному шлюзу, идетъ *не поперекъ* регуляторовъ, чрезъ что существуетъ наклонность къ отложенію наносовъ въ точкахъ, обозначенныхъ звѣздочками на черт. 28. Отъ этого при низкой водѣ въ рѣкѣ наносы препятствуютъ свободному теченію воды изъ рѣки въ регуляторъ.

Другой примѣръ нераціональнаго расположенія регулятора представляетъ каналъ Кавура. Здѣсь мость-регуляторъ расположенъ на 700 футовъ ниже предполагаемой, но не построенной еще плотины, и теченіе воды чрезъ промывной шлюзъ должно оставлять въ лѣвомъ углу затишье какъ разъ выше водопріемныхъ щитовъ регулятора. Когда открываютъ этотъ послѣдній, то вмѣстѣ съ водой въ каналъ будетъ проникать много наносовъ. Управленіе водою въ промывныхъ шлюзахъ объяснено въ § 31.

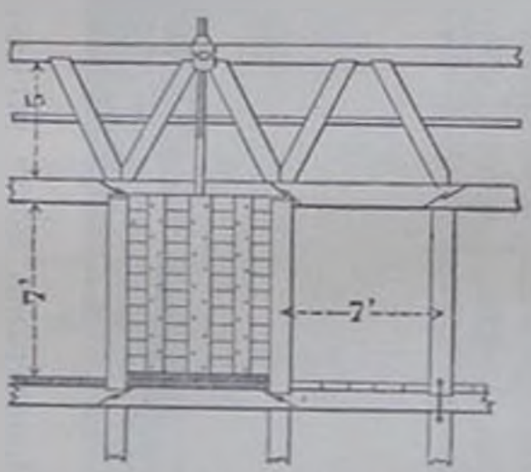


Чорт. 48. — Майапурскій мостъ-регуляторъ.

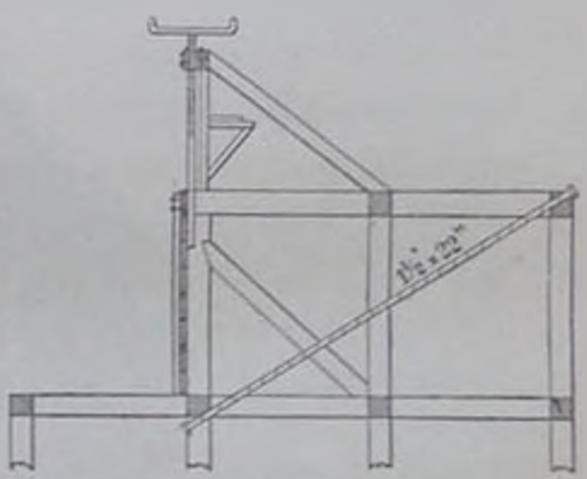
Регуляторъ долженъ быть расположенъ какъ можно ближе къ промывному шлюзу, и порогъ этого послѣдняго долженъ быть помѣщенъ около трехъ футовъ ниже порога регулятора. При этихъ условіяхъ, когда промывной шлюзъ открытъ, теченіе изъ него направляется вдоль всей лицевой линіи регулятора и пропоситъ мимо него илъ и всѣ предметы, могущіе препятствовать свободному прониканію воды въ каналъ.

§ 30. Регуляторы.

Регуляторы въ началѣ канала называютъ также регуляціонными мостами, регуляціонными шлюзами, головными шлюзами, головою канала и т. д. Для точности опредѣленія, надо сказать, что регуля-



Черт. 49.



Черт. 50.

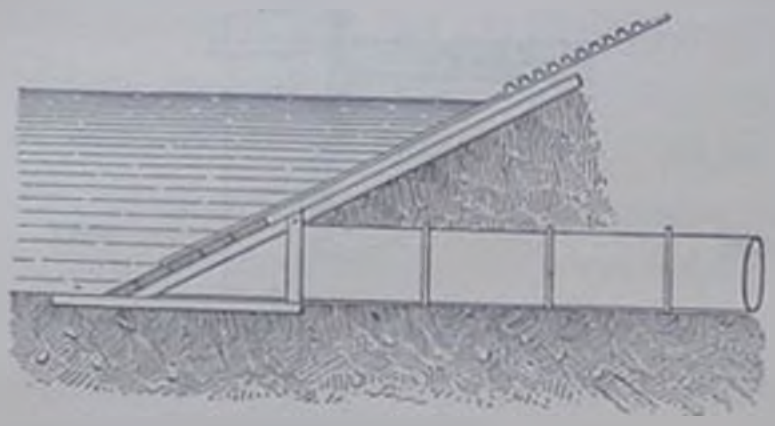
Затворы канала Del Norte.—Поперечное сѣченіе и видъ спереди.

торъ есть сооруженіе, въ которомъ расположены водопріемные шлюза, или щиты для управленія притокомъ воды въ каналъ.

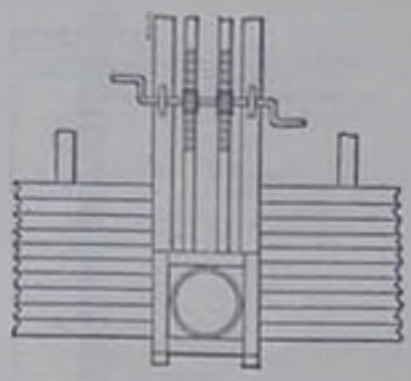
Въ Индіи, Египтѣ и Италіи регуляторъ нерѣдко представляетъ собою вмѣстѣ и мостъ на большой дорогѣ, какъ видно на черт. 27 и 32.

На черт. 48 (стр. 113) представленъ Майапурскій мостъ-регуляторъ на Верхнемъ Гангесскомъ каналѣ. Видъ этотъ снятъ съ низовой стороны регулятора, такъ что шлюзные щиты, расположенные на верховой сторонѣ сооруженія, здѣсь не видны. Шлюзные затворы этого регулятора показаны на черт. 54 справа и 57. Эти шлюзные затворы имѣютъ отверстія въ двадцать футовъ, но, вообще, въ регуляторахъ затворы имѣютъ обыкновенно отверстія въ шесть футовъ, вслѣдствіе трудности управлять ими при большомъ напорѣ воды.

Регуляціонные затворы на каналѣ Del Norte, въ Колорадо, показаны на черт. 49 и 50, а черт. 51 и 52 показываютъ водопріемныя отверстія въ трубопроводѣ для канала въ Айдаго *).



Черт. 51.



Черт. 52.

Затворы канала Idaho.— Поперечное сѣченіе и фасадъ.

На индійскихъ каналахъ принято считать поверхность пола регулятора въ головѣ канала за нуль для нивеллировки всей длины канала.

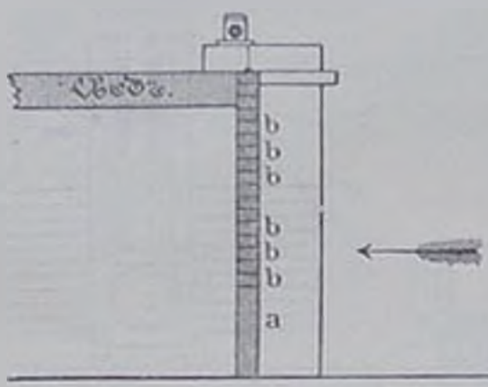
§ 31. Шлюзные затворы. Подвижныя, или разборныя плотины.

Выраженія: шлюза, головные шлюза, шлюзные щиты и затворы употребляются безразлично для обозначенія затворовъ, расположенныхъ въ регуляторѣ и служащихъ для управленія снабженіемъ водою канала при его началѣ. Обыкновенные затворы, употребляемые на ирригаціонныхъ каналахъ, суть *скользящіе* затворы, изображенные на черт. 19—52. 54—50, 63—65: затѣмъ затворы изъ горизонтальныхъ брусьевъ, или шандоръ (черт. 20 и 53), и изъ вертикальныхъ стрѣлъ (needles). Эти два послѣдніе вида затворовъ, менѣе распространенные, объяснены ниже.

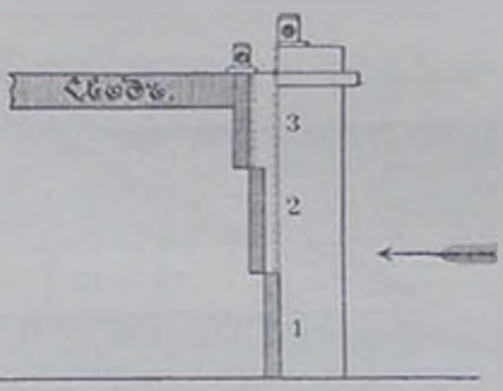
Затворы регулятора въ каналѣ Кавура, которыхъ всего двадцать одинъ, снабжены двойными рядами щитовъ, и, кромѣ того, въ верховыхъ частяхъ быковъ, раздѣляющихъ отверстія затворовъ, имѣются пазы для опусканія въ нихъ шандоровъ. Эти послѣдніе предназначены къ употребленію въ случаѣ несчастія или поломки затворовъ

*) Черт. 49, 50, 51 и 52 взяты изъ записки объ американскихъ ирригаціонныхъ каналахъ г. H. M. Wilson'a, помѣщенной въ 24 томѣ Transactions of the American Society of Civil Engineers.

регулятора. Щиты этихъ затворовъ (черт. 55, 56) деревянные, скрѣпленные желѣзомъ. Они подпимаются помощью прикрѣпленной къ пимъ желѣзпой полосы съ поперечнымъ сѣченіемъ $1 \times {}^{3}/_{4}$ дюйма и для-



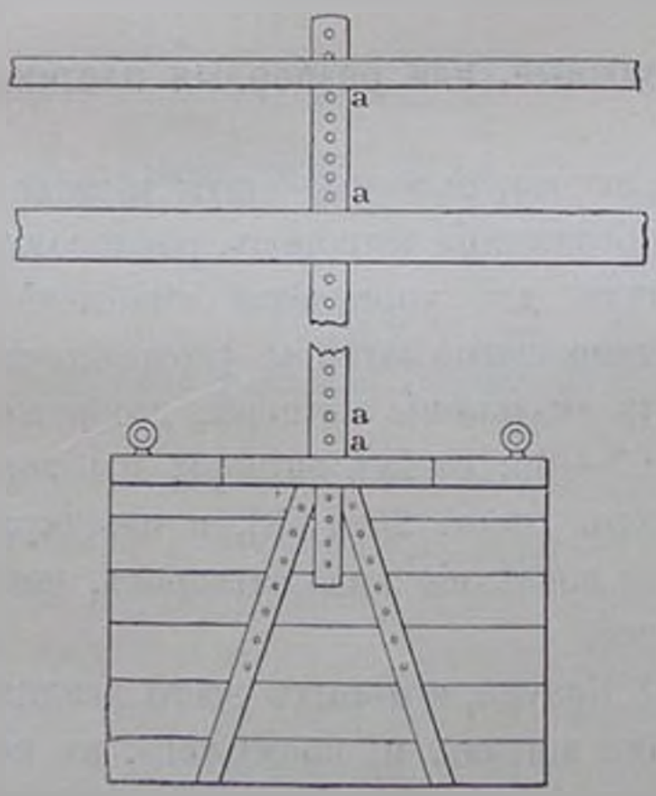
Старый типъ на р. Джумнѣ.
Черт. 53.



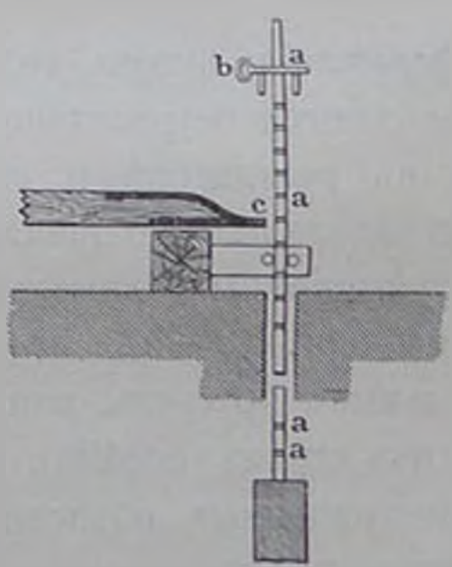
Новый типъ на р. Гангесѣ.
Черт. 54.

Щиты. — Каналы въ Индіи.

ною около 18 фут., прочно прикрѣплетной къ центру верховой стороны щита и соединенной съ нижними углами его діагональными желѣзными связями. Полоса эта проходитъ вверхъ сквозь платформу,



Черт. 55.



Черт. 56.

Щиты. — Каналъ Кавура.

расположенную выше самой высокой воды съ которой управляютъ щитами. Чрезъ каждые два дюйма она имѣетъ въ себѣ сквозныя отверстія, или дыры, діаметромъ въ одинъ и въ полтора дюйма, въ которыя,

когда нужно поднять щитъ, вставляютъ конецъ лома и такимъ образомъ постепенно поднимаютъ щитъ, причемъ желѣзный ключъ вставляется въ расположенное выше отверстіе, чтобы щитъ не опустился въ то время, когда ломъ вынимается для вставленія въ одно изъ слѣдующихъ отверстій для дальнѣйшаго поднятія щита. Ключъ этотъ опирается на двѣ желѣзныя горизонтальныя полосы. Одинъ человѣкъ работаетъ ломомъ, между тѣмъ какъ другой держитъ этотъ ключъ. Чтобы опустить щитъ, стоитъ только вынуть ключъ, и тогда щитъ мгновенно опускается, что очень важно, потому что иногда требуется закрыть каналъ весьма скоро. Это приспособленіе имѣетъ огромное достоинство простоты и потому часто примѣняется на американскихъ каналахъ.

На нѣкоторыхъ регуляторахъ Сѣверной Индіи употребляютъ опускной щитъ, движущійся прямо въ пазахъ быковъ, а поверхъ его опускаются въ тѣ же пазы шандорные брусья съ поперечнымъ сѣченіемъ въ шесть дюймовъ въ квадратѣ. При такихъ затворахъ и при отверстіи ихъ только въ шесть футовъ, требуется все-таки много времени и труда для управленія ими.

На регуляторѣ Гангесскаго канала при десяти его пролетахъ, величиною каждый въ двадцать футовъ, надо было придумать какой-нибудь болѣе быстрый способъ, чтобы экономизировать работу, требующуюся для приведенія въ дѣйствіе механизма. Черт. 53 и 54 показываетъ старый, а равно и усовершенствованный способы управленія этими затворами.

Черт. 53 представляетъ въ разрѣзѣ опускной щитъ *a* и шандоры *b*, *b*, *b*, заложенные въ пазы противъ теченія. Щитъ *a*, высотою въ пять футовъ, держится въ сухое время въ висячемъ положеніи, а при ожиданіи наводка опускается. Деревянные шандоры *b*, *b*, *b*, когда отнимутъ отъ щитовъ поддерживающія ихъ цѣпи, опускаются на щиты поочередно, пока пролетъ не будетъ совершенно закрытъ (черт. 53). Времени для этой операціи требуется 18 минутъ.

Черт. 54. 57—59 показываютъ усовершенствованный способъ закрытія пролетовъ при помощи воротовъ. Какъ видно на черт. 54, каждый щитовой пролетъ раздѣленъ по высотѣ на три части, причемъ нижній щитъ упирается прямо въ полъ регулятора, играющій роль нуля въ продольной нивеллировкѣ канала. Средній и верхній щиты имѣютъ пороги свои приподнятыми на шесть футовъ и

движутся въ отдѣльныхъ пазахъ, устроенныхъ въ бычкахъ. Щитъ, обозначенный цифрой 1 (черт. 54), опускается воротомъ 1, щитъ обо-

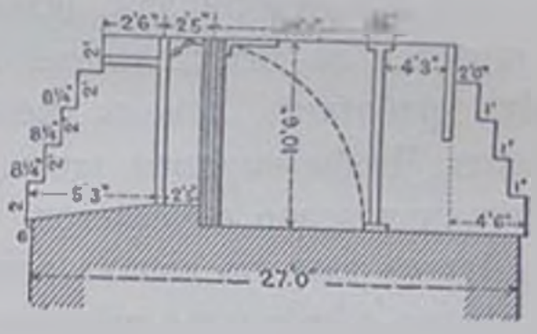
ЗАТВОРЫ:

Общій видъ.



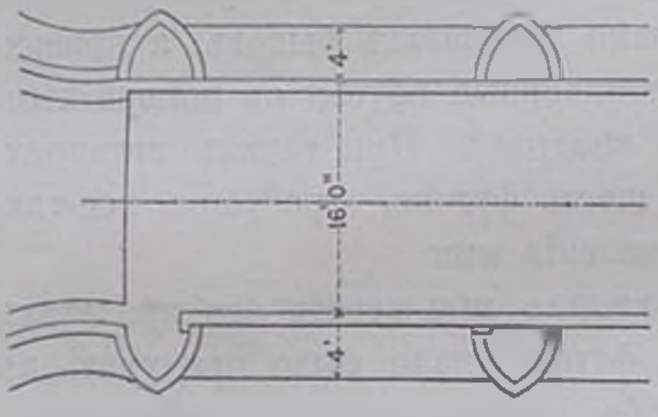
Черт. 57.

Общій видъ.



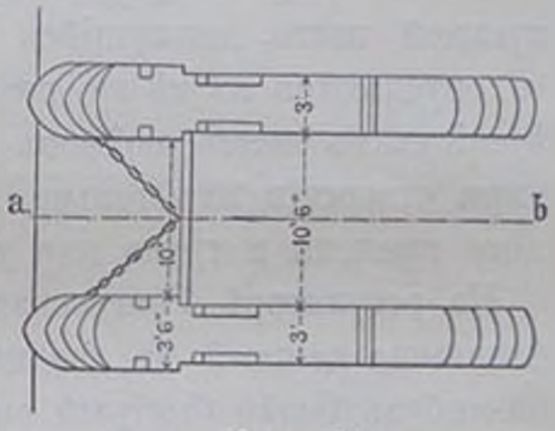
Черт. 60.

Планъ.



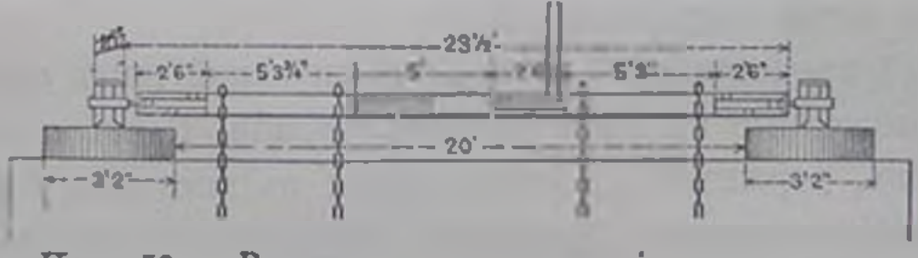
Черт. 58.

Планъ.

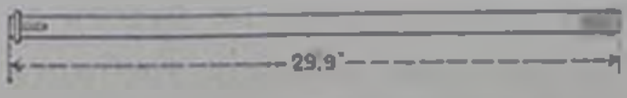


Черт. 61.

Мостъ-регуляторъ со щитомъ и шандорами.



Черт. 59. — Воротъ для поднимания затворовъ.



Черт. 62. — Планъ шандора.

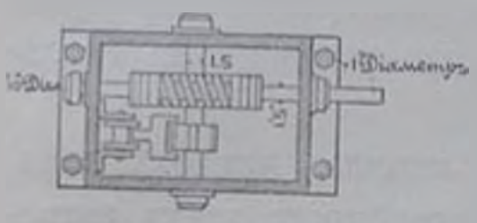
значенный цифрой 2—воротомъ 2, а щитъ 3 состоитъ изъ шандоровъ, опускаемыхъ и поднимаемыхъ безъ помощи ворота.

Такимъ образомъ, эти три затвора совершенно не зависятъ одинъ отъ другого, каждый имѣетъ свой порогъ, а если нужно, то всѣ

три затвора могутъ быть поднимаемы и опускаемы одновременно. Большое преимущество такого устройства особенно ясно въ случаѣ,

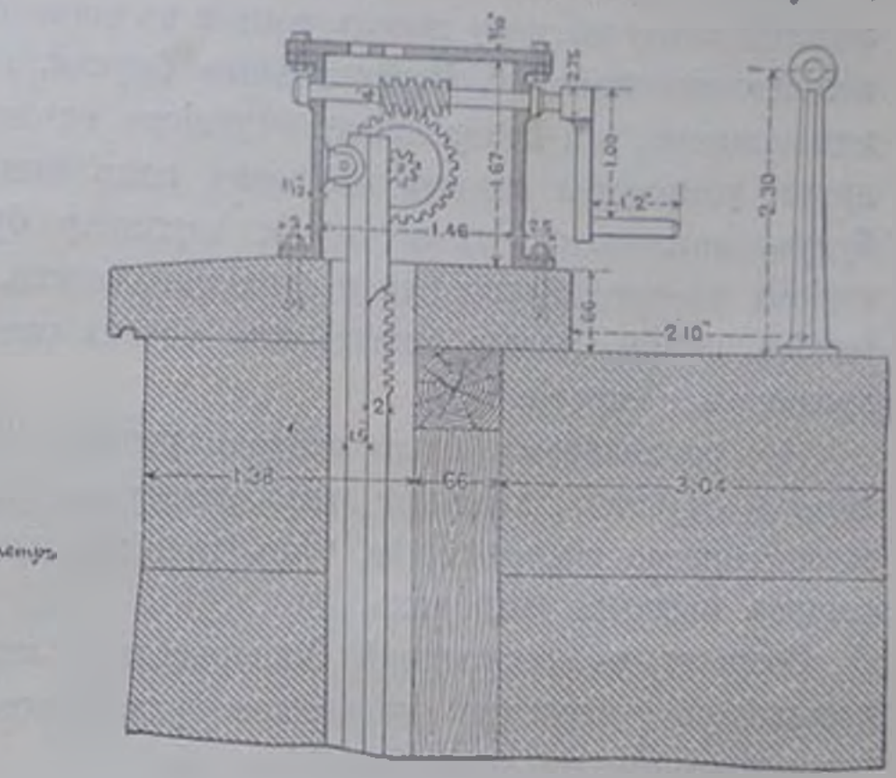


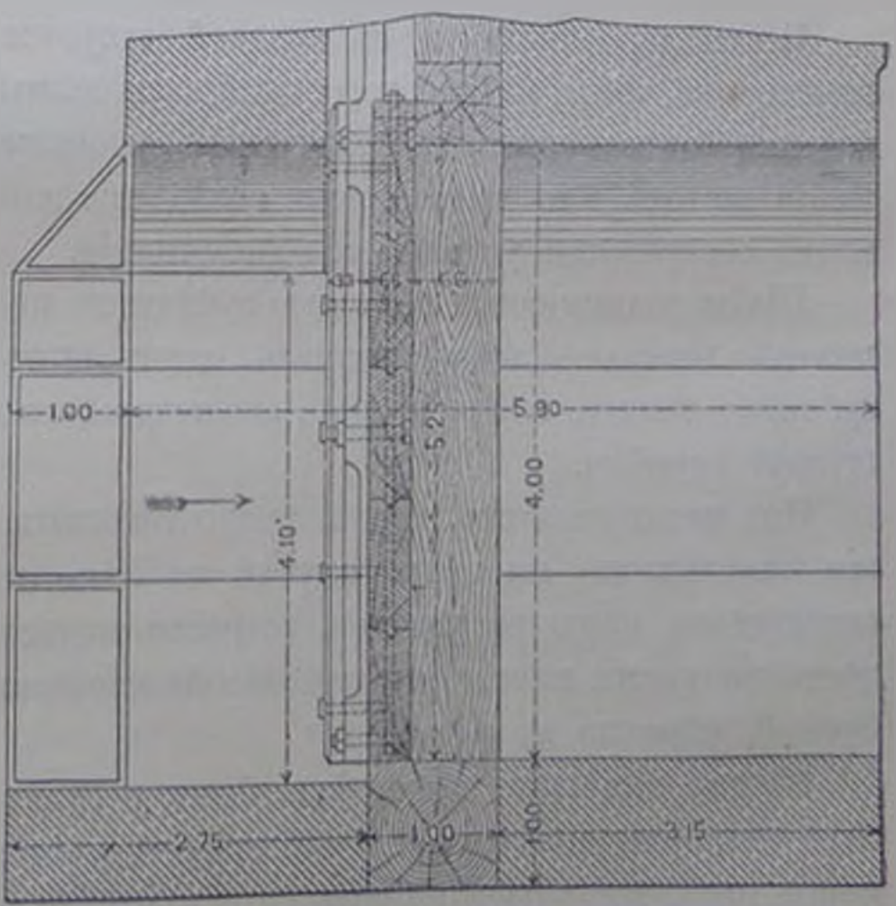
Черт. 64.



Черт. 65.

если для питанія канала нуженъ запасъ воды толщиною въ шесть футовъ. При этомъ щиты 2 и 3 могутъ всегда оставаться закрытыми, а при наступленіи наводка все отверстіе можно сразу закрыть, опустивъ одинъ только нижній щитъ.





Черт. 63. — Затворы Хенарескаго канала.

Механизмы, приводящіе въ движеніе эти затворы, самого простого устройства, понятны для всякаго простого рабочаго и нелегко портятся.

На нѣкоторыхъ каналахъ Индіи, а также въ другихъ странахъ,

употребляютъ для управленія водою отверстія, закрываемыя вертикальными брусками, которые упираются какъ въ порогъ, расположенный внизу на полу шлюза, такъ и въ горизонтальный брусъ, расположенный наверху. Вертикальные бруски, называемые стрѣлами или спицами, съ поперечнымъ сѣченіемъ около 4 дюймовъ въ квадратѣ, упираются такимъ образомъ какъ внизу, такъ и на верху, будучи нажимаемы къ порогу и верхнему брусу теченіемъ. Дѣйствіемъ съ временнаго или постояннаго моста, перекинутаго чрезъ шлюзъ, спицы можно лишить ихъ точекъ опоры, и тогда онѣ открываютъ отверстіе.

Это расположеніе было найдено удовлетворительнымъ въ нѣкоторыхъ случаяхъ, хотя при этихъ затворахъ фильтрація воды чрезъ нихъ гораздо значительнѣе, чѣмъ при хорошо устроенныхъ скользящихъ рамныхъ затворахъ.

Затворы въ регуляторѣ Хенаресскаго канала, числомъ пять, каждый съ отверстіемъ въ четыре фута. Подробности этихъ затворовъ показаны на черт. 63, 64 и 65.

Щиты деревянные и съ низовой стороны упираются въ деревянныя же рамы, вмѣсто того, чтобы скользить въ пазахъ каменной кладки. Такимъ образомъ значительно уменьшается треніе при движеніи щитовъ, и въ то же время, вслѣдствіе плотнаго прилеганія ихъ, почти совершенно устраняется фильтрація.

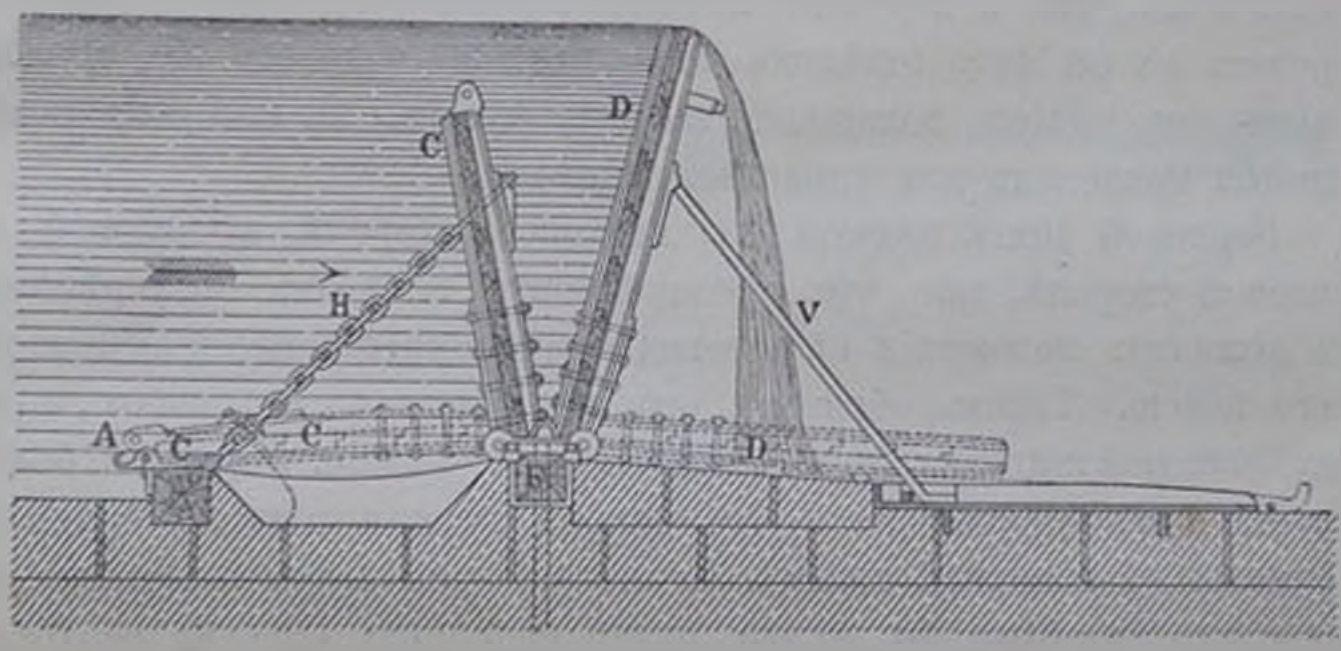
Щиты поднимаются помощью зубчатыхъ полосъ. Одинъ человѣкъ можетъ довольно легко поднять одинъ щитъ. Зубчатыя полосы и зубчатыя колеса, или шестерни, заключены въ довольно тяжелыя чугунныя коробки.

Это не позволяетъ очень скоро опустить щитъ при наступленіи наводка, но на этотъ случай въ лѣвомъ берегу канала, непосредственно ниже регулятора, устроенъ водосливъ, дающій возможность во время наводковъ направлять излишнюю воду, сверхъ требуемой, обратно въ рѣку.

Можно замѣтить, что здѣсь быки регулятора не снабжены пазами для шандоровъ на случай поврежденія затворовъ и необходимости прекратить теченіе воды, что представляетъ явное неудобство.

Переходя къ затворамъ промывныхъ шлюзовъ, устраиваемыхъ въ плотинахъ, надо замѣтить, что въ старыхъ сооруженіяхъ, каковы плотины на рѣкахъ Годавери, Кистна, Ковери и другихъ, существо-

валъ обычай дѣлать шлюза съ пролетами только въ шесть футовъ и со щитами, поднимаемыми только до половины высоты высокихъ водъ. Въ этихъ сооруженіяхъ промывные шлюза были закрываемы въ сухую пору года или деревянными шандорами, опускаемыми послѣдовательно въ пазы, сдѣланные въ быкахъ, или же щитами, скользящими въ вертикальныхъ пазахъ, причемъ щиты эти поднимались и опускались сверху рычагами, соединенными съ длинными стержнями, прикрѣпленными къ щитамъ. Эта система вызывала необходимость каменной надстройки, возведенной выше уровня высокой



Черт. 66. — Затворы плотины Маханудди.

воды, что представляло большое сопротивленіе свободному проходу паводковъ и задерживало предметы, увлекаемые теченіемъ, такъ что отверстія шлюзовъ нерѣдко забивались плавучимъ лѣсомъ и вѣтвями.

Такъ какъ эти сооруженія оказались неудовлетворительными, то въ новѣйшихъ сооруженіяхъ приняты гораздо большіе пролеты и построены разборчатые или опускные затворы, безъ всякой надстройки выше гребня плотины, такъ что паводки проходятъ безъ всякаго препятствія чрезъ плотину, слоемъ отъ восемнадцати, даже до двадцати футовъ.

Чтобы эти подвижные затворы вполнѣ удовлетворяли своему назначенію, необходимо, чтобы они были построены прочно и чтобы ими можно было управлять съ величайшей быстротой.

Поэтому въ Индіи, въ Орисѣ, попробовали значительно увеличить отверстія въ плотинѣ на р. Маганудди, и устроили за-

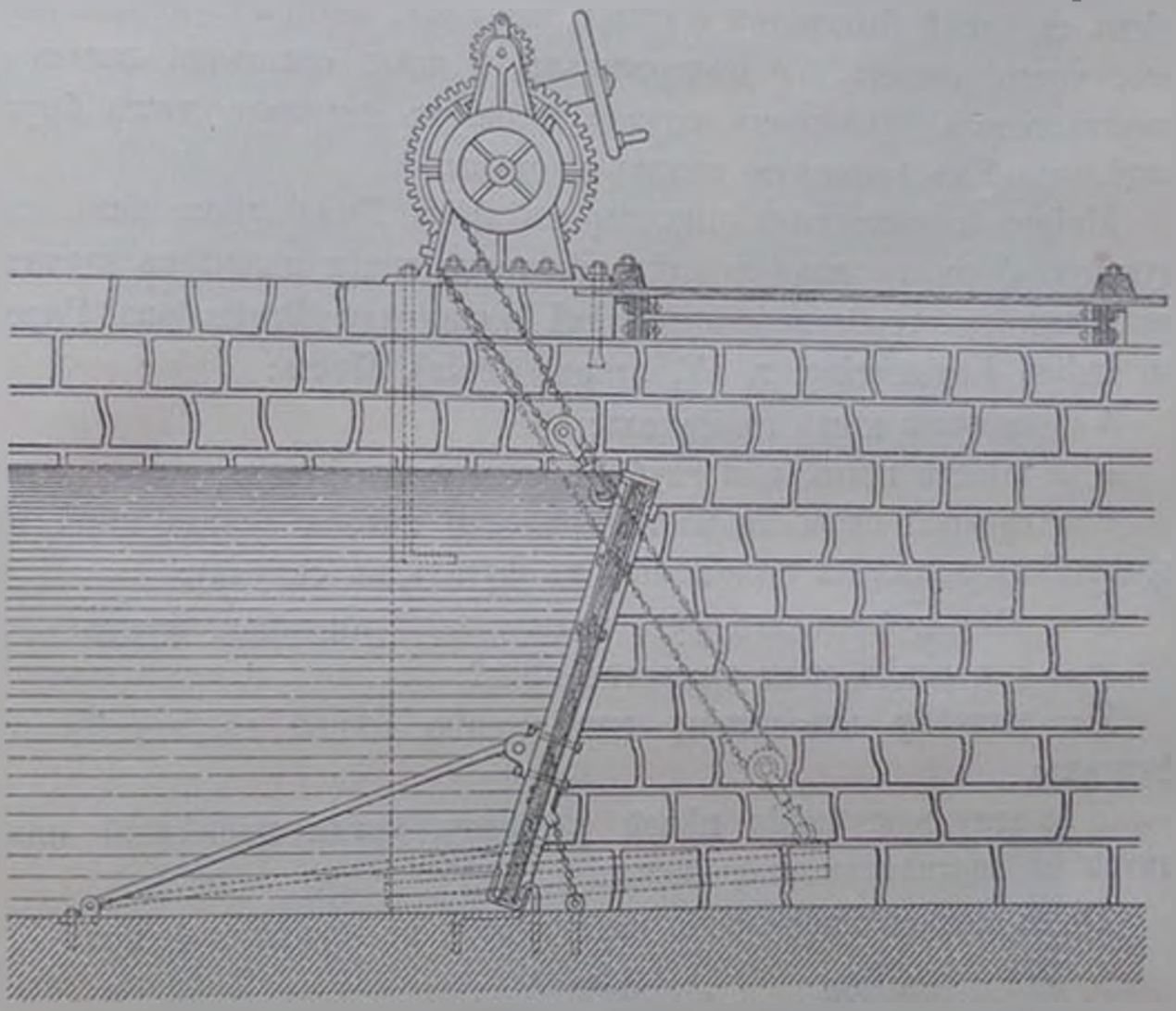
творы по способу, принятому французскими инженерами для улучшенія судоходства на рѣкѣ Сенѣ. Центральный шлюзъ здѣсь раздѣленъ каменными быками на десять пролетовъ съ отверстіемъ, каждый. въ пятьдесятъ футовъ. Каждый пролетъ состоитъ изъ двойного ряда параллельныхъ деревянныхъ щитовъ, которые, посредствомъ желѣзныхъ болтовъ и петель, прикрѣплены къ прочному деревянному брусу, задѣланному въ каменную кладку плотины (черт. 66). Въ каждомъ пролетѣ имѣется семь верховыхъ и семь низовыхъ щитовъ. Низовые щиты имѣютъ высоту въ девять футовъ надъ каменной кладкой, а верховые въ семь съ половиной футовъ. Каждый пролетъ въ 50 фут. отдѣленъ отъ слѣдующаго такого же пролета каменнымъ быкомъ, толщиною въ пять футовъ, въ которомъ помѣщается механизмъ для управленія щитами.

Верховой щитъ падаетъ къ верховой сторонѣ, а низовой къ низовой сторонѣ, такъ что верховой щитъ, если онъ не укрѣпленъ въ лежачемъ положеніи въ половодье, поднимается напирающею на него водою. Такимъ образомъ, онъ поднимается самъ собою, причемъ низовой щитъ остается въ лежачемъ положеніи. Верховой, болѣе низкій щитъ удерживается отъ напора теченія цѣпями, прикрѣпленными къ каменной кладкѣ. Если требуется открыть пролетъ, то ясно. что это было бы весьма трудно исполнить, опуская верховой щитъ противъ напора давящей на него воды, и потому для этого сперва поднимаютъ противъ теченія и подпираютъ низовые щиты ручною работою, такъ какъ люди могутъ совершенно свободно ходить по низовой части гребня плотины или пола пролета. Послѣ этого противъ теченія уже стоитъ двойной рядъ щитовъ, изъ которыхъ низовой, какъ болѣе высокій, принимаетъ на себя напоръ воды, заполняющей промежутокъ между двумя рядами щитовъ. Тогда верховой щитъ, находящійся подъ напоромъ, падаетъ на свое мѣсто въ то время, какъ весь напоръ принимается низовыми щитами.

Если пролетъ такимъ образомъ запертъ и его надо открыть, то задній щитъ опускается ударомъ съ низовой стороны въ основаніе поддерживающей его подпорки — тогда онъ опускается напоромъ теченія на низовую сторону, и такимъ образомъ пролетъ открывается.

Опытомъ найдено, что въ устроенной такимъ способомъ опускной плотинѣ 500 погонныхъ фут. щитовъ ея могутъ быть опущены въ теченіе одного часа при напорѣ воды въ шесть футовъ, что. при

томъ же напорѣ и той же сложной длинѣ щитовъ, вся плотина можетъ быть заперта въ теченіе двадцати пяти минутъ, и что трехъ обыкновенныхъ рабочихъ, стоящихъ на каменномъ полу, совершенно достаточно, чтобы выбить всѣ подпорки съ полною для нихъ безопасностью. Задніе щиты не повреждаются, падая внизъ, потому что, при опусканіи каждаго щита, вода прорывается, и такимъ образомъ



Черт. 67. — Миднапурскій каналъ. — Лебедки для поднимания и опусканія затворовъ.

съ низовой стороны образуется водяной тюфякъ, на который безопасно падаютъ остальные щиты.

Для того, чтобы поднять каждый изъ заднихъ щитовъ на мѣсто, нужно двѣнадцать человѣкъ рабочихъ *).

Этого рода щиты никогда не употреблялись при напорѣ болѣе шести футовъ девяти дюймовъ.

*) R. B. Buckley, C. E. on Movable Dams in Indian Weirs въ Transactions of the Institution of Civil Engineers, томъ 60.

Передовой щитъ употребляется только тогда. когда уровень рѣки опустился до шести футовъ выше плотины. и часто инженеры не рѣшаются прибѣгнуть къ этимъ щитамъ даже тогда, когда вода упала еще ниже.

Возраженіе, которое можно сдѣлать противъ описаннаго устройства, заключается въ томъ, что верховой щитъ поднимается теченіемъ съ такой быстротой и силой, что цѣпи, которыя удерживаютъ его, часто рвались, не выдерживали, и щитъ срывался водою со своихъ петель. Въ одномъ случаѣ теченіемъ вырвало даже брусъ. задѣланный въ каменную кладку плотины.

Маіоръ королевскихъ инженеровъ Allan Cunningham далъ слѣдующую формулу для опредѣленія натянутости цѣпей въ щитахъ, подобныхъ употребленнымъ на рѣкѣ Маханудди (Professional Papers on Indian Engineering, т. IV, вторая серія). Пусть:

b = ширинѣ щита въ футахъ;

d = высотѣ щита. или глубинѣ потока въ футахъ;

v = средней скорости на поверхности потока (когда щитъ находится въ лежачемъ положеніи) въ футахъ въ секунду;

w = вѣсу кубическаго фута воды = 62,5 англійск. фунта:

g = ускоренію силы тяжести = 32,2:

T = полному внезапному напряженію цѣпей въ англійскихъ фунтахъ:

a = углу наклоненія цѣпей къ щиту, когда послѣдній находится въ вертикальномъ положеніи.

Тогда полное напряженіе натянутости въ фунтахъ будетъ:

$$T = \left(d + \frac{4v^2}{g}\right) wbd \; cosec \; a.$$

Примѣръ. Въ щитахъ шлюза въ Миднапурской плотинѣ даны:

$b = 6.25$ фут., $d = 6.5$ фут., $v = 12$ фут. въ секунду, $a = 55°$.

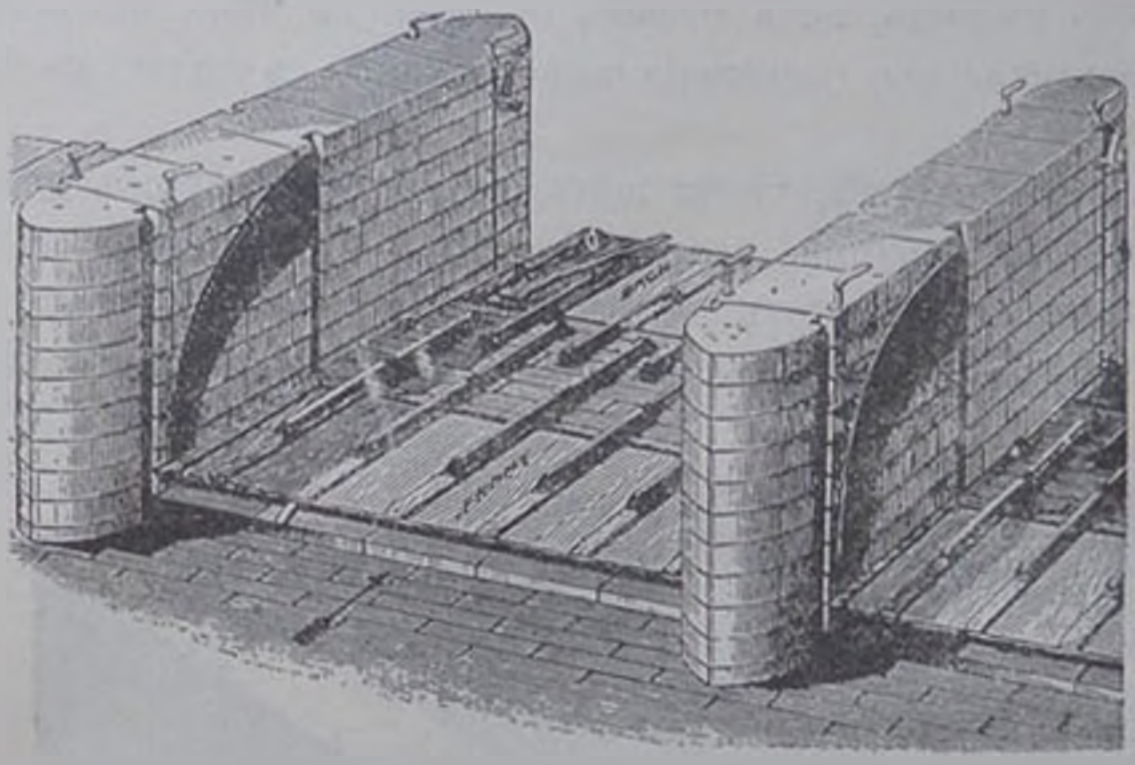
Полная натянутость будетъ:

$$\left(6.5 + 4 \times \frac{12^2}{32,2}\right) \times 62,5 \times 6.25 \times 6.5 \times 1.221 = 75.587 \text{ фунтовъ.}$$

А если имѣются двѣ цѣпи. равноотстоящія отъ центра щита. тогда натянутость каждой цѣпи будетъ = 37.794 фунта.

Съ цѣлью уменьшить сильный ударъ. происходящій при быст-

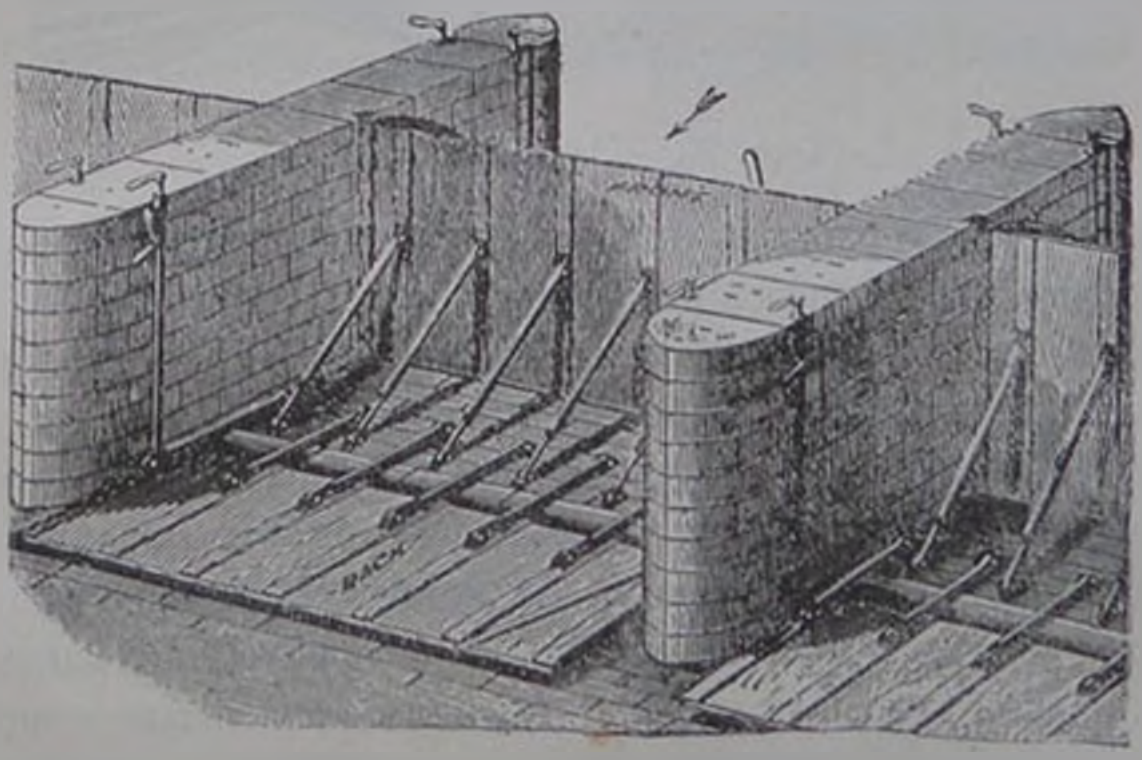
ромъ поднятіи верхового щита, гражданскій инженеръ Fouracres сдѣлалъ весьма важное усовершенствованіе въ ихъ устройствѣ.



Черт. 68. — Пролетъ открытъ.

Черт. 68—70 и 73 изображаютъ щиты на плотинѣ р. Сонъ въ различныхъ положеніяхъ съ приспособленіемъ г. Fouracres.

Черт. 68 показываетъ пролетъ совсѣмъ открытымъ съ обоими щи-

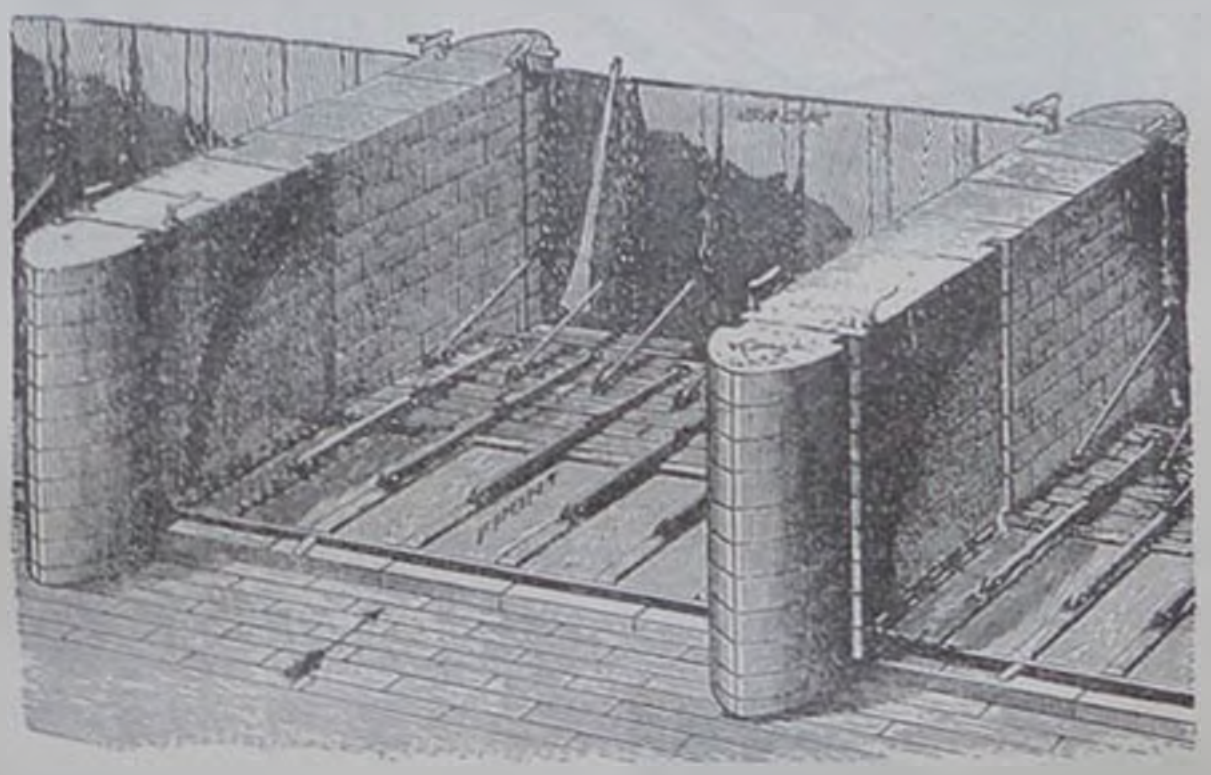


Черт. 69. — Пролетъ закрытъ.

тами, лежащими на полу, причемъ вода свободно протекаетъ между двумя быками, имѣющими высоту въ восемь футовъ. Когда нужно

закрыть шлюзъ, то отодвигаютъ задвижку, которою управляютъ ручкой, расположенной на вершинѣ быка, причемъ щитъ освобождается и плаваетъ въ водѣ, пока теченіе, напирая на него, не подниметъ его въ вертикальное положеніе и не прижметъ съ силою къ быкамъ (черт. 69).

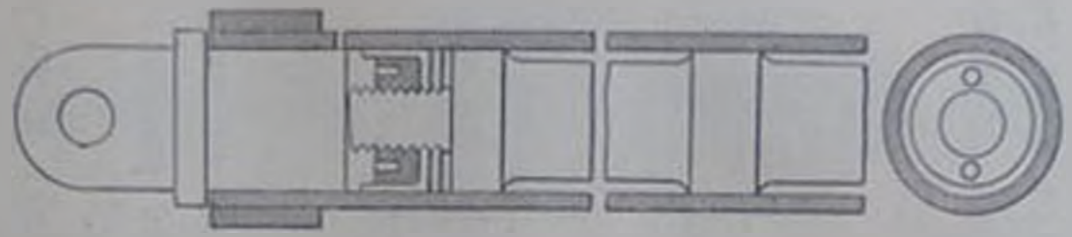
Но если допустить, чтобы щитъ, въ двадцать футовъ длиной и восемь футовъ высотой, ударялся съ такой быстротой о быкъ, то онъ или спесъ бы этотъ послѣдній, или разбился бы самъ. Чтобы уничтожить этотъ внезапный ударъ, г. Fouracres прикрѣпляетъ къ



Черт. 70. — Задній щитъ.

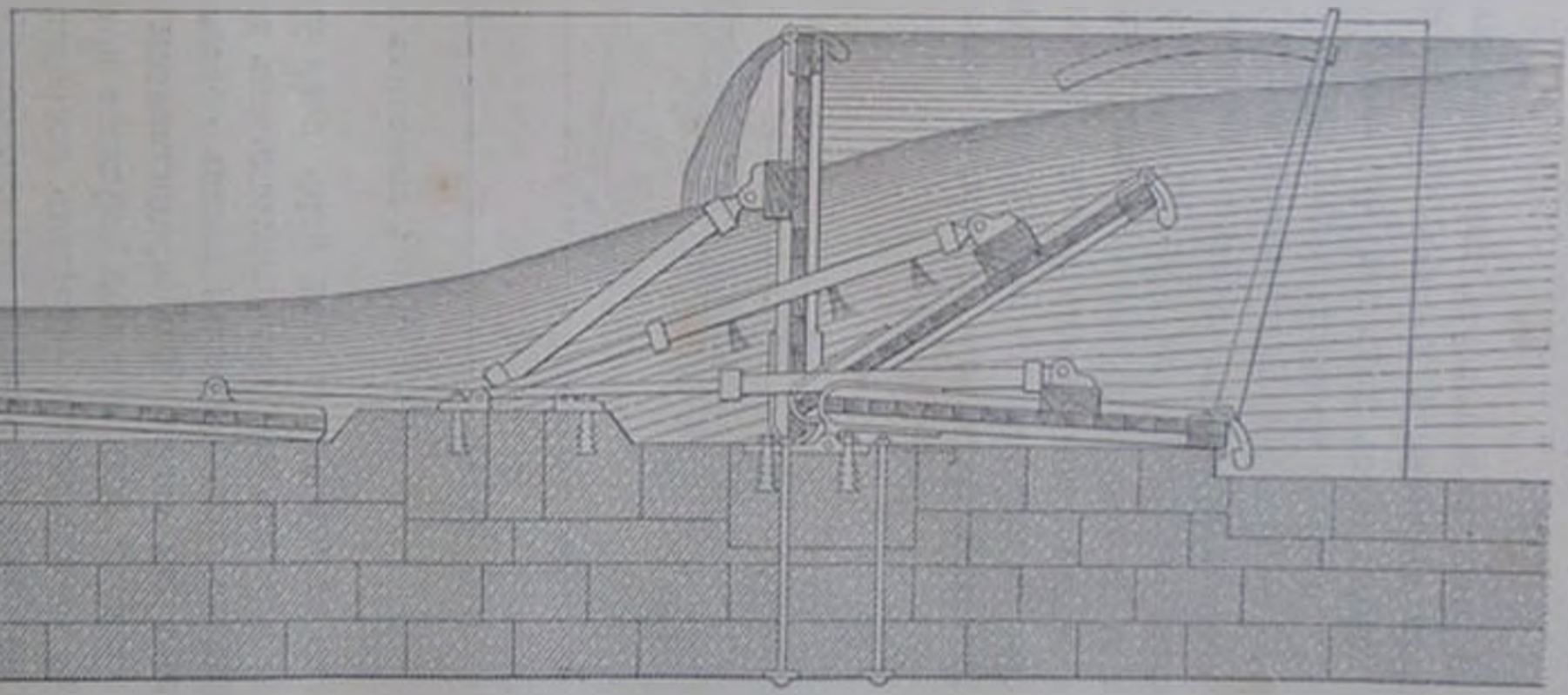
низовой сторонѣ верховыхъ щитовъ шесть гидравлическихъ буферовъ, которые тоже играютъ роль подпорокъ для этихъ щитовъ, когда они находятся въ вертикальномъ положеніи. Эти буфера суть не что иное, какъ металлическія трубы или цилиндры съ большими поршнями внутри, какъ показано въ продольномъ разрѣзѣ на черт. 71 и въ поперечномъ разрѣзѣ на черт. 72. Трубы эти наполнены водой, когда щитъ лежитъ на полу, но когда онъ начинаетъ подниматься, то вода изъ нихъ вытѣсняется давленіемъ опускающагося поршня, и такъ какъ для выхода воды имѣется только самое маленькое отверстіе, то поднятіе щита, на который давитъ потокъ, совершается плавно и безъ всякаго толчка.

Отверстія въ трубахъ покрываются кружками изъ каучука, чтобы предупредить наполненіе ихъ пескомъ или иломъ.



Чорт. 71. Чорт. 72.

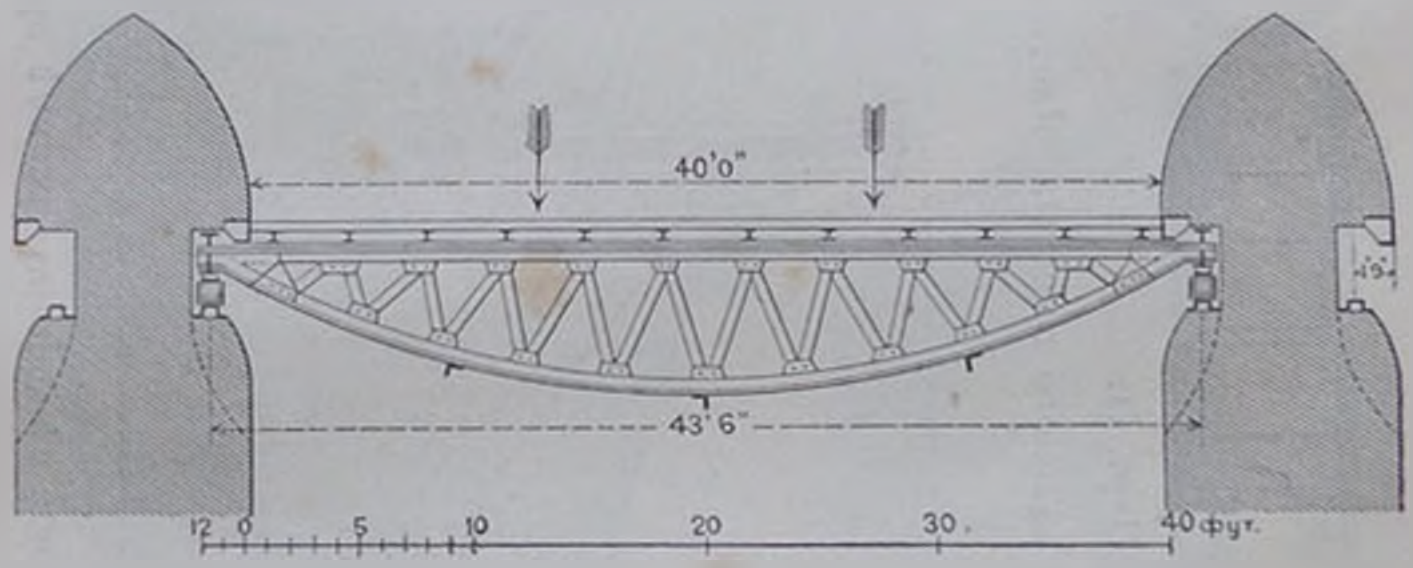
Поперечное сѣченіе водяного тормаза.—Плотина Sone.



Чорт. 73. — Поперечное сѣченіе по срединѣ пролета.

Послѣ этого вода заперта, какъ показываетъ черт. 69, но если не принять нѣкоторыхъ другихъ мѣръ, то шлюзъ было бы невозможно открыть вновь, такъ какъ это надо сдѣлать противъ теченія. На этотъ конецъ существуетъ задній щитъ, какъ видно на томъ же черт. 69. Этотъ задній, или низовой, щитъ устроенъ такъ. что его можно поднять руками и поставить вертикально, поддерживая его подпорками, какъ видно на черт. 70.

При этомъ вода наполняетъ промежутокъ между двумя щитами, и тогда верховой щитъ можно опустить на полъ. между тѣмъ какъ низовой щитъ поддерживается подпорками, соединенными съ нимъ петлями на одной трети его высоты, и такимъ образомъ держится

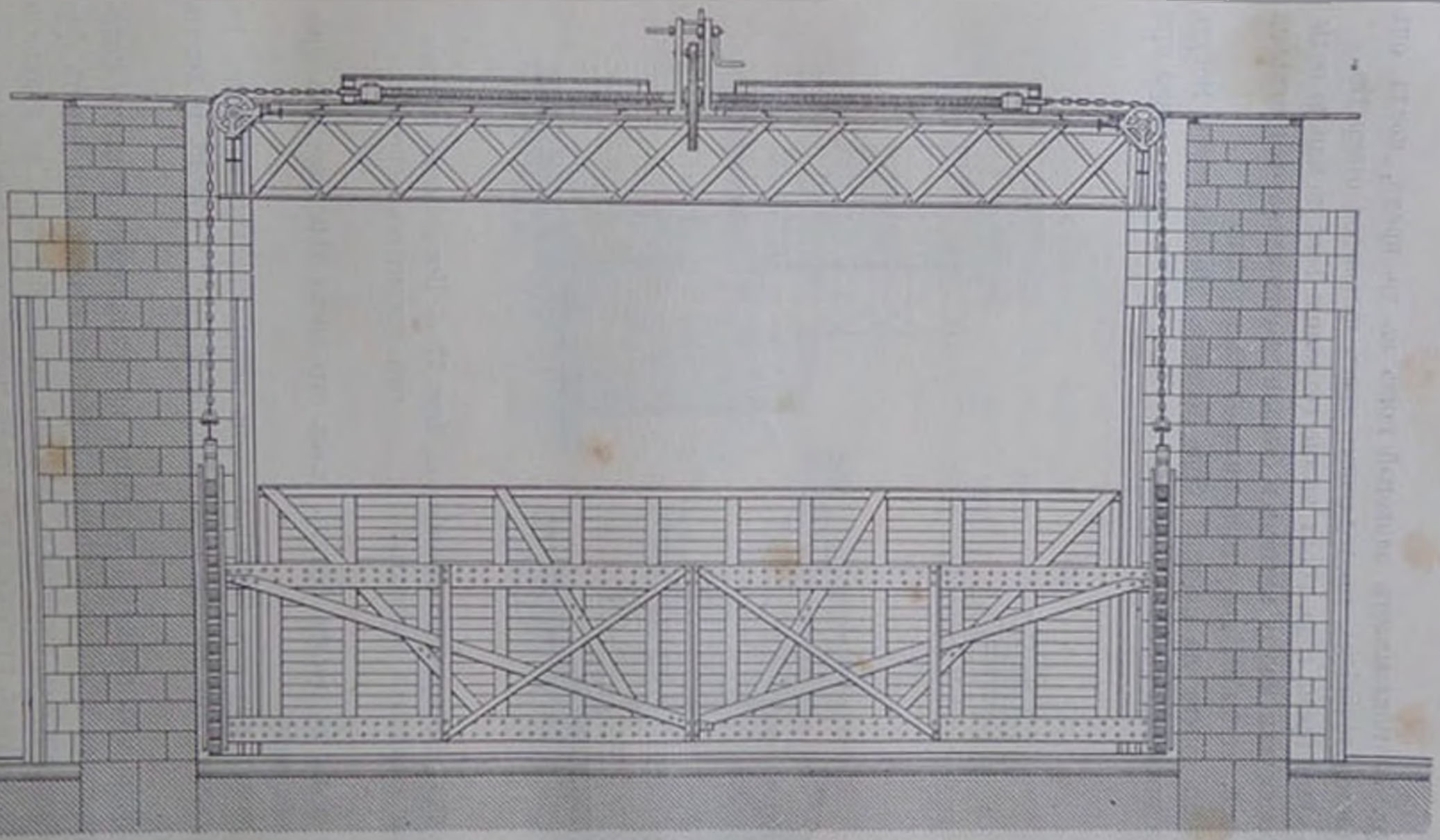


Черт. 74. — Планъ шлюзныхъ воротъ.

въ своемъ положеніи до тѣхъ поръ. пока уровень воды не поднимется до верхняго его края, причемъ онъ теряетъ свое равновѣсіе и падаетъ на полъ, открывая такимъ образомъ шлюзъ.

Шлюза эти могутъ быть предоставлены самимъ себѣ и могутъ открыться сами, если наводокъ случится ночью, или если этого не желаютъ, то ихъ можно закрѣпить посредствомъ задвижки, укрѣпленной на быкѣ, какъ видно на чер. 68, 69 и 70.

При такихъ приспособленіяхъ, большія шлюзовыя отверстія, шириною въ двадцать футовъ и высотою восемь футовъ, могутъ быть открыты или закрыты съ величайшей легкостью и быстротой, и вся серія двадцати пяти пролетовъ на плотинѣ рѣки Sone можетъ быть открыта въ нѣсколько минутъ, а когда они открыты, то чрезъ нихъ могутъ быть проносимы всѣ предметы, увлекаемые теченіемъ, безъ всякой опасности для плотины.

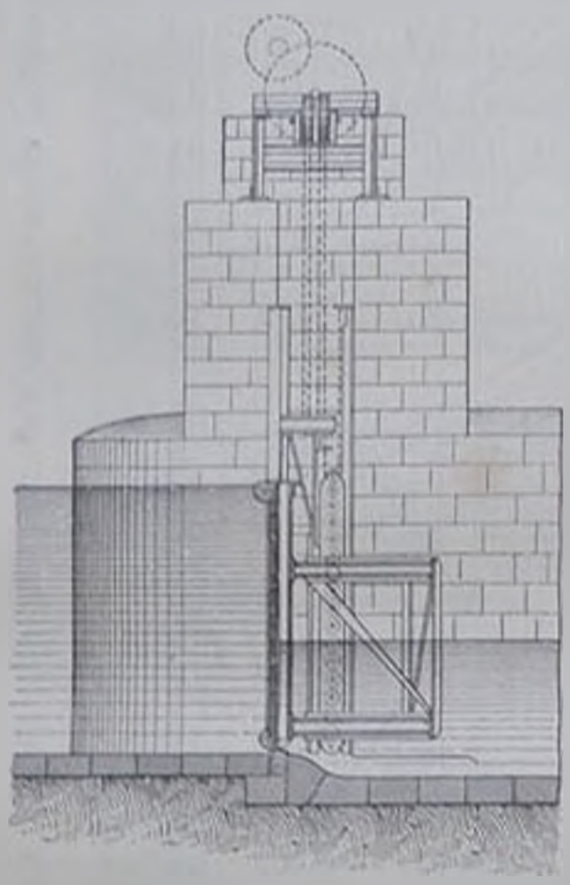


Черт. 75. — Видъ снизу (противъ теченія рѣки) съ пѣшеходнымъ мостикомъ и подъемнымъ механизмомъ.

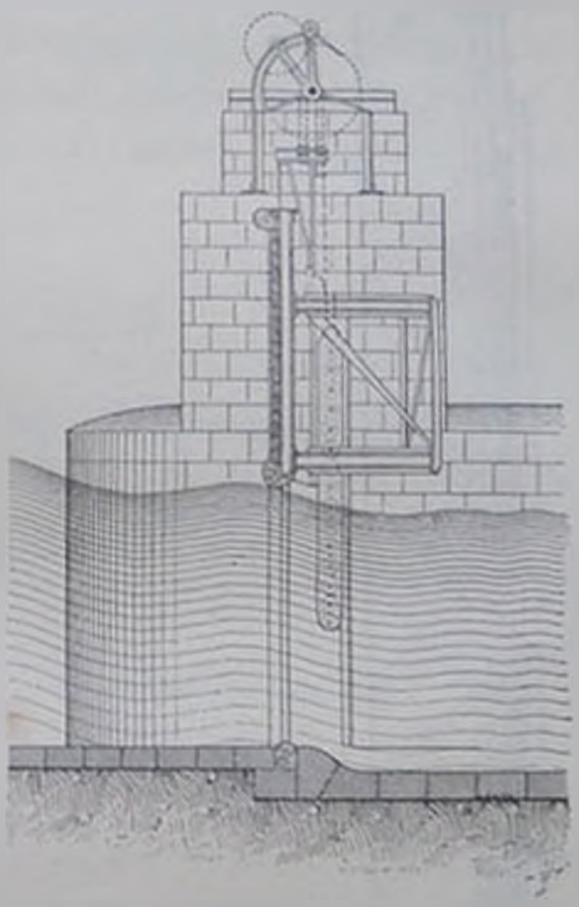
Черт. 73 показываетъ верховой щитъ въ то время, когда онъ поднимается теченіемъ, проходящимъ чрезъ шлюзовое отверстіе.

Въ сухое время года, когда важно сохранить всякую каплю воды. всѣ промежутки между щитами и быками законопачиваются пенькой и соломой, чтобы не допустить никакой фильтраціи.

Путемъ опыта на плотинѣ Sone дознано, что эти щиты могутъ быть поднимаемы съ полною безопасностью и безъ всякаго удара при



Черт. 76. — Поперечное сѣченіе при закрытыхъ воротахъ.



Черт. 77. — Поперечное сѣченіе при открытыхъ воротахъ.

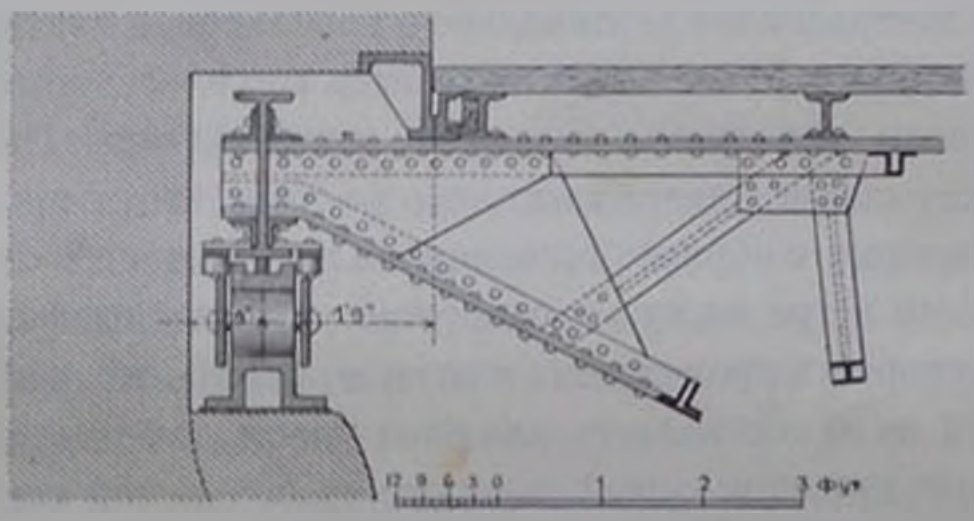
напорѣ воды въ десять футовъ, какъ это часто дѣйствительно производилось тамъ.

На всѣхъ другихъ плотинахъ эти щиты. сколько извѣстно. не употреблялись при напорѣ, превосходившимъ шесть футовъ и девять дюймовъ.

Заслуживаетъ вниманія зрѣлище, представляемое водянымъ потокомъ. шириною двадцать футовъ и глубиною восемь или девять футовъ, обладающимъ скоростью теченія отъ семнадцати до двадцати футовъ въ секунду, проносящимся чрезъ шлюзъ, при разности уровня

воды выше и ниже шлюза въ десять футовъ, когда отверстіе это вдругъ запираютъ щитомъ въ двадцать футовъ длины и десять футовъ высоты. Когда щитъ достигнетъ вертикальнаго положенія, то вода вздымается волною отъ одного до двухъ футовъ выше вершины щитовъ и быковъ и течетъ такимъ образомъ нѣсколько секундъ, прежде чѣмъ опустится до средняго уровня потока.

Въ Transactions of the Institution of Civil Engineers, томъ 60, гражданскій инженеръ F. M. G. Stoney даетъ проектъ для подъемнаго шлюзнаго затвора большого отверстія, показаннаго на черт. 74, 75, 76, 77 и 78. Проектъ этотъ приводится здѣсь, чтобы познакомить съ мыслью, которую, при нѣкоторыхъ обстоятельствахъ, возможно съ выгодою примѣнить тамъ, гдѣ нужно большое отверстіе.



Черт. 78. — Деталь, показывающая, какъ ворота опираются на катки.

Чистое отверстіе предположено здѣсь въ сорокъ футовъ, а глубина воды въ двѣнадцать футовъ. Затворъ предполагается поднимать на двѣнадцать футовъ. Поверхность его, обращенная къ теченію, представляетъ вертикальную плоскость, а оконечности затвора прилегаютъ къ гладкимъ направляющимъ, задѣланнымъ въ быки.

Затворъ этотъ состоитъ изъ двухъ главныхъ горизонтальныхъ балокъ, расположенныхъ на равныхъ разстояніяхъ отъ центра давленія. Поперечныя вертикальныя балки соединяютъ ихъ между собою, и къ нимъ прикрѣплена обшивка. Статическое давленіе на этотъ затворъ равно восьмидесяти одной тоннѣ. Вѣсъ затвора $18^1/_2$ тонъ, а приводящаго въ движеніе механизма съ роликами—около двадцати тонъ. Затворъ поднимается двумя прочными винтами. Эти винты

расположены горизонтально на рабочемъ мостикѣ и приводятъ въ движеніе большія гайки, расположенныя между направляющими.

Каждая гайка тянетъ цѣпи, которыя, пройдя чрезъ большіе шкивы къ нижней поверхности затвора, прикрѣпляются къ ней симметрически относительно центра тяжести затвора.

§ 32. Потеря воды чрезъ просачиваніе подъ плотинами.

Хотя едва ли возможно путемъ прямого опыта опредѣлить количество воды, теряющейся вслѣдствіе просачиванія сквозь песчаное ложе подъ плотиною, тѣмъ не менѣе, потерю эту можно опредѣлить приблизительно нижеслѣдующимъ образомъ.

Благодаря опытамъ Дарси, расходъ воды изъ четырнадцати-дюймовой трубы, поставленной вертикально и наполненной внизу пескомъ на высоту отъ двухъ до шести футовъ, былъ тщательно опредѣленъ при напорахъ воды отъ трехъ до сорока шести футовъ. Dupuit, сводя эти и другіе опыты, утверждаетъ, что расходъ этотъ прямо пропорціоналенъ напору и обратно пропорціоналенъ толщинѣ слоя песка, и что для одного метра напора и одного метра толщины фильтрующаго матеріала, скорость прохожденія воды или, скорѣе, количество просачивающейся воды составляетъ двадцать шесть кубическихъ метровъ въ сутки при крупномъ пескѣ и четыре съ половиной метра при самомъ мелкомъ пескѣ. Итакъ, чтобы остановить просачиваніе, необходимъ крупный песокъ, какъ основа, дающая устойчивость, и мелкій песокъ для заполненія промежутковъ между частицами крупнаго песка. При этихъ матеріалахъ (какъ убѣдился Брюнель при постройкѣ тоннеля подъ Темзой) вода сперва будетъ просачиваться, но затѣмъ скоро просачиваніе это совершенно прекратится.

Чтобы показать примѣръ примѣненія опытовъ Дарси, опредѣлимъ потерю воды чрезъ просачиваніе подъ аникутомъ, или плотиной, рѣки Годавери, черт. 11. Описаніе этой плотины уже дано въ § 28. Она возведена на слоѣ крупнаго песка, глубина котораго неизвѣстна и чрезъ который совершается постоянное просачиваніе, причемъ вода проходитъ подъ плотиной и поднимается до уровня рѣки ниже плотины. При этомъ изъ плеса, образованнаго плотиной, происходитъ постоянная тяга большей части запруженной воды чрезъ три большіе канала, берущіе начало изъ рѣки выше плотины. Однако же,

воды при этомъ опускается, въ самое жаркое время, только на одинъ или на два фута ниже гребня плотины. Существуетъ извѣстная площадь поверхности ложа рѣки выше плотины, чрезъ которую происходитъ просачиваніе. Фильтрація эта болѣе всего значительна около самой плотины и дѣлается все меньше по мѣрѣ удаленія отъ плотины вверхъ по теченію. Мы не имѣемъ никакихъ средствъ узнать, на какомъ разстояніи происходитъ еще ощутительная фильтрація.

Положимъ, что это разстояніе можетъ быть принято въ сто футовъ, и такъ какъ полная длина аникута равна 11.866 фут., то мы имѣемъ 1.186.600 квадр. фут. проницаемой песчаной поверхности, постоянно фильтрующей воду подъ напоромъ отъ двѣнадцати до четырнадцати футовъ. Несмотря на эту огромную площадь фильтрующей поверхности, уровень воды въ плесѣ выше аникута понижается очень мало, хотя весь расходъ воды можетъ быть менѣе 3.000 куб. фут. въ секунду (Engineering, 28 апрѣля 1876 г.).

Средній путь, который должна совершить вода чрезъ песокъ (черт. 44), чтобы пройти съ верховой на низовую сторону аникута, согласно вышеприведенной гипотезѣ, составитъ около восьмидесяти метровъ, и такъ какъ напоръ воды можно принять въ четыре метра, то скорость просачиванія, по вышеприведенной формулѣ Dupuit, при пятнадцати кубическихъ метрахъ, какъ средней величинѣ для крупнаго и мелкаго песка, будетъ $\frac{15 \times 4}{80} = {}^3/_4$ метра въ день, или $\frac{1}{3.511}$ фута въ секунду.

Затѣмъ скорость, умноженная на площадь, дастъ намъ $\frac{1.186.600}{3.511} =$ $= 338$ куб. фут. въ секунду, или 11 процентовъ отъ 3.000 куб. фут. расхода рѣки въ сухое время года.

Мы, такимъ образомъ, видимъ, что потеря воды не такъ велика, даже при самыхъ благопріятныхъ обстоятельствахъ для просачиванія, т. е. при большой площади и чистомъ пескѣ. При обыкновенныхъ же обстоятельствахъ промежутки между песчинками выше плотины и близъ поверхности ложа рѣки, заполняются мелкимъ иломъ, а изъ этого или на дно и на берегахъ рѣки образуется покровъ, сопротивляющійся просачиванію воды.

§ 33. Мосты и трубы.

Относительно мостовъ мы сдѣлаемъ здѣсь только нѣсколько бѣглыхъ замѣчаній, такъ какъ по этому предмету существуетъ нѣсколько прекрасныхъ и весьма полныхъ трактатовъ.

Вездѣ, гдѣ большія дороги пересѣкаютъ каналы, необходимо строить мосты для удовлетворенія существующему движенію.

Въ Америкѣ мосты чрезъ ирригаціонные каналы обыкновенно строятся деревянные, но въ Индіи, Египтѣ и Италіи они всегда строятся каменные.

Мосты часто соединяются и составляютъ часть регуляторовъ и перепадовъ. Относительно пролетовъ мостовъ, устраиваемыхъ на ирригаціонныхъ каналахъ, никогда не предстоитъ никакихъ затрудненій, такъ какъ регуляторы и спусковые шлюза всегда доставляютъ возможность держать высокую воду подъ мостомъ въ предѣлахъ опредѣленнаго расхода воды.

Трубы для пропуска дождевыхъ водъ подъ каналомъ въ Америкѣ обыкновенно строятся деревянныя съ прямоугольнымъ сѣченіемъ.

Труба должна быть достаточно просторная для пропуска воды при ливняхъ, не производя въ верховой части, по возможности, никакого подпора. Прежде чѣмъ опредѣлить ея отверстіе, полезно имѣть приблизительную съемку той площади, или бассейна, съ котораго вода должна быть пропущена чрезъ трубу, и тогда, предполагая самый сильный дождь, легко опредѣлить число куб. фут. воды въ секунду, которые надо пропустить чрезъ трубу. Опредѣливъ же продольный уклонъ трубы, мы имѣемъ тогда уклонъ и расходъ воды, изъ чего легко вывести поперечное сѣченіе трубы, какъ объяснено въ отдѣлѣ «*Движеніе воды*».

Myers даетъ формулу для приблизительнаго опредѣленія необходимой площади сѣченія для трубы, а именно:

$$a = c\sqrt{\text{площадь бассейна въ акрахъ}},$$

гдѣ $a =$ поперечному сѣченію трубы въ квадратныхъ футахъ, а c есть перемѣнный коэффиціентъ, имѣющій слѣдующія величины:

$c = 1$ для слегка волнистой мѣстности;

$c = 1.5$ для холмистой мѣстности;

$c = 4.0$ для гористой и скалистой мѣстности.

Съ перваго взгляда можетъ показаться, что такія вычисленія излишни для обыкновенной трубы, но, конечно, прибѣгая къ такому разсчету, получимъ лучшіе результаты, чѣмъ дѣйствуя наугадъ. Притомъ же эти разсчеты требуютъ только нѣсколькихъ минутъ времени. Наконецъ, надо еще замѣтить, что дурно устроенная труба, произведя прорывъ въ каналѣ въ эпоху орошенія, можетъ причинить огромный ущербъ и убытки.

§ 34. Акведуки (водопроводные мосты). Желоба.

Водопроводные мосты. или акведуки, обыкновенно называемые въ Америкѣ *желобами* (flumes), суть сооруженія. предназначенныя для проведенія канала чрезъ рѣку или оврагъ. Прежде чѣмъ рѣшиться на постройку акведука, необходимо изслѣдовать—нельзя ли измѣненіемъ теченія рѣки достигнуть того, чтобы можно было обойтись безъ перехода чрезъ рѣку. Очень поучительный примѣръ такого рѣшенія представляетъ отведеніе потока Chukkee на каналѣ *Baree Doab*, въ Индіи, для перехода котораго чрезъ этотъ потокъ были спачала проектированы очень дорогія сооруженія. При началѣ постройки канала Chukkee раздѣлялся на два рукава. Это раздѣленіе приходилось какъ разъ выше точки пересѣченія капала съ потокомъ, причемъ одинъ большій рукавъ впадалъ въ рѣку *Beas*, а другой въ рѣку *Ravee*.

Этотъ послѣдній, въ точкѣ раздѣленія рѣки на два рукава, былъ прегражденъ плотиною и полузапрудами изъ булыжника, защищенными правильной каменной кладкой. Такимъ образомъ, вся вода была направлена въ рукавъ Beas, и издержки на устройство перехода капала чрезъ рукавъ *Ravee* были сбережены.

Если. однако, каналъ встрѣчаетъ рѣку, которую нельзя отклонить, то могутъ встрѣтиться три случая, при которыхъ долженъ быть устроенъ этотъ переходъ.

Первый случай. Когда рѣка протекаетъ ниже капала.

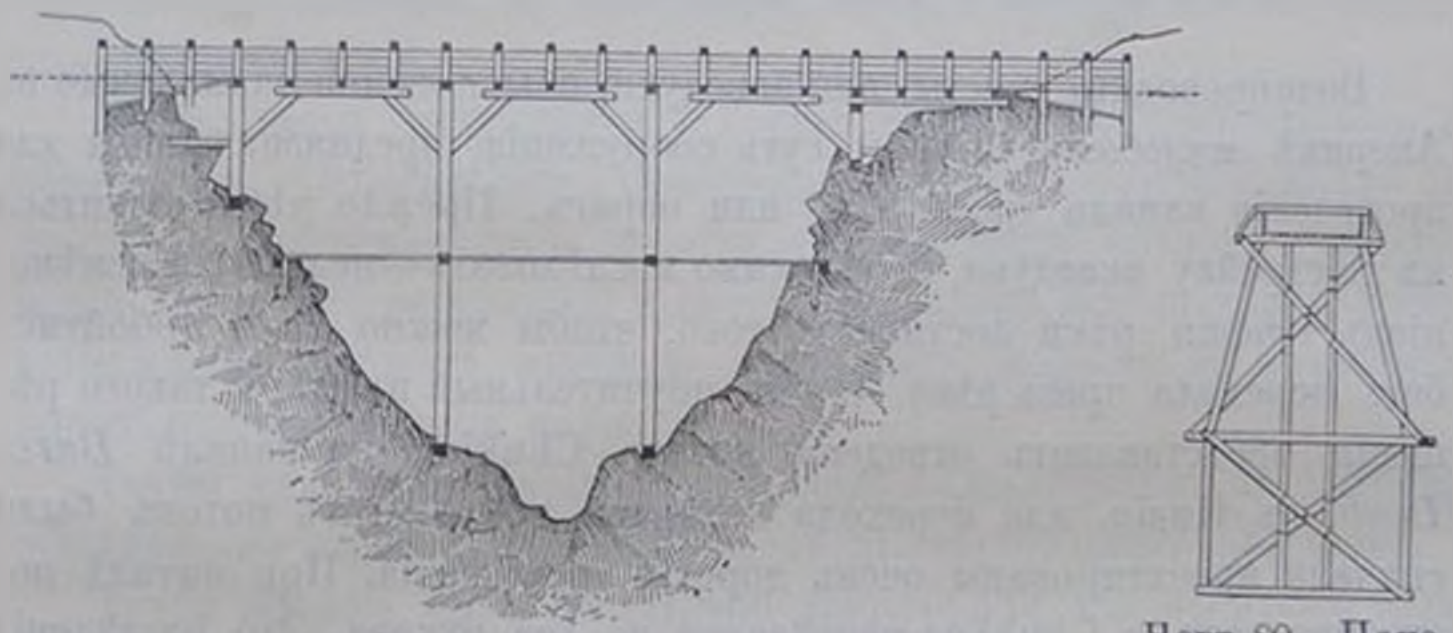
Второй случай. Когда рѣка протекаетъ на томъ же уровнѣ, въ которомъ приходится каналъ.

Третій случай. Когда рѣка протекаетъ выше канала.

Въ первомъ случаѣ каналъ проводится чрезъ рѣку *водопроводнымъ мостомъ*, или желобомъ (flume). При постройкѣ водопровод-

наго моста надо имѣть въ виду два крайне важныя условія. Первое заключается въ томъ, чтобы отверстіе акведука было вполнѣ достаточно для рѣчного протока подъ нимъ въ самыя высокія воды, а второе условіе заключается въ томъ, чтобы соединеніе акведука съ землянымъ ложемъ канала на оконечностяхъ перваго, было бы совершенно водонепроницаемо.

Вслѣдствіе недостаточно большого отверстія для протока высокихъ водъ акведукъ *Kali Nuddee* на Нижнемъ Гангесскомъ каналѣ, въ Индіи, былъ разрушенъ въ январѣ 1885 года и вызвалъ не только



Черт. 79.—Деревянный желобъ на каналѣ Uncompahgre.

Черт. 80.—Поперечное сѣченіе.

большіе расходы для его перестройки, но и причинилъ большія потери всей странѣ вслѣдствіе прекращенія ирригаціи.

Всѣ возможныя практическія мѣры должны быть приняты для опредѣленія расхода рѣки въ высокія воды, для того чтобы имѣть нѣсколько данныхъ для повѣрки, и должно быть опредѣлено отверстіе, достаточное для прохода паводка, съ условіемъ устранить малѣйшее сомнѣніе въ безопасности сооруженія. Свѣдѣнія по этому предмету можно найти въ отдѣлѣ «*Движеніе воды*».

Насыпи канала, примыкающія къ каменной кладкѣ акведука чрезъ рѣку *Dora Baltea*, на линіи канала Кавура, въ Италіи, сначала давали очень сильныя фильтраціи. Чтобы устранить это, насыпи эти были сперва утрамбованы, послѣ чего ихъ наполнили водою, глубиною до трехъ фут. Затѣмъ съ нѣсколькихъ лодокъ забрасывали глину на все дно этихъ насыпей.

Послѣ нѣкотораго времени воду спустили и загоняли скотъ на

грязное дно ложа канала, которое такимъ образомъ было перемято и получило большую непроницаемость. Послѣ этого ложе насыпей опять наполнили водою и тамъ, гдѣ замѣчены были фильтраціи, опять набросали глины и повторили вышеописанный процессъ. Такъ продолжали до тѣхъ поръ, пока, чрезъ промежутокъ времени около года, совершенно не прекратились фильтраціи.

Съ цѣлью экономіи скорость воды въ акведукахъ допускается очень значительною.

Акведукъ отличается отъ моста тѣмъ, что онъ проводитъ воду, вмѣсто обыкновенной или желѣзной дороги, и притомъ онъ не подверженъ сотрясеніямъ отъ случайно проходящихъ грузовъ.

Черт. 81.



Черт. 82.

Перепадъ Big Drop на каналѣ Grand River.

Акведуки обыкновенно строятся изъ каменной кладки, желѣза или дерева, или изъ соединенія этихъ матеріаловъ. Акведукъ *Солани*, въ Индіи, и акведукъ на р. *Дора Балтеа*, въ Италіи, представляютъ прекрасные образчики отличныхъ каменныхъ акведуковъ.

При употребленіи деревянныхъ желобовъ для акведуковъ теряется большое количество воды, потому что во время жаровъ дѣйствіе солнца производитъ въ нихъ многочисленныя трещины, которыя потомъ невозможно закопопатить и сдѣлать непроницаемыми.

Черт. 79 и 78 представляютъ фасадъ и профиль деревяннаго желоба на каналѣ *Uncompahgre*, въ Колорадо.

Черт. 81 и 82 суть планъ и профиль перепада *Big Drop* на каналѣ *Grand River*, въ Колорадо.

Этотъ перепадъ представляетъ еще *особенность* американскаго инженернаго искусства. До подхода къ этому перепаду профиль канала имѣетъ тридцать футовъ ширины и четыре фута глубины. На

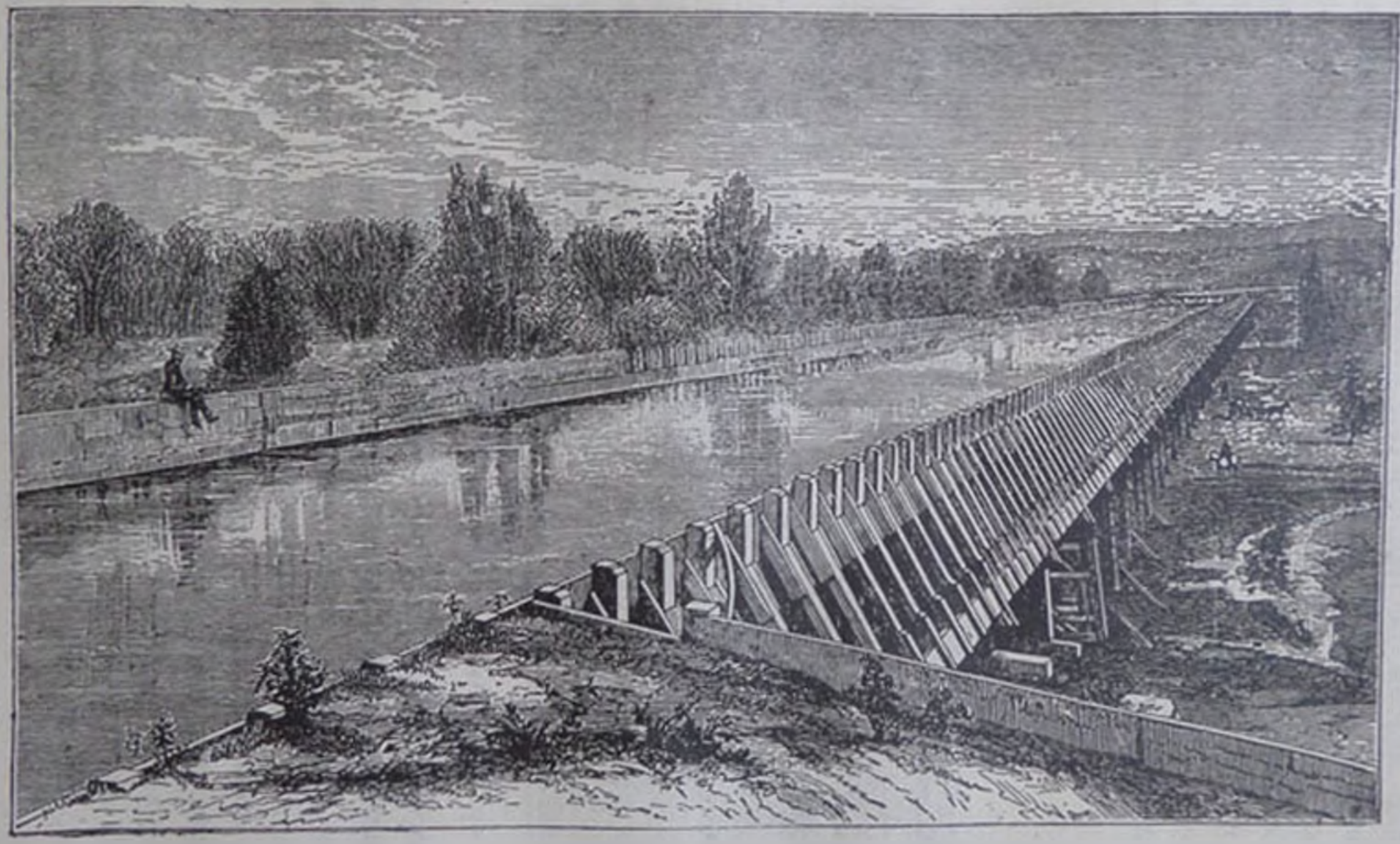
протяженіи перепада каналъ опускается на тридцать пять фут. на разстояніи 135 футовъ, и на нижнемъ концѣ его вода ударяется о порогъ изъ толстыхъ вертикальныхъ бревенъ и отбрасывается имъ



Черт. 83. — Желобъ на Platte Canal, въ Колорадо, и р. Platte.

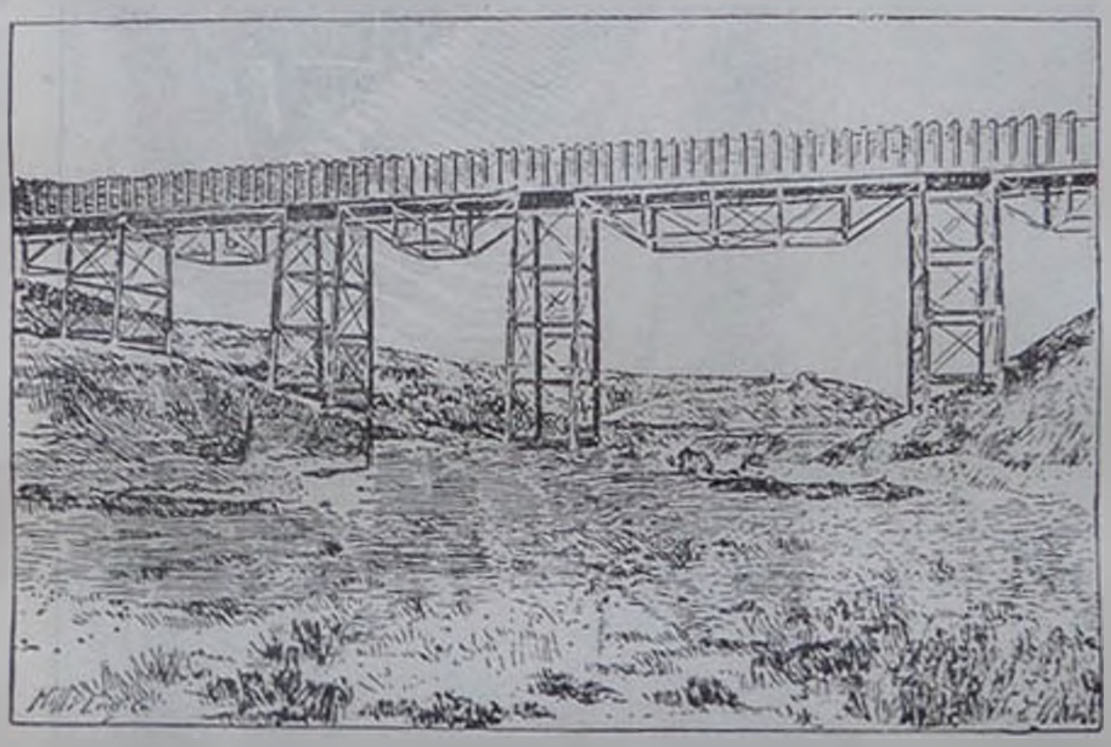
въ стороны, послѣ чего стекаетъ чрезъ расширяющійся желобъ съ наклонными къ оси его деревянными перегородками.

Черт. 83 даетъ видъ на Platte Canal (High Line) въ Колорадо, представляющій желобъ, выходящій изъ тонеля, а черт. 84 видъ желоба на томъ же каналѣ, пересѣкающаго рѣку *Plum Creek* близъ Асеквіа.



Черт. 81. — Видъ желоба на Platte Canal черезъ рѣку Plum Creek.

Гражданскій инженеръ P. O'Meara въ Transactions of the Institution of Civil Engineers, томъ 73, описываетъ деревянные акведуки, или желоба, построенные въ Колорадо. North Poudre Canal отъ плотины до конца балки (canon) проведенъ по ряду тоннелей и желобовъ, причемъ эти послѣдніе проходятъ или по вырубленнымъ въ скалѣ горизонтальнымъ уступамъ, или по мостамъ, перекинутымъ чрезъ овраги. Горизонтальные уступы, или продольныя площадки, вырубленныя въ скалѣ, имѣютъ ширину въ девять футовъ. Желобъ, который уложенъ на пихъ, равно какъ и на мостахъ, имѣетъ ши-

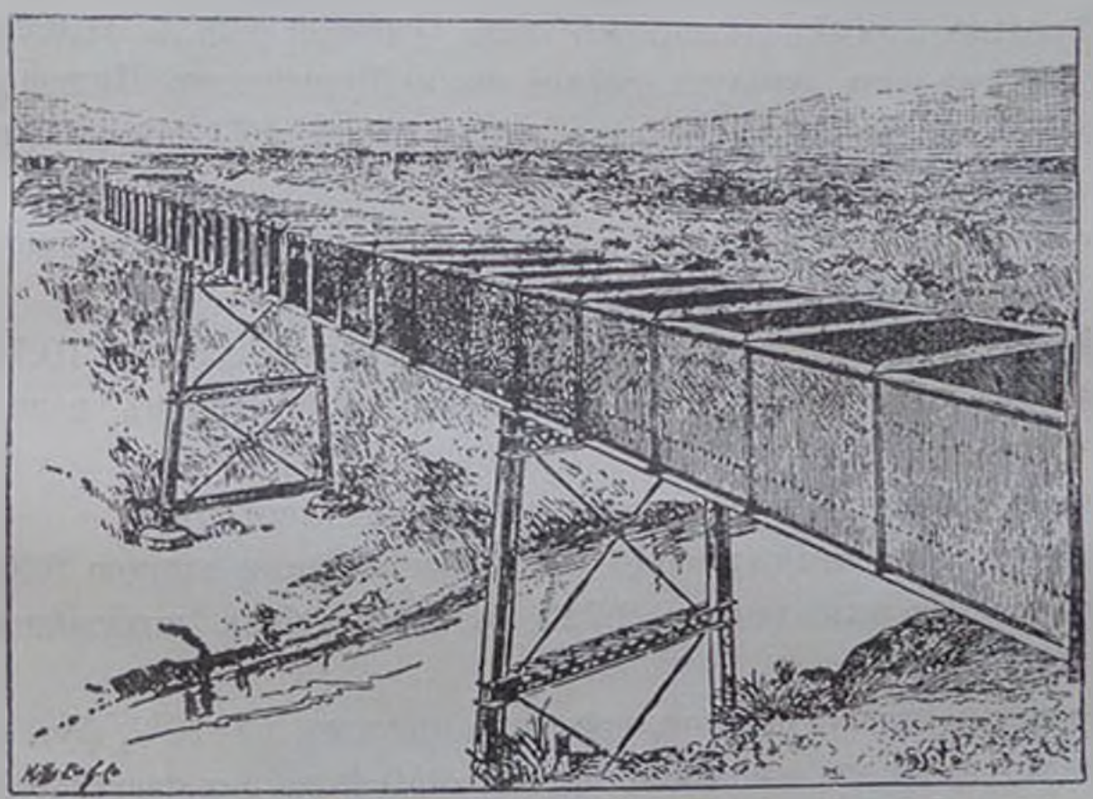


Черт. 85. — Акведукъ чрезъ р. Malad на каналѣ Bear River.

рину восемь фут. и глубину шесть фут., причемъ онъ нѣсколько выступаетъ за край площадки, а для усиленія его въ нѣкоторыхъ мѣстахъ подведены подъ него продольныя балки и вертикальныя стойки. Дальше, гдѣ каналъ пересѣкаетъ нѣсколько рѣчекъ и потоковъ, желоба сдѣланы шириною двѣнадцать фут. и глубиною четыре фута три дюйма для того, чтобы болѣе согласовать профиль желоба съ профилью канала въ равнинѣ, гдѣ онъ имѣетъ ширину двадцать футовъ на днѣ и четыре фута три дюйма глубины.

Тамъ, гдѣ желобъ соединяется съ каналомъ—на извѣстномъ разстояніи приняты мѣры для предохраненія земляныхъ откосовъ канала отъ дѣйствія увеличенной скорости воды, протекающей изъ желоба, а равно уменьшенъ нѣсколько и продольный уклонъ канала.

Желоба на всемъ протяженіи тщательно проконопачены. Тамъ, гдѣ желоба соприкасаются съ тоннелями или выемками въ скалѣ, они обдѣланы каменной кладкой на цементѣ, на протяженіи трехъ или четырехъ футовъ, или двойной каменной стѣнкой съ промежуткомъ, наполненнымъ глиной. Т. O'Meara сообщаетъ, что здѣсь вездѣ грунтъ былъ скалистый, трещиноватый и легко проницаемый для воды, а потому было найдено необходимымъ проводить здѣсь воду не по насыпямъ, а въ деревянныхъ желобахъ. Въ одномъ случаѣ участокъ канала



Черт. 86. — Желобъ чрезъ р. Malad на рукавѣ Corinne каналъ Bear River.

North Poudre, длиною около четверти мили, былъ проведенъ въ земляной насыпи, и была впущена въ него вода, но кончилось это тѣмъ, что вся вода ушла изъ него, и пришлось устроить здѣсь деревянный желобъ, хорошо проконопаченный.

Черт. 85 показываетъ высокій желѣзный акведукъ чрезъ рѣку *Malad* на девятой мили канала Bear River, въ Ютѣ (Utah). Этотъ акведукъ имѣетъ 378 футовъ длины при наибольшей его высотѣ въ восемьдесятъ футовъ. Быки его сквозные, желѣзные (trestles) съ пролетами чрезъ рѣку въ семьдесятъ футовъ.

Желобъ этого акведука сдѣланъ изъ дерева. Онъ имѣетъ ширину двадцать футовъ въ свѣту и предназначенъ для провода воды глу-

биною семь футовъ. Подходы къ этому акведуку состоятъ тоже изъ деревянныхъ желобовъ тѣхъ же размѣровъ и длиною въ 500 фут.

Черт. 86 представляетъ желѣзный водопроводный желобъ чрезъ рѣку Malad на рукавѣ Corinne канала Bear River. Это сооруженіе основано на сваяхъ и желѣзныхъ цилиндрахъ, наполненныхъ бетономъ. Водопроводъ состоитъ изъ трехъ главныхъ пролетовъ отъ 26 до 60 фут. въ длину. Отличительная черта его та, что верхнее строеніе его, составляющее мостъ, сдѣлано изъ прокатнаго желѣза, образующаго желобъ, по которому проведена вода.

Вѣроятно, самый знаменитый изъ существующихъ водопроводныхъ мостовъ есть акведукъ *Solani* около Руркійскаго Инженернаго Коллегіума на линіи Гангесскаго канала (черт. 87). Здѣсь предлагается краткое его описаніе.

Сооруженіе, при помощи котораго каналъ проведенъ чрезъ долину рѣки Солани, состоитъ изъ трехъ частей:

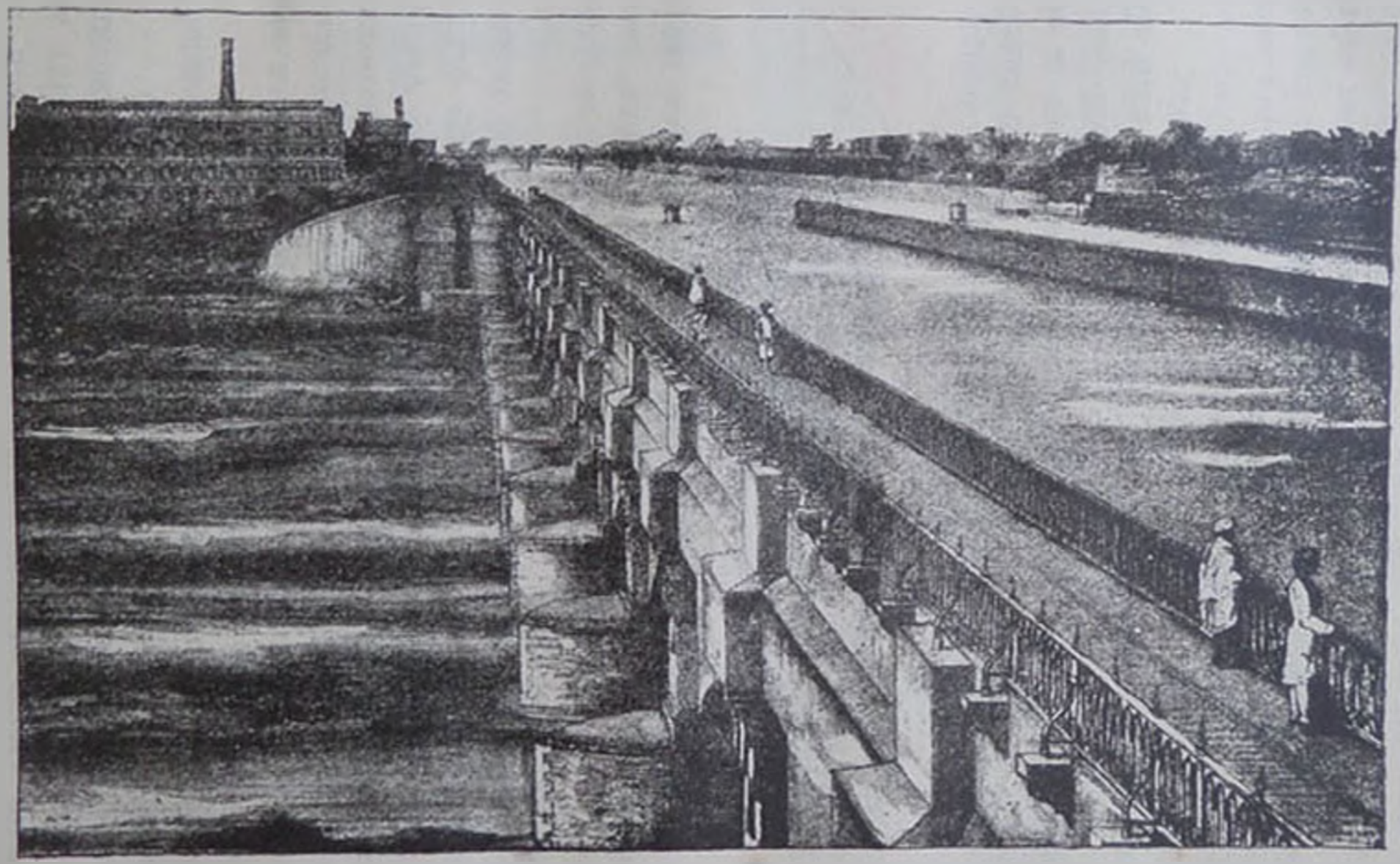
Первое. Земляная насыпь съ кирпичной одеждой, длиною 10.713 ф., идущая отъ возвышеннаго берега на верховой сторонѣ канала къ рѣкѣ Солани.

Она показана въ поперечномъ сѣченіи на черт. 88.

Второе. Каменный акведукъ чрезъ рѣку Солани длиною 920 фут.

Третье. Насыпь длиною 2.723 фута, подобная показанной на черт. 88.

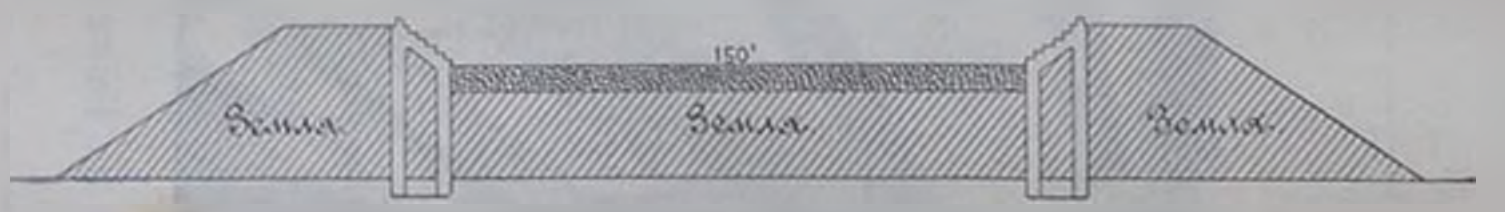
Земляная насыпь поднята, среднимъ числомъ, на $16^1/_2$ фут. выше мѣстности, имѣя въ основаніи ширину 350 фут., а наверху ширину 290 фут. На поверхности этой насыпи выведены банкеты канала имѣющіе наверху ширину 30 фут. и высоту 12 фут. Откосы этого канала защищены отъ дѣйствія воды длинными каменными поддерживающими стѣнами, устроенными уступами, или ступенями, на всю ихъ длину, составляющую около двухъ и три четверти ($2^3/_4$) англійскихъ миль, т. е. болѣе четырехъ верстъ. Самая рѣка пересѣкается каменнымъ акведукомъ, который представляетъ собою не только величайшее сооруженіе этого рода въ Индіи, но одно изъ замѣчательнѣйшихъ, по своимъ размѣрамъ, сооруженій въ цѣломъ свѣтѣ. Полная длина акведука Солани равна 920 футамъ. Сложное его отверстіе для протока воды равно 750 фут., раздѣленнымъ на пятнадцать пролетовъ, каждый въ пятьдесятъ фут. Ширина каждой арки равна 192 футамъ. Толщина арокъ равна пяти футамъ, а форма ихъ



Черт. 87. — Видъ акведука Силлани на Гангесскомъ каналѣ.

представляетъ сегментъ круга съ подъемомъ въ восемь футовъ. Быки основаны на каменныхъ массивахъ, опущенныхъ на двадцать футовъ въ дно рѣки и представляющихъ собою кубы, имѣющіе двадцать футовъ въ сторонѣ, съ четырьмя вертикальными колодцами внутри, и опущенныхъ въ грунтъ обыкновенными способами. Это основаніе по всему протяженію обезпечено всѣми способами, данными наукой и опытомъ, а масса каменной кладки, опущенной въ грунтъ ниже поверхности его, едва-ли менѣе объема ея, видимаго сверху.

Быки имѣютъ толщину въ десять футовъ на высотѣ пяты арокъ и $12^1/_2$ футовъ высоты. Полная высота сооруженія надъ долиной рѣки—тридцать восемь футовъ. Тѣмъ не менѣе, сооруженіе не представляется такимъ грандіознымъ, если смотрѣть на него снизу, и именно вслѣдствіе недостаточной его высоты. но если смотрѣть на



Черт. 88. — Поперечное сѣченіе канала Солани.

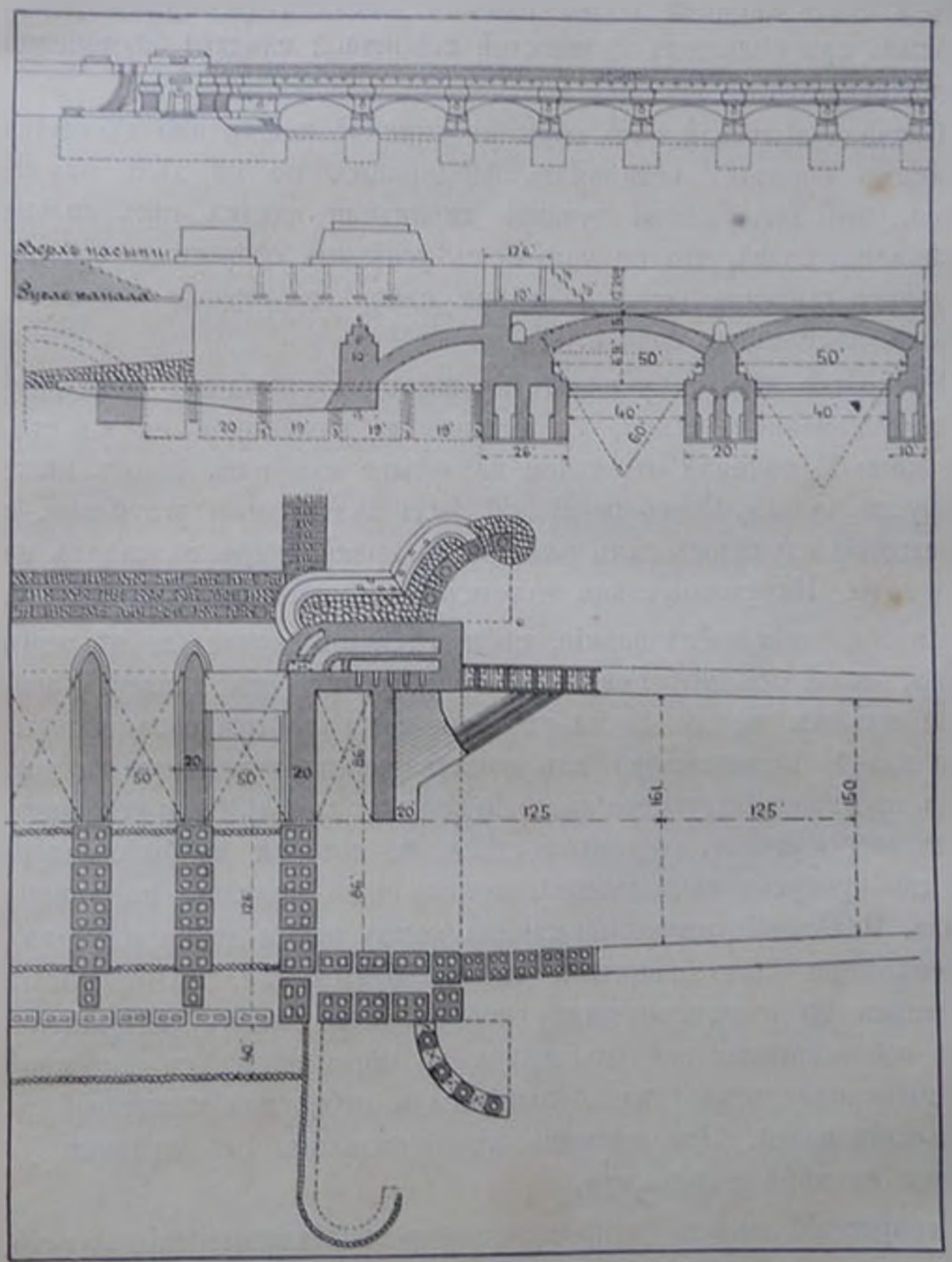
него съ возвышеннаго пункта и замѣтитъ необыкновенную его ширину съ проложеннымъ посреди ея каменнымъ каналомъ, длиною около трехъ англійскихъ миль ($4^1/_2$ версты), то ощущеніе получается поразительное.

Собственно каменное водопроводное ложе образовано двумя отдѣльными параллельными каналами, каждый шириною 85 фут. Боковыя стѣны толщиною восемь футовъ и высотою двадцать фут. Глубина воды, при полномъ снабженіи, равна 10 футамъ. Продолженіе земляного канала, длиною около трехъ четвертей мили, соединяетъ каменное сооруженіе съ возвышеннымъ берегомъ у Рурки и приводитъ каналъ къ концу труднаго участка его протяженія.

Акведукъ проводилъ болѣе 7.000 куб. фут., но обыкновенно по немъ протекаетъ отъ 5.000 до 6.000 куб. фут. въ секунду.

Военный инженеръ капитанъ J. Crofton (R. E.) въ своемъ рапортѣ о Гангесскомъ каналѣ говоритъ слѣдующее: «Акведукъ чрезъ рѣку Солани стоитъ прочно; состояніе ложа рѣки выше и ниже акведука показываетъ, что отверстіе для пропуска воды не больше и не меньше того, что слѣдуетъ. Ниже сооруженія нѣтъ ни ямъ, ни

сплошного углубленія русла, но замѣчается также никакихъ наносовъ, кромѣ крайнихъ арокъ, подъ которыми есть небольшое коли-



Черт. 80. — Каналъ Солани.

чество наносовъ, отложившихся послѣ наводковъ. Дно русла канала наверху акведука требуетъ покрытія какимъ-нибудь водонепроницаемымъ составомъ; просачиваніе сквозь арки все еще происходитъ

хотя меньше, чѣмъ вначалѣ; вслѣдствіе этого наружная штукатурка поверхности арокъ довольно значительно повреждается, и въ нѣкоторыхъ мѣстахъ кирпичи болѣе плохого качества (которыхъ нельзя избѣжать при большомъ количествѣ кирпичной кладки) постепенно выкрашиваются.

Сначала полагали, что поры въ кирпичѣ постепенно затянутся и такимъ образомъ остановятъ фильтрацію, но на дѣлѣ оказывается, что даже самая лучшая кирпичная кладка такъ сильно насыщается водой, что не можетъ съ успѣхомъ сопротивляться постоянному давленію воды, даже при напорѣ ея гораздо меньшемъ, чѣмъ въ настоящемъ случаѣ.

Нѣсколько лѣтъ тому назадъ произошло поврежденіе части внутренней каменной стѣнки, состоявшее въ наклоненіи ея въ сторону канала, начиная отъ точки на четыре или пять футовъ ниже дна русла канала. Этотъ послѣдній былъ значительно углубленъ, и поврежденіе случилось какъ разъ въ то время, когда въ каналѣ не было воды. Наружная стѣна получила чуть замѣтное поврежденіе.

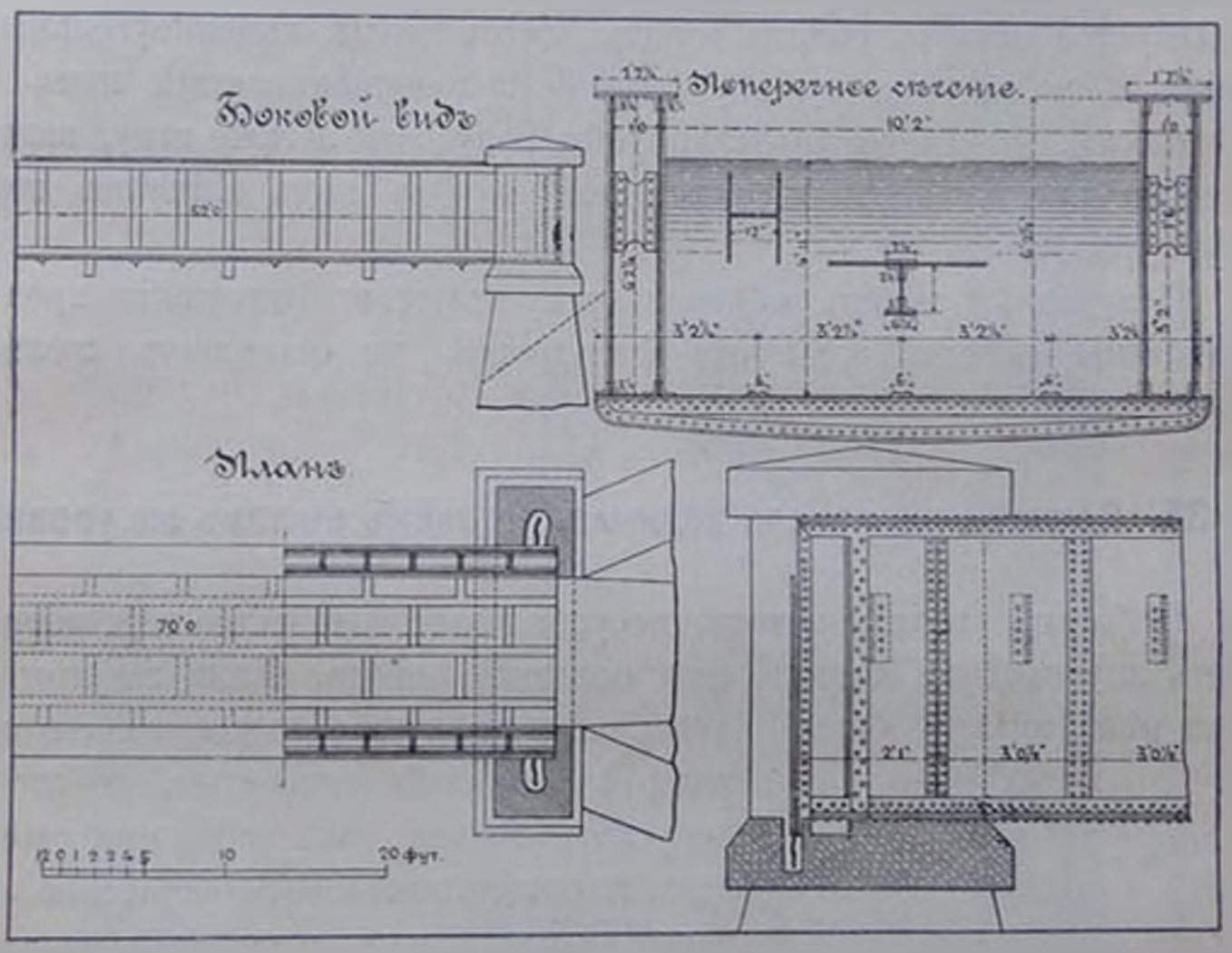
На основаніи изслѣдованія, произведеннаго тотчасъ послѣ этого случая, оказалось, что поврежденіе произошло отъ давленія земляной насыпки между двумя стѣнами, которая была сильно насыщена водой, проникавшей изъ канала черезъ кирпичную кладку. Когда противодѣйствующее давленіе воды въ каналѣ было устранено черезъ его опусканіе, то тонкая стѣна, въ которой не было отверстій для пропуска насыщавшей насыпку воды, подалась въ сторону канала. Вслѣдствіе этого по каналу между этими двумя стѣнами пропущена была защитная стѣна бутовика, но отъ этого отказались по экономическимъ соображеніямъ, и въ дѣйствительности всѣ защитныя работы сведены къ обращенію съ наружной стороны канала откоса изъ бутовика и сбросомъ кирпичеобломочныхъ вещей. Эти насыпи пополнялись отъ времени до времени по мѣрѣ надобности.

Хаммерсмитскій каналъ *) проведенъ черезъ Мадженерскій Аллювій, или почву, въ которомъ водопроводная жилка, которой заслуживаетъ особаго вниманія вслѣдствіе необыкновенной чистоты воды

*) Примѣръ С. С. Зоо Инженеръ Н. Е. Берлинъ и особый Каналъ.

какъ при проектированіи его, такъ и при постройкѣ. а равно и соотвѣтственности цѣли, которой онъ долженъ удовлетворять. Расходъ этого капала, при полномъ снабженіи, составляетъ 177 куб. фут. въ секунду. Всѣ детали его видны на черт. 90.

Желѣзный желобъ имѣетъ длину 70 фут. и покрываетъ пролетъ въ 62 фут. Живое сѣченіе его имѣетъ ширину 10,17 фут., а бока его состоятъ изъ двухъ желѣзныхъ коробчатыхъ фермъ высотою



Черт. 90. — Каналъ Henares.
Акведукъ изъ сварочнаго желѣза черезъ Majana Arroyo.

6.2 фут. Полный вѣсъ желѣза этого желоба равенъ 27,3 тонны, а вѣсъ воды, когда желобъ полонъ, равенъ 90 тон. Каждая ферма разсчитана на 200 тонн, равномѣрно распредѣленныхъ, а весь желобъ на 400 тонн.

Этотъ водопроводъ совершенно предохраненъ отъ фильтраціи весьма остроумнымъ способомъ; концы желоба опираются на каменныя основныя плиты: на 1 дюйма отъ конца каждой устроена подушка, состоящая изъ длинныхъ полосъ войлока. обмакнутыхъ

въ сало и шириною 9 дюймовъ; войлокъ этотъ положенъ на камни поперекъ желоба, который, давя на него, образуетъ совершенно водонепроницаемый шовъ.

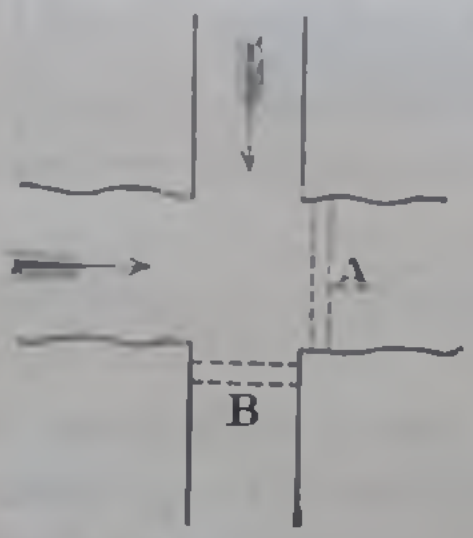
Для еще большей безопасности въ основныхъ плитахъ сдѣлано углубленіе параллельно длинѣ желоба, глубиной 1 фут. и шириной 4 дюйма, идущее вокругъ конца всего желоба.

Въ это углубленіе входитъ вертикальная свинцовая полоса, приклепанная къ желобу въ видѣ бахромы; затѣмъ въ это углубленіе наливается вокругъ свинца горячая смѣсь смолы, каменноугольнаго дегтя и мелкаго песку, образующая водонепроницаемый шовъ и, однако же, достаточно упругая, чтобы допускать легкую игру, вызываемую расширеніемъ и сжиманіемъ желѣза подъ вліяніемъ температуры.

Полученный такимъ образомъ результатъ, въ отношеніи предупрежденія потери воды отъ фильтраціи, не оставляетъ желать ничего лучшаго.

§ 35. Пересѣченіе канала воднымъ потокомъ въ томъ же уровнѣ.

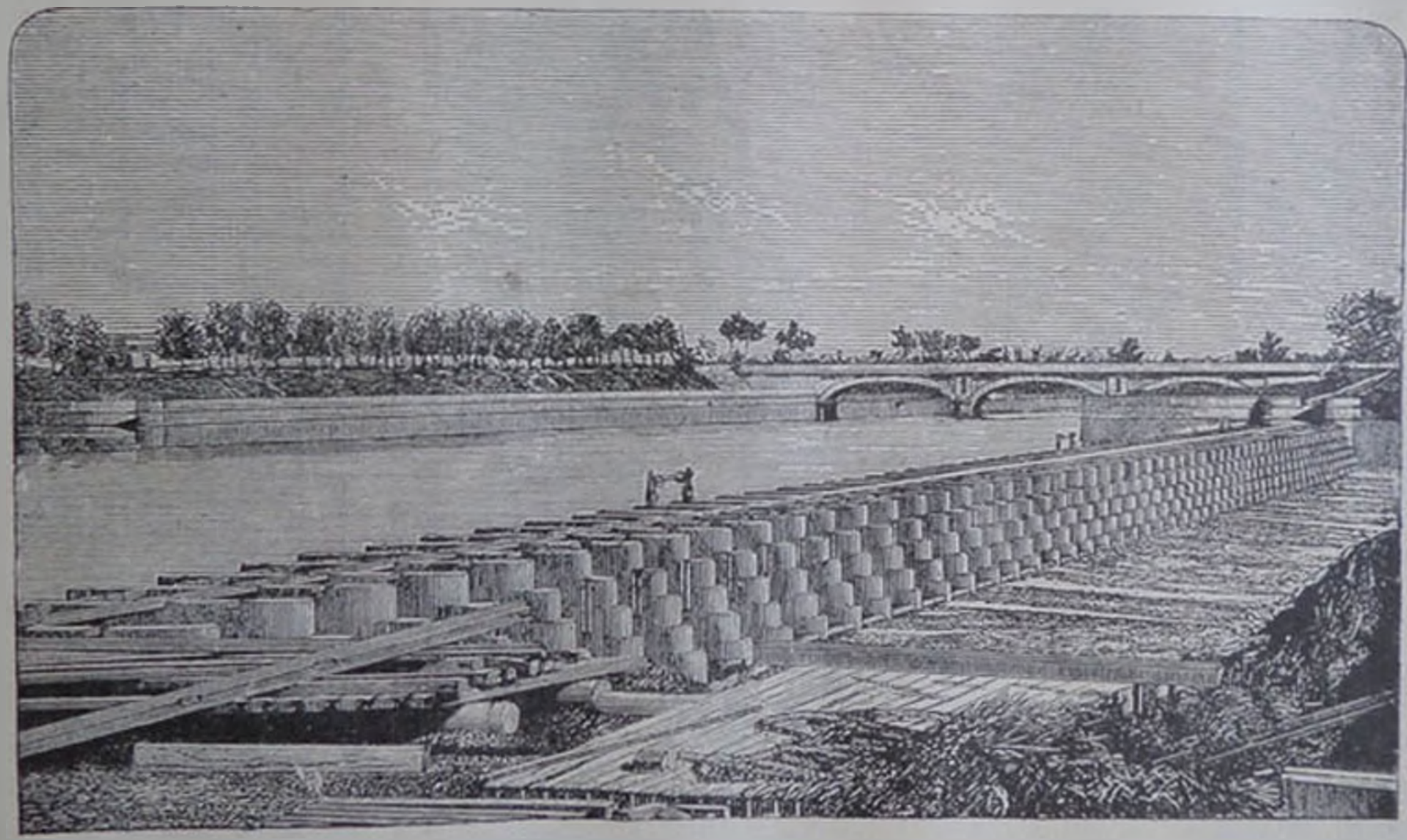
Небольшіе водные потоки, несущіе малое количество ила, могутъ быть впущены въ каналъ безъ большого вреда. Если же потокъ или рѣка имѣютъ большіе размѣры и влекутъ большое количество воды съ высокой скоростью, то этого допускать нельзя, такъ какъ при этомъ вода, насыщенная иломъ, совершенно занесетъ русло канала и вызоветъ переливаніе изъ него воды черезъ банкеты или размывъ ихъ, или, наконецъ, прорывъ чрезъ нихъ. Въ этихъ случаяхъ, чтобы провести воду потока черезъ каналъ, надо принять мѣры, которыя легко понять изъ слѣдующаго описанія такого пересѣченія, показаннаго въ планѣ на черт. 91.



Черт. 91.

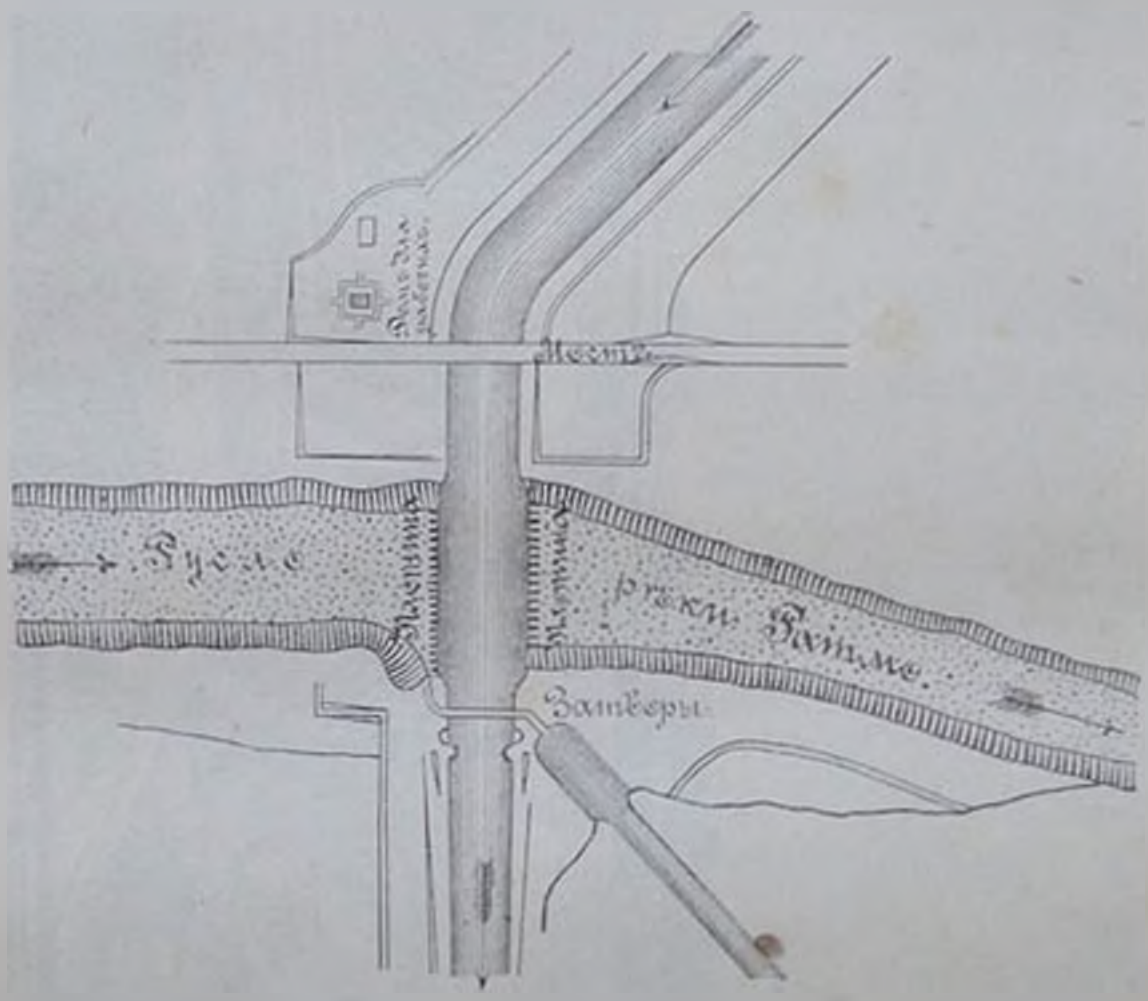
Буква *B* означаетъ регуляторъ, построенный поперекъ канала и снабженный обыкновенными шлюзными затворами. Буква *A* означаетъ плотину поперекъ русла потока, снабженную спусковыми затворами.

При обыкновенныхъ обстоятельствахъ *A* закрыто, а *B* открыто.



Черт. 92. — Видъ моста и плотины на пересѣченіи Гангесскаго канала р. Rumoo, близъ Dhunowree.

такъ что вода канала протекаетъ по своему ложу безпрепятственно. Но когда наступаетъ половодье въ потокѣ, тогда *A* должно быть открыто, а *B* закрыто, причемъ вода наводка пересѣкаетъ каналъ и стекаетъ дальше по собственному руслу. Въ этомъ случаѣ количество воды, протекающее черезъ плотину *A*, можетъ быть равно иногда суммѣ расходовъ потока и самого канала. Ложе и откосы канала и потока въ тѣхъ предѣлахъ, гдѣ они могутъ подвергаться

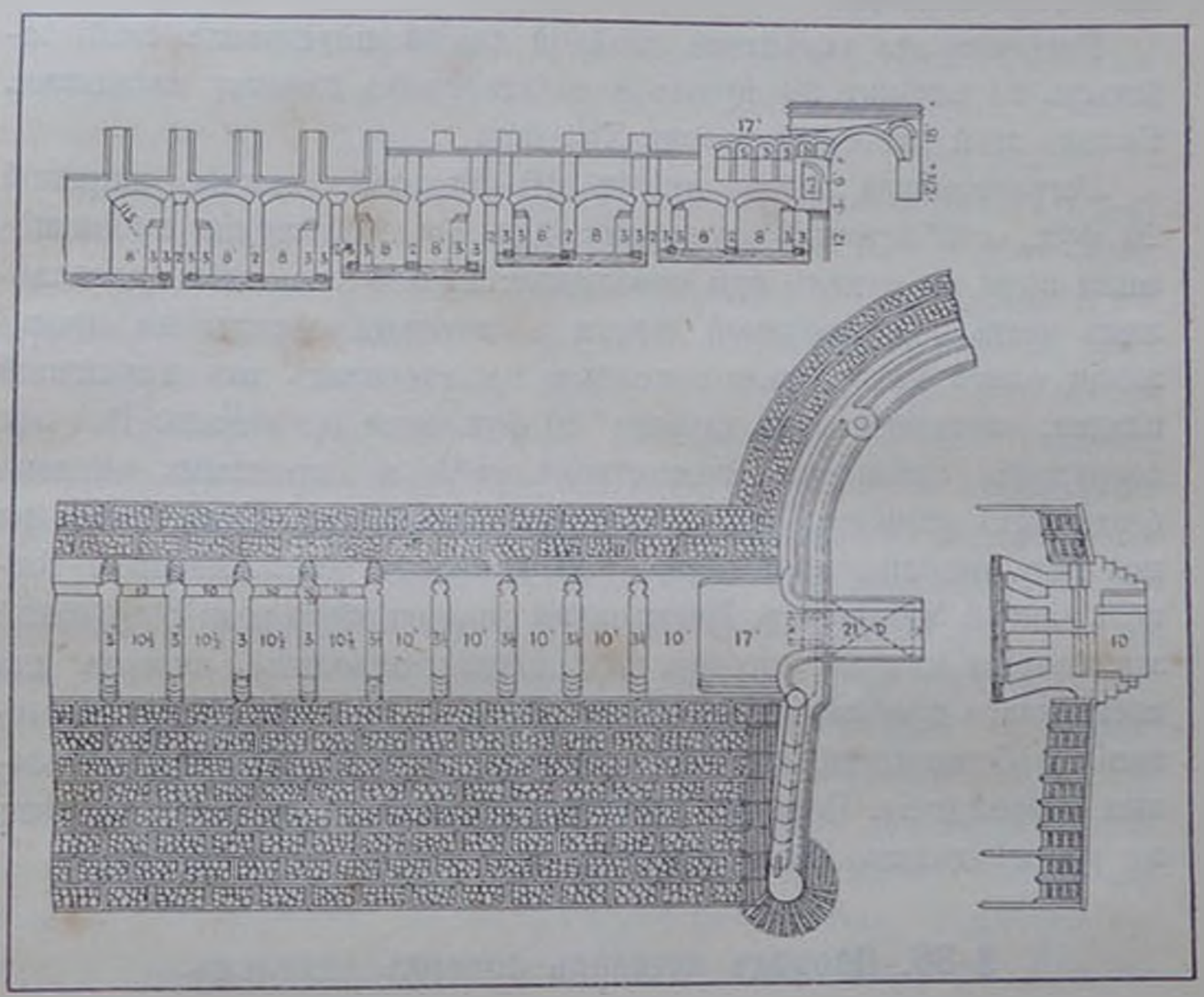


Черт. 93. — Планъ пересѣченія Гангесскаго канала р. Ratmoo близъ Dhunowree.

размывающему дѣйствію воды, должны быть вымощены или защищены инымъ способомъ отъ разрушающаго дѣйствія воды.

Весьма хорошій примѣръ пересѣченія канала потокомъ въ томъ же уровнѣ представляетъ пересѣченіе—Dhunowree на верхнемъ Гангесскомъ каналѣ въ точкѣ пересѣченія потокомъ *Ratmoo*. Черт. 92 представляетъ видъ моста и плотины въ этомъ пересѣченіи. Черт. 93 показываетъ планъ его. Плотина состоитъ изъ 17 шлюзныхъ отверстій съ пролетомъ въ 10 футовъ каждый, изъ которыхъ нѣкоторые показаны на чертежѣ 94 и раздѣлены быками въ $3^1/_2$ фут. толщиной. Пороги шлюзовъ находятся на одномъ уровнѣ съ днемъ ка-

нала. Къ шлюзамъ съ каждой стороны примыкаетъ по пяти водосливовъ той же ширины, у которыхъ пороги возвышаются на 6 фут. выше пороговъ шлюзовъ и которые раздѣлены быками такой же толщины, какъ быки центральной части. Еще дальше, на краяхъ, устроены платформы, возвышающіяся на 10 фут. выше дна канала и которыхъ поверхность совпадаетъ съ поверхностью быковъ. Эти возвы-



Черт. 94. — Пересѣченіе въ одномъ уровнѣ Гангесскаго канала.

шенныя платформы, имѣющія длину 17 футовъ, соединены съ вымосткой окружающей мѣстности каменными наклонными плоскостями, устроенными въ крайнихъ точкахъ плотины. Величина отверстій для протока воды черезъ шлюза равняется 470 футамъ, затѣмъ на высотѣ отъ 6 до 10 футовъ она увеличивается до 570 фут., а во время половодья, когда вода протекаетъ черезъ всю плотину, ширина отверстія равна 800 фут.

Въ 10 шлюзахъ, расположенныхъ въ крыльяхъ плотины (по 5

съ каждой стороны), закрываніе и открываніе ихъ производится съ помощью шандорныхъ брусьевъ, для которыхъ въ быкахъ сдѣланы пазы: во всѣхъ остальныхъ шлюзахъ закрываніе производится съ помощью опускныхъ щитовъ.

Съ низовой стороны плотины расположена рисберма изъ ящиковъ, наполненныхъ камнемъ, на протяженіи 43½ фут. отъ каменнаго пола шлюзовъ.

Рисберма эта укрѣплена двойной линіей шпунтовыхъ свай, забитыхъ на глубину 20 футовъ и соединенныхъ наверху насадками. Уклонъ этой рисбермы равенъ 2¼ фут.

Регуляціонный мостъ имѣетъ 10 отверстій, каждое шириной 20 фут., снабженныхъ затворами для предупрежденія проникновенія воды въ каналъ при наводненіи; кромѣ того, здѣсь расположенъ мостъ для проѣзжей дороги и каменныя одежды на протяженіи одной мили, расположенныя на массивахъ изъ кирпичной кладки, опущенныхъ на глубину 20 фут. ниже дна канала. Всѣ эти сооруженія защищены множествомъ свай и огромнымъ числомъ бездонныхъ ящиковъ, наполненныхъ булыжникомъ. Рѣка, когда на ней нѣтъ наводка, протекаетъ подъ каналомъ черезъ двойной тоннель длиной 500 футовъ. Невыгодная сторона этого рода сооруженій заключается въ томъ, что при нихъ должны находиться казармы для постояннаго пребыванія людей на мѣстѣ, и, въ случаѣ ихъ невниманія и безпечности, сильный паводокъ можетъ произвести серьезныя поврежденія. Поэтому, пересѣченіе каналовъ потоками въ томъ же уровнѣ должно быть избѣгаемо при всякой возможности.

§ 36. Проводъ потоковъ поверхъ каналовъ.

Третій случай—когда потокъ долженъ быть проведенъ выше канала—противополагается первому случаю, когда каналъ долженъ быть проведенъ черезъ рѣку посредствомъ акведука.

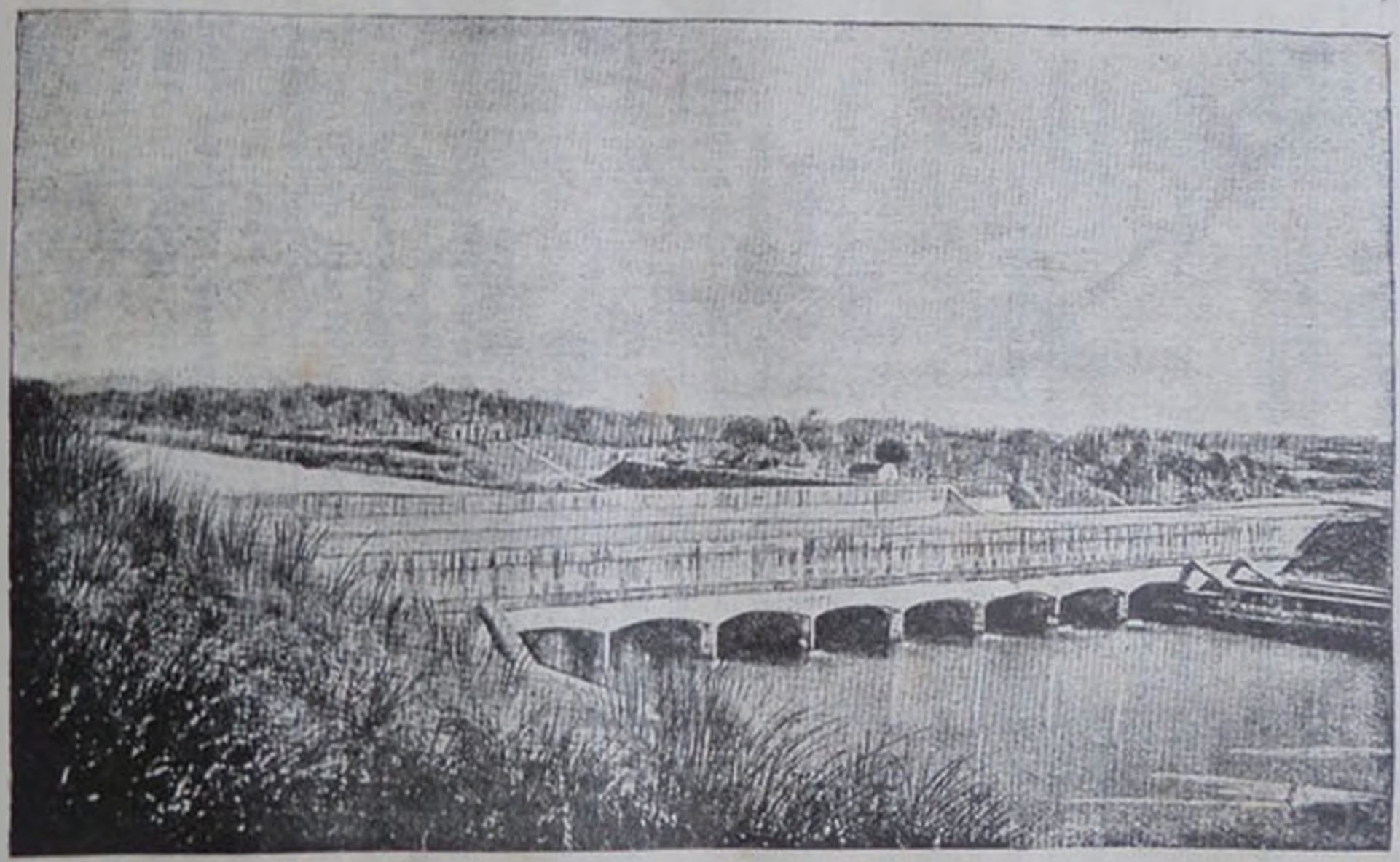
Проведеніе большого количества воды поперекъ и поверхъ канала представляетъ весьма дорогую и трудную работу, такъ какъ въ этомъ случаѣ надо обезпечить, во время сильнаго половодья, возможность наводку пройти съ полной безопасностью, а въ случаѣ, если это сооруженіе устроено на судоходномъ каналѣ, то подъ нимъ еще должно быть оставлено достаточное отверстіе, чтобы

не прерывать судоходства по каналу. Въ этомъ послѣднемъ случаѣ, если допускаетъ уклонъ мѣстности, передъ этимъ сооруженіемъ каналъ можетъ быть опущенъ до требуемой глубины устройствомъ вертикальнаго каменнаго перепада и при немъ камернаго шлюза. Во всякомъ случаѣ придется имѣть постоянное наблюденіе надъ потокомъ для предупрежденія измѣненія его русла и размыва банкетовъ канала.

Сооруженіе для провода потока черезъ каналъ можетъ служить мостомъ въ то время, когда въ потокѣ не бываетъ теченія. Проводъ потоковъ поверхъ канала представляетъ то преимущество, что въ этомъ случаѣ каналъ не подверженъ запосамъ отъ потока, который всегда насыщенъ значительнымъ количествомъ ила. Кромѣ того, такое расположеніе представляетъ ту выгоду, что не требуетъ содержанія на мѣстѣ большого персонала въ дождливый періодъ, какъ это бываетъ при пересѣченіи канала въ уровнѣ, причемъ приходится управлять регуляціоннымъ сооруженіемъ ручной работой. Наконецъ, въ этомъ случаѣ протокъ воды по каналу не подверженъ перерыву, такъ какъ не представляется необходимости закрывать его на пересѣченіи, чтобы предохранить отъ проникновенія въ него воды, насыщенной иломъ. Это замѣчаніе относится и къ проводу канала черезъ рѣку акведукомъ, или водопроводнымъ мостомъ, и оба эти случая предпочтительны пересѣченію канала въ уровнѣ, подобно случаю, приведенному въ § 35, гдѣ характеръ мѣстности не допускалъ иного расположенія. Существуютъ два прекрасныхъ образчика перевода потока черезъ каналъ нѣсколько миль ниже головныхъ сооруженій верхняго Гангесскаго канала, а именно переходъ черезъ этотъ каналъ потоковъ Puttri и Raniporе. Эти сооруженія имѣютъ отверстія между парапетами въ 200 и 300 фут., и когда въ потокахъ нѣтъ паводка, они служатъ мостами для сообщенія черезъ каналъ.

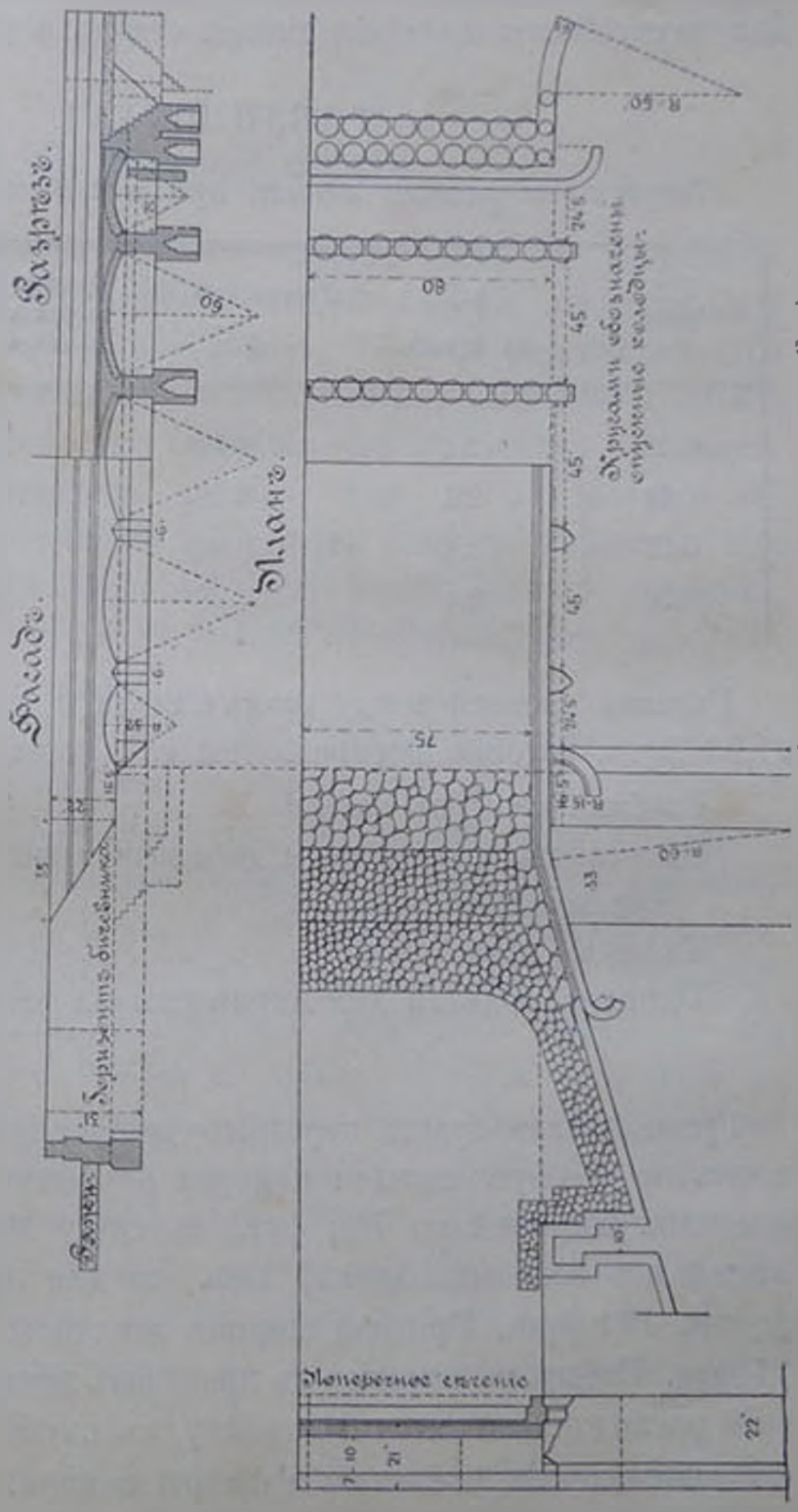
Черт. 95 представляетъ видъ перехода *Raniporе*. Онъ взятъ изъ «Irrigation in India by Mr. H. M. Wilson» въ Transactions of American Society of Civil Engineers, volume 23. Переходъ потока Seesooan черезъ каналъ Sutlej показанъ на черт. 96.

Принимая бассейнъ потока Seesooan длиной въ 8 миль и шириной 3 мили, мы получаемъ площадь въ 24 квадратныхъ мили. Затѣмъ, принимая наибольшее количество выпадающаго дождя



Черт. 95. — Переходъ потока Ramipore черезъ Ганесскій каналъ.

въ $^1/_2$ дюйма въ одинъ часъ, мы получимъ 7.725 куб. фута въ секунду, что очень близко совпадаетъ съ расходомъ, исчисленнымъ по площади живого сѣченія у пересѣченія съ каналомъ, при скорости, соотвѣтствующей уклону въ 1 на 791. Чтобы пропустить этотъ расходъ, каменному руслу была придана въ пересѣченіи ширина 150 фут. и глубина $6^1/_2$ фут. Это требовало бы средней скорости около 8 фут. въ секунду. Приданные такимъ образомъ размѣры болѣе чѣмъ соотвѣтствуютъ ожидаемому расходу при самой шероховатой поверхности каменной кладки. Маіоръ *Crofton*, авторъ этого проекта, опредѣлилъ скорость по одной изъ старыхъ формулъ, имѣющей постоянную величину для c, а именно по формулѣ $v = 93\sqrt{rs}$. Разсчитывая среднюю скорость въ каменномъ руслѣ по формулѣ Куттера и съ различными величинами для n, соотвѣтствующими каменнымъ поверхностямъ, мы получимъ результаты, приведенные



Черт. 96. — Переходъ потока Sesia черезъ каналъ Sulej.

въ таблицѣ XVI. Ширина русла канала равняется 150 фут., а вертикальные бока имѣютъ глубину $6^1/_2$ фут., какъ показано на черт. 96. Уклонъ здѣсь равенъ 1 къ 794. Среднимъ числомъ $r = 2{,}4$ фута. Для дальнѣйшихъ свѣдѣній смотри отдѣлъ о *Движеніи воды.*

ТАБЛИЦА XVI.

Скорость и расходъ канала при различныхъ величинахъ n.

Величина n.	$\sqrt{r}$ въ футахъ.	Уклонъ 1 на 794 $\sqrt{s}$	Средняя скорость въ футахъ въ одну секунду v.	Расходъ въ куб. футахъ въ 1 секунду R.
0,13	2,1	0,35489	12,6	12,285
0,15	2,4	0,35489	11,0	10,725
0,17	2,1	0.35489	9,8	9,555
0,20	2,4	0,35489	8,4	8,190

Разница уровней между дномъ канала и дномъ потока равняется 21.93 фута, которые распредѣлены слѣдующимъ образомъ:

Глубина воды въ каналѣ	7,00	фут.
Высота отъ уровня воды до ключа арки (для судоходства)	10,00	»
Толщина арки	3,00	»
Толщина обдѣлки дна кирпичемъ на ребро .	1,93	»
Всего . . .	21,93	фут.

Русло канала будетъ перекрыто тремя средними арками съ пролетомъ по 15 фут. каждая и двумя боковыми по 32 фут. каждая: бечевникъ шириной по $7^1/_2$ фут. въ свѣту будетъ проходить подъ каждой изъ боковыхъ арокъ, такъ что для протока воды остается ширина 181 фута. Средняя ширина земляного русла канала равна 177 фут. Избытокъ ширины въ пролетахъ моста сдѣланъ для устраненія расходовъ на его перестройку, въ случаѣ, если бы понадобилось впослѣдствіи увеличить размѣры канала.

Ширина каменнаго русла для потока надъ каналомъ (на чертежѣ 96 изображена половина его русла) проектирована по дну въ 150 фут. съ вертикальными боковыми стѣнками 10 фут. высо-

тою и толщиною внизу 5 фут., а вверху 4 фут. Обдѣлка надъ арками будетъ сдѣлана изъ асфальта или иного водонепроницаемаго матеріала и покрыта рядомъ известковаго камня. За боковыми стѣнами будетъ уложена утрамбованная глина, покрытая каменной вымосткой.

§ 37. Обратные сифоны.

Обратные сифоны или просто — сифоны, какъ ихъ называютъ иногда, употребляются вмѣсто водопроводнаго моста (акведука) или вмѣсто провода потока поверхъ канала. Уровни пересѣкающихся руслъ опредѣляютъ родъ сооруженія, которое наиболѣе соотвѣтствуетъ мѣстнымъ условіямъ. Вода въ сифонѣ всегда находится подъ напоромъ, и обыкновенно напору этому даютъ такую величину, чтобы разность уровней при входѣ воды въ сифонъ и при выходѣ ея изъ него придавала бы водѣ очень большую скорость, вслѣдствіе чего сила теченія въ сифонѣ предупреждаетъ отложеніе въ немъ ила и другихъ осадковъ.

Если вода въ сифонѣ не обладаетъ достаточной скоростью для предупрежденія осадка изъ нея не только ила, но даже каменнаго матеріала, движущагося обыкновенно по дну, то сифонъ современемъ будетъ частью или вполнѣ засоренъ. и вода его, подпруженная такимъ образомъ, произведетъ наводненіе и. весьма вѣроятно, прорветъ банкеты канала и вызоветъ другія поврежденія. Вѣроятно, самый интересный изъ существующихъ обратныхъ сифоновъ—это сифонъ подъ рѣкою Stony Creek на каналѣ Central Irrigation въ графствѣ Colusa, въ Калифорніи. Сифонъ этотъ удовлетворяетъ четыремъ цѣлямъ, а именно: 1) онъ служитъ обратнымъ сифономъ для провода воды канала подъ рѣкою Stony, 2) онъ служитъ для спуска излишней воды изъ этого канала въ рѣку, 3) онъ служитъ вспомогательнымъ затворомъ для остановки теченія воды въ каналѣ передъ рѣкой Stony и, наконецъ, 4) для принятія воды изъ рѣки въ низовую часть канала.

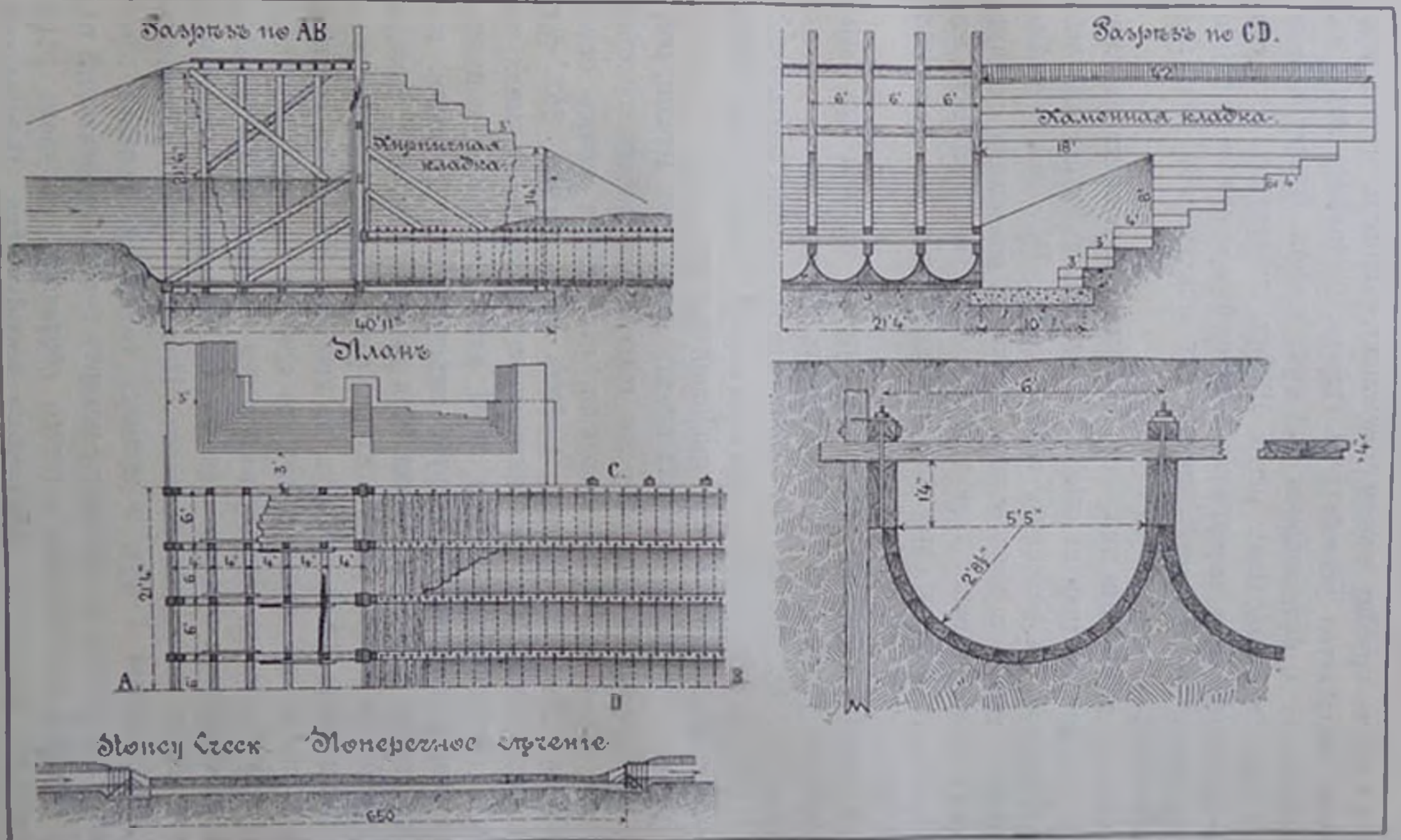
Слѣдующее описаніе этого сооруженія дано проектировавшимъ его г. C. E. Grunsky, главнымъ инженеромъ въ Central Irrigation District, а поясняющіе описаніе рисунки взяты изъ сообщенныхъ имъ чертежей.

Каналъ Central Irrigation District проектированъ для орошенія 156.000 акровъ земли въ центральной части западной стороны долины Sacramento. Каналъ выведенъ изъ рѣки Sacramento съ уклономъ 1 : 10.000 ($6^3/_8$ дюйма на милю). Онъ имѣетъ на днѣ ширину въ 60 фут. и, по проекту, долженъ имѣть глубину воды въ 6 фут. Расходъ его равенъ 730 фут. въ секунду.

При своемъ южномъ направленіи. этотъ каналъ пересѣкаетъ всѣ рѣки, которыя текутъ съ восточнаго склона приморскаго хребта *Coast Range*.

Самая большая изъ пересѣкаемыхъ такимъ образомъ рѣкъ есть Stony Creek, бассейнъ которой равняется 760 кв. милямъ, а наибольшій расходъ 30.000 куб. фут. въ секунду. Дно канала и дно рѣки въ точкѣ пересѣченія находятся на одной высотѣ. Ширина рѣки въ этомъ мѣстѣ между берегами равняется 600 фут.: дно ея состоитъ изъ чистаго гравія. Въ точкѣ пересѣченія съ каналомъ въ рѣкѣ этой, въ іюнѣ или въ іюлѣ, обыкновенно не бываетъ воды. Сифонъ подъ рѣкой, показанный на чертежѣ 97, состоитъ изъ 7 полукруглыхъ деревянныхъ трубъ, построенныхъ изъ длинныхъ брусьевъ и покрытыхъ сверху горизонтальной платформой. Эти полукруглыя трубы прикрѣплены къ горизонтальной платформѣ желѣзными хомутами, концы которыхъ въ видѣ болтовъ пропущены сквозь продольные брусья, положенные на платформѣ, и такимъ образомъ удерживаютъ трубы отъ поднятія вверхъ. Все сооруженіе нагружено гравіемъ и прикрѣплено къ дну рѣки якорями для предупрежденія всплытія его вверхъ. Концы трубъ уложены на бетонѣ въ каменныхъ камерахъ, служащихъ для входа и выхода воды. Камеры эти устроены такимъ образомъ, что онѣ могутъ сообщаться или разобщаться съ рѣкой: для этого въ нихъ устроены пазы, въ которые запускаются горизонтальные шандорные брусья. Такимъ образомъ, эти камеры могутъ служить для спуска воды изъ канала въ рѣку. Онѣ могутъ также служить запорной плотиной для урегулированія воды въ каналѣ. Наконецъ, онѣ могутъ служить пріемникомъ воды изъ рѣки въ каналъ, давая такимъ образомъ возможность для дополнительнаго орошенія нижележащихъ мѣстностей. Черт. 97 даетъ планъ и разрѣзы этого сооруженія.

Каналъ Агра, въ Индіи, пересѣкаетъ потокъ Buriya. Расходъ воды въ этомъ потокѣ равенъ 2.000 куб. фут. въ секунду, и про-



Чертъ 97. — Сифонъ подъ р. Stony Creek на Central Irrigation District Canal.

текаетъ онъ по крутому каменистому ложу. Проводъ потока подъ каналомъ достигается устройствомъ сифона, состоящаго изъ 7 каменныхъ трубъ 6 фут. ширины и 4 фут. высоты, скорость воды въ которыхъ при паводкахъ равна 12 фут. въ секунду. Эта скорость достаточна для передвиженія камней средней величины и, слѣдовательно, обезпечиваетъ сифонъ отъ отложенія въ немъ всякихъ наносовъ.

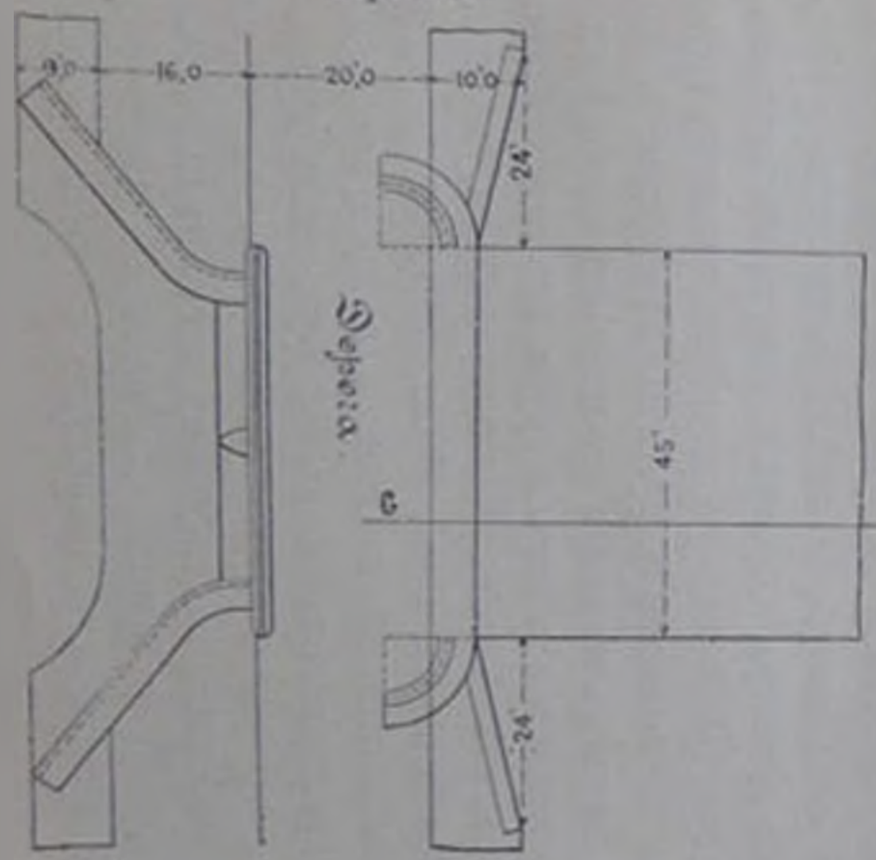
Каменныя трубы эти покрыты большими каменными плитами, прикрѣпленными болтами къ стѣнамъ, образующимъ трубы, для чего болты задѣланы въ каменную кладку стѣнъ. Въ точкѣ пересѣченія банкеты канала поддерживаются прочными каменными стѣнами, а самый каналъ, сохраняя свою профиль, проведенъ земляпымъ желобомъ поверхъ сифона, причемъ сохраняетъ тотъ же подводный периметръ и ту же скорость.

Дно сифона вымощено массивной бутовой кладкой изъ большихъ камней, равно какъ входъ и выходъ изъ сифона.

Черт. 98, 99, 100 и 101 изображаютъ сифонъ, проводящій рѣку Hurron Creek (Nullah) подъ каналомъ Sirhind или Sutlej. Сооруженіе это построено изъ кирпичной кладки.

Обратный сифонъ, проводящій каналъ Кавура, въ Италіи, подъ рѣкой Чезія, представляетъ одну изъ наилучшихъ работъ въ этомъ родѣ. Во время большихъ наводковъ рѣка Чезія несетъ около 160.000 куб. фут. въ секунду. Сифонъ этотъ имѣетъ 863 фут. длины: онъ состоитъ изъ пяти эллиптическихъ трубъ, большая ось которыхъ горизонтальна и при входѣ равна 16 фут. 5 дюймамъ. Вертикальный діаметръ этихъ трубъ имѣетъ 7 фут. 10 дюйм. высоты при входѣ и 7 фут. 6 дюйм. при выходѣ. Сложная площадь пяти трубъ при входѣ равна 183 кв. фут., а каналъ проектированъ для провода 3.883 куб. фут. въ секунду. Это даетъ среднюю скорость при входѣ около 8 фут. въ секунду, а при расходѣ въ каналѣ 3.000 фут. въ секунду получается средняя скорость около 6 фут. въ секунду, и при этихъ скоростяхъ найдено, что въ сифонѣ не происходитъ осажденія наносовъ. Покрытіе трубъ образовано кирпичной кладкой 1 фут. 9 дюймовъ толщиной: поверхъ этого уложенъ слой бетона и, наконецъ, поверхъ бетона—деревянный настилъ, верхняя поверхность котораго совпадаетъ съ дномъ рѣки. Доски настила положены параллельно теченію рѣки. Полная тол-

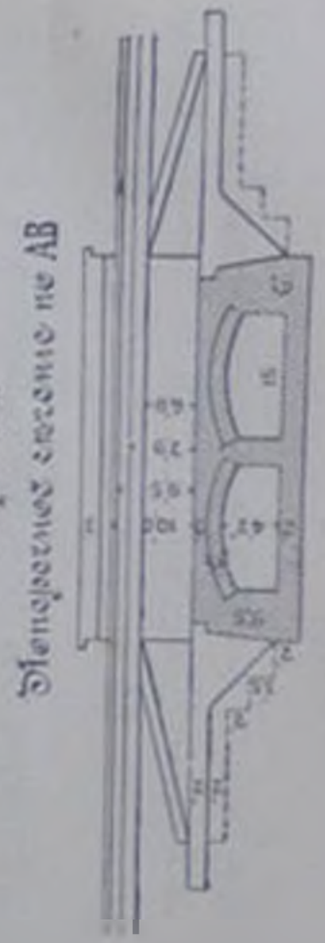
Черт. 98.



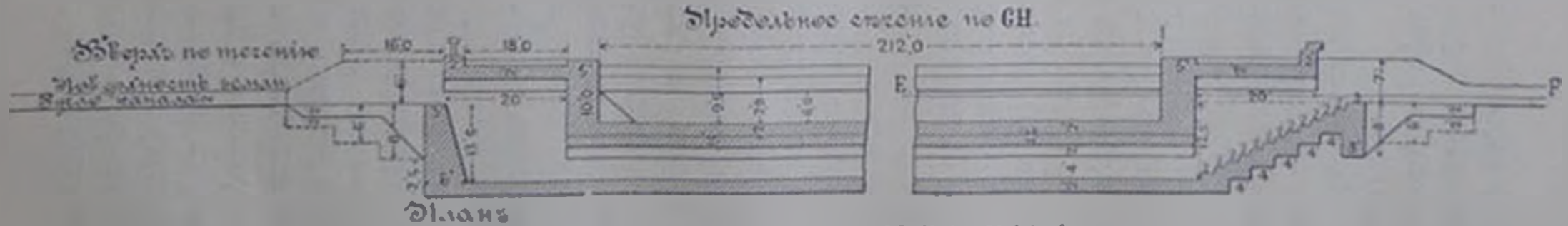
Черт. 99.



Черт. 101.



Черт. 100.



План

Сифонъ на каналѣ Hurron Nullah Sirhind.

щина кирпичной кладки бетона и настила отъ ключа арки до дна рѣки равна 3 фут. 2 дюймамъ. Поверхность воды въ каналѣ, послѣ прохода по сифону, находится на высотѣ 2 фут. 3 дюйм. выше дна рѣки Чезіи.

На каналѣ Verdon, во Франціи, находится нѣсколько сифоновъ изъ котельнаго желѣза; изъ нихъ четыре проведены черезъ глубокія долины. Самый важный изъ нихъ сифонъ St. Paul длиной 890 фут., устроенный изъ двухъ параллельныхъ желѣзныхъ трубъ, — каждая 5 фут. 9 дюйм. внутренняго діаметра при наибольшемъ давленіи столба воды въ $116^3/_8$ фута. Расходъ воды въ этомъ каналѣ равенъ 212 куб. фут. въ секунду, причемъ скорость воды въ сифонѣ равняется 8 фут. въ секунду. Горизонтальная часть сифона, положенная на днѣ долины, имѣетъ длину 321,6 фут. Остальныя части ея длины состоятъ изъ двухъ наклонныхъ трубъ, уложенныхъ съ уклономъ въ $2^1/_2$ на 1. Желѣзныя трубы имѣютъ толщину стѣнокъ 0,353 и 0,315 дюйма соотвѣтственно для горизонтальной и наклонныхъ частей.

При соединеніи горизонтальной части съ наклонными, трубы задѣланы въ каменную кладку; остальная часть длины трубъ поддерживается чугунными роликами, укрѣпленными на каменныхъ массивахъ, расположенныхъ въ 31 фут. одинъ отъ другого. На случаи расширенія и сжатія трубъ, извѣстную часть длины горизонтальнаго и наклонныхъ участковъ составили изъ звеньевъ, сперва постепенно увеличивающихся въ діаметрѣ, а затѣмъ постепенно уменьшающихся до нормальнаго діаметра, образуя эти части изъ звеньевъ, входящихъ одно въ другое. Въ этихъ утолщеніяхъ толщина трубъ уменьшена до $^1/_4$ дюйма для большой упругости. Утверждаютъ, что выдвиганіе и вдвиганіе звеньевъ въ этихъ утолщеніяхъ вполнѣ удовлетворяютъ условіямъ расширенія и сжатія трубъ отъ температуры. При началѣ работъ на каналѣ Verdon длинные сифоны, въ томъ числѣ и только что описанный St. Paul, были устроены въ естественной скалѣ и одѣты каменной кладкой для предупрежденія просачиванія воды на глубинахъ отъ 50 до 82 фут. ниже дна долины, въ предположеніи, что скала будетъ сопротивляться гидравлическому давленію. По окончаніи же сифоновъ, когда въ нихъ была пущена вода, оказалось, что ни одинъ изъ нихъ не дѣйствовалъ удовлетворительно; тогда начали ихъ поправлять и стали произво-

дить опыты сперва надъ тѣми, которые подвергались меньшему давленію, и кончая тѣми, которые подвергались наибольшему давленію. Послѣ многихъ хлопотъ и расходовъ достигли того, что всѣ они оказались удовлетворительными. исключая сифона St. Paul. который надо было оставить и замѣнить вышеописанными желѣзными трубами.

На одной изъ вѣтвей этого канала существуетъ сифонъ длиною 443 фута. подверженный давленію столба воды въ $71^1/_2$ фут.

Каналъ Lozoya, въ Испаніи, съ расходомъ 89 куб. фут. въ секунду имѣетъ 6 сифоновъ, одинъ изъ которыхъ состоитъ изъ 4 чугунныхъ трубъ, каждая 2,8 фута въ діаметрѣ. Три изъ этихъ трубъ проводятъ воду канала, а четвертая назначена въ запасъ на случай поврежденія остальныхъ.

Въ Испаніи. на каналѣ Хукаръ, существуютъ два весьма интереснихъ сифона, проведенные подъ *баранкосами*. или потоками, Carlet и Alginet, первый длиной 455 фут., а послѣдній длиной 524 фут.

Сифонъ Carlet. лежащій въ $14^1/_2$ мил. ниже города Антела—очень древнее сооруженіе. Расходъ его равенъ 350 куб. фут. въ секунду. Каналъ имѣетъ ширину 19 футовъ выше сифона, но съуживается до $7^1/_2$ футовъ при входѣ въ сифонъ, который преграждень, вопервыхъ, желѣзной, а затѣмъ деревянной рѣшеткой. Рѣшетины въ нихъ расположены черезъ 6 дюймовъ. Какъ разъ надъ входомъ въ сифонъ помѣщается домъ сторожа. Изъ русла потока къ сифону устроены два каменныхъ вертикальныхъ колодца, тоже снабженныхъ рѣшетками: отверстія этихъ колодцевъ расположены въ каменной камерѣ. въ которой профиль водопровода имѣетъ ширину 6.75 фут. и 8 фут. высоты. Паденіе на протяженіи сифона равняется 4,9 фут. Г. Aymard разспрашивалъ рабочихъ, которые были въ сифонѣ, и они говорили ему, что галлерея его имѣетъ 5,9 фута ширины и 6,5 фут. высоты. Отсюда онъ вычислилъ скорость въ сифонѣ, опредѣленную имъ въ 10 фут. въ секунду.

Генералъ Scott Moncrieff говоритъ, что въ Испаніи мавры оставили много образчиковъ ихъ искусства въ устройствѣ тоннелей и сифоновъ на ирригаціонныхъ каналахъ.

Такъ, напримѣръ. каналъ *Мигарес*. который орошаетъ 9.800 акровъ земли, близъ самаго вывода его изъ рѣки входитъ въ тоннель въ 1.300 фут. длины, послѣ чего онъ принимается сифономъ въ 327 фут. длины подъ оврагомъ *Viuda*. Самая низкая точка этого сифона

находится на 180 фут. ниже его устья и на 90 фут. ниже настоящаго дна потока, который онъ пересѣкаетъ. Паденіе на протяженіи его равняется 13 фут.

§ 38. Пониженіе уровня воды въ каналахъ вслѣдствіе самоуглубленія.

Понижепіе дна канала путемъ размытія его въ длинныхъ линіяхъ есть серьезное зло во всякомъ ирригаціонномъ каналѣ, въ особенности въ каналѣ, имѣющемъ большой расходъ воды, скажемъ, болѣе 1.000 куб. фут. въ секунду. *Размытіе* обыкновенно приписывается мѣстному дѣйствію воды. между тѣмъ какъ попижепіе дна (Retrogression of levels) замѣчается только па длинныхъ участкахъ каналовъ. Оно происходитъ отъ приданія слишкомъ большого уклопа дпу капала и, слѣдовательно, отъ слишкомъ большой скорости воды. Напримѣръ, каналъ, дпо котораго обозначено линіей *AB* на черт. 102 устроенъ съ уклономъ въ 2 фут. на милю.

Капалъ имѣетъ значительную среднюю скорость, выше 3-хъ фут. въ секунду. Грунтъ, по которому проведенъ каналъ, — песчанистая глина, которая не можетъ выдержать безъ размыва скорость выше 2,25 фута въ секунду.

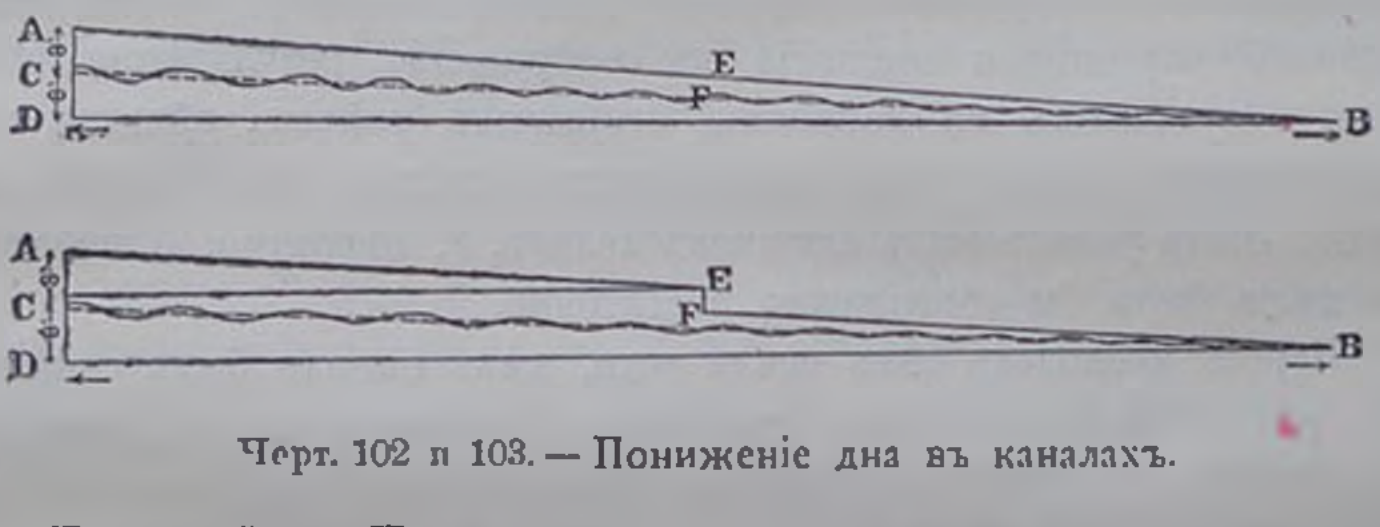
Впродолженіи нѣсколькихъ лѣтъ теченіе въ каналѣ размоетъ дно до такой степени, что пониженіе дна произойдетъ отъ линіи *AB* съ уклономъ въ 2 фута па милю и средней скоростью болѣе 3-хъ футъ въ секунду до линіи *CB* съ уклономъ въ 1 фут. на милю и скоростью около 2.25 фута въ секунду.

Пониженіе дна прекратится на линіи *CB*, и только при этомъ уклонъ капала установитъ свой бытъ (режимъ). Въ другомъ случаѣ, при томъ же самомъ грунтѣ дну канала отъ *A* до *E* (черт. 103) приданъ уклонъ 2 фута на милю.

Въ точкѣ *E* сдѣланъ вертикальный уступъ, или перепадъ, въ 4 фута до точки *F*, и затѣмъ дну канала приданъ уклонъ въ 2 фута на милю отъ *F* до *B*. Перепадъ *EF* былъ такъ дурно устроенъ, что онъ былъ смытъ и не возобновленъ, черезъ что практически прибавилось 4 фута къ уклону дна отъ *A* до *B*. Здѣсь пониженіе дна будетъ происходить до тѣхъ поръ, пока размытіе его не остапо-

вится на линіи *CB* съ уклономъ въ 1 футъ на милю. Пониженіе дна всегда сопровождается нежелательными результатами, изъ которыхъ мы укажемъ здѣсь на нѣкоторые. Такъ, дно распредѣлительныхъ каналовъ, взятыхъ изъ главнаго канала между *A* и *B*, опредѣлено въ отношеніи дна канала *AB* (черт. 102), и всякое пониженіе этого дна немину емо уменьшитъ глубину воды и, слѣдовательно, количество ея, входящее въ начало распредѣлительныхъ каналовъ.

Напримѣръ, между *A* и *B* въ точкѣ *E* выведенъ небольшой каналъ, дно котораго на 3 фута выше дна главнаго канала; черезъ нѣкоторое время дно главнаго канала опустится отъ *E*



Черт. 102 и 103. — Пониженіе дна въ каналахъ.

до *F* на 4 фута. При этомъ поверхность воды въ главномъ каналѣ, при полномъ его расходѣ съ глубиной 6 фут., будетъ на 1 фут. ниже дна распредѣлительнаго канала въ точкѣ *E*. Слѣдовательно, чтобы получить воду въ распредѣлительный каналъ, надо будетъ построить регуляціонный шлюзъ на главномъ каналѣ ниже точки *E*, такъ что, закрывая этотъ шлюзъ, сколько потребуется, можно будетъ поднять уровень воды въ главномъ каналѣ. Другой способъ, чтобы въ этомъ случаѣ получить воду въ распредѣлительный каналъ, заключается въ томъ, чтобы углубить этотъ послѣдній на извѣстномъ разстояніи отъ его головы. Но при этомъ углубленіе начала распредѣлительнаго канала уменьшило бы общій его уклонъ и, слѣдовательно, обусловило бы въ немъ уменьшеніе скорости и расхода. Кромѣ того, земля, на обѣихъ сторонахъ распредѣлительнаго канала и на извѣстномъ разстояніи отъ его головы, оказалась бы на слишкомъ большой высотѣ, чтобы имѣть возможность быть ороше нной. Другой невыгодой, вызванной пониженіемъ дна канала, было бы пониженіе уровня подпочвенной воды по обѣимъ сторонамъ ка-

нала, въ то время какъ понижение это было бы во многихъ случаяхъ нежелательно. Всякій—кто изучаетъ устройство старыхъ ирригаціонныхъ каналовъ во многихъ частяхъ Калифорніи—имѣетъ возможность убѣдиться, что тамъ во многихъ случахъ произошло понижение дна каналовъ со всѣми вредными послѣдствіями.

Какъ общее правило, старымъ каналамъ придавали слишкомъ большой уклонъ.

При самомъ началѣ постройки англійскимъ правительствомъ большихъ ирригаціонныхъ каналовъ въ Индіи была сдѣлана эта ошибка.

Величайшій строитель каналовъ, когда-либо существовавшій, генералъ Sir Proby Cautley, который проектировалъ и строилъ это великолѣпное сооруженіе—Верхній Гангесскій каналъ,—послѣ тщательнаго изученія и принятія въ соображеніе результатовъ опытовъ, полученныхъ на каналахъ, открытыхъ раньше, рѣшилъ, что Гангесскому каналу надо было придать уклонъ 15 дюймовъ на милю. Этотъ уклонъ былъ слишкомъ великъ, и, вѣроятно, 6 дюймовъ на милю было бы совершенно достаточно.

Черезъ нѣсколько лѣтъ послѣ того, какъ каналъ былъ открытъ для употребленія, въ немъ произошло понижение дна въ размѣрѣ, вызвавшемъ большія безпокойства. Вымыты были глубокія ямы позади многихъ перепадовъ и мостовъ, угрожавшія ихъ прочности, и дно канала во многихъ мѣстахъ было значительно углублено, а въ нѣкоторыхъ расширено далеко за первоначальной профилью.

Дѣло въ томъ, что когда Cautley опредѣлялъ уклонъ для Гангесскаго канала, ничего еще не было извѣстно объ опытахъ и изслѣдованіяхъ Humphreys, Abbot, Darcy, Bazin, Gordon, Kutter, Ganguillet и другихъ.

Cautley придалъ каналу уклонъ соотвѣтственно формулѣ Dubuat, которая долгое время употреблялась въ Индіи, какъ до, такъ и послѣ открытія Гангесскаго канала.

Гидравлика Невиля считалась тогда образцовымъ сочиненіемъ, бывшимъ въ употребленіи у ирригаціонныхъ инженеровъ сѣверной Индіи, и въ послѣднемъ изданіи этого сочиненія 1875 года приведена, основанная на формулѣ Dubuat, таблица для опредѣленія средней скорости воды въ трубахъ, потокахъ и рѣкахъ.

Очевидно, что ни въ какомъ случаѣ нельзя было упрекать Cautley за то, что онъ примѣнялъ для опредѣленія уклона Гангес-

скаго канала эту формулу, потому что она въ то время была въ общемъ употребленіи въ Индіи, и всѣ ее считали правильной.

Въ настоящее же время она признается *неправильной*. Эта ошибка въ опредѣленіи уклона была единственнымъ промахомъ въ проектѣ Гангескаго канала, и съ этимъ только исключеніемъ можно сказать, что никогда не была произведена болѣе грандіозная работа, въ которой было бы такъ мало ошибокъ или которая представляла бы болѣе оригинальности и смѣлости, какъ въ проектированіи, такъ и въ исполненіи.

Несмотря на это, послѣдніе годы жизни генерала Cautley были отравлены рядомъ злостныхъ критикъ, какъ прямыми, такъ и косвенными нападками на его великое произведеніе.

Въ 1861 году была назначена коммисія изъ пяти военныхъ инженеровъ (въ коммисіи не было ни одного гражданскаго инженера), которая поручила капитану Crofton'y, также военному инженеру, представить рапортъ о перестройкѣ Гангескаго канала.

Капитанъ Crofton исполнилъ это въ 1866 году, причемъ опредѣлилъ стоимость перестройки въ 12.500.000 долларовъ (25.000.000 р.). Между тѣмъ, одинъ весьма способный гражданскій инженеръ Mr. Thomas Login доказалъ весьма убѣдительнымъ образомъ, что защитныя работы, при сравнительно весьма маломъ расходѣ, могли вполнѣ обезпечить дальнѣйшую прочность канала. Во многихъ мѣстахъ онъ возвысилъ гребни перепадовъ деревянными надстройками, а съ низовой ихъ стороны расположилъ въ ложѣ канала ряжи, наполненные камнемъ.

Этимъ способомъ онъ образовалъ ниже перепадовъ водяные тюфяки, которые существеннымъ образомъ ослабили разрушительное дѣйствіе перепадающей воды. Для подробнаго описанія этой работы, смотри отчетъ Mr. Thomas Login'a (Transactions of the Institution of Civil Engineers, томъ 27, 1867—68 года).

Единственной наградой этого инженера было перемѣщеніе его на другую работу, и онъ никогда не былъ болѣе назначенъ на Гангесскій каналъ. Mr. Login и авторъ этой книги были въ наилучшихъ отношеніяхъ, и эта краткая ссылка на его работу на Гангесскомъ каналѣ приводится здѣсь единственно въ видахъ возстановленія справедливости, такъ какъ Mr. Login за его услуги не получилъ вполнѣ заслуженной имъ благодарности.

Въ 1868 году Mr. Login писалъ слѣдующее *): «Шесть лѣтъ назадъ авторъ почти одинъ поддерживалъ мнѣніе, что Гангесскій каналъ требовалъ только нѣкоторыхъ защитныхъ работъ и вовсе не нуждался въ радикальныхъ измѣненіяхъ, тогда предложенныхъ.

«И теперь авторъ выражаетъ твердое убѣжденіе, что каналъ можетъ быть поставленъ внѣ опасности раціональнымъ употребленіемъ дерева и желѣза за значительно меньшую сумму, чѣмъ при употребленіи камня, и притомъ лишая страну благодѣяній ирригаціи только на самое короткое время».

Время вполнѣ подтвердило мнѣніе Mr. Login, и нѣсколько лѣтъ назадъ генералъ Moncrieff поддержалъ его справедливое сужденіе (Irrigation in Egypt in nineteenth century. February 1885 г.).

Генералъ Moncrieff говоритъ: «Они должны бы помнить, какъ цѣлый комитетъ инженеровъ призналъ великое дѣло сооруженія Гангесскаго канала Cautley'емъ нераціональнымъ и какъ они издержали бы баснословныя суммы, если бы здравый смыслъ и вниманіе къ подробностямъ дѣла T. Brownlow не показало, что работа совершенно правильна, что и доказано на дѣлѣ торжественнымъ образомъ».

Если бы генералъ Moncrieff приписалъ этотъ успѣхъ Mr. Login'у вмѣсто T. Brownlow, то его заявленіе было бы болѣе согласно съ дѣйствительностью.

Здравое сужденіе, полное независимости, Mr. Login'а и фактическія доказательства, что все это могло быть исполнено за сравнительно незначительную сумму, избавили обремененную налогами Индію отъ огромныхъ расходовъ, которые предполагались для перестройки канала, а также отъ другой важной невыгоды, а именно: закрытія канала на одинъ или на два года.

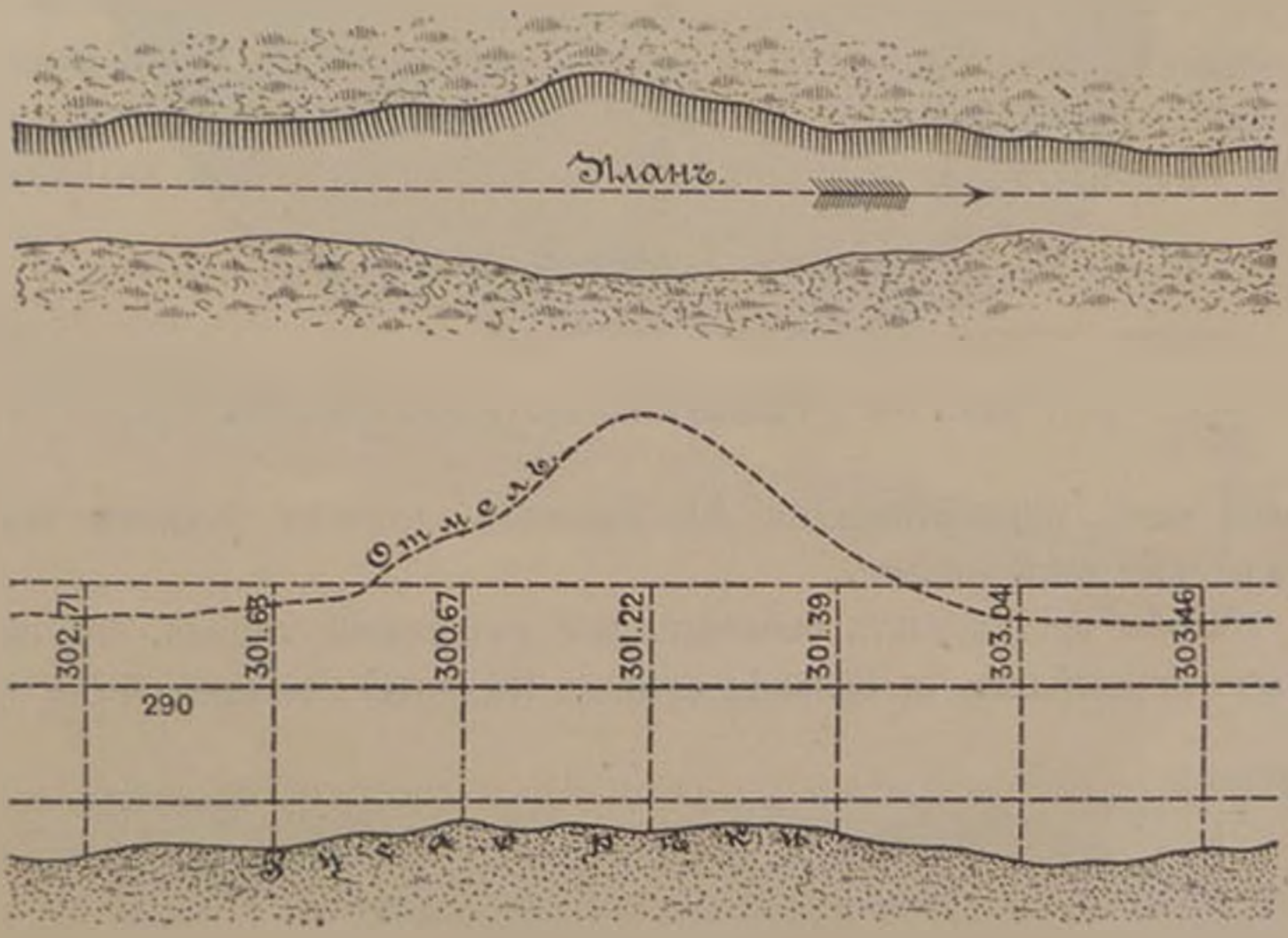
Черт. 104 и 105 представляютъ планъ и профиль участка первоначально устроеннаго Гангесскаго канала черезъ Тогульпурскіе песчаные холмы на 37-й милѣ (Report on the Ganges Canal by Captain Crofton R. E.). Здѣсь размытіе произошло больше въ ширину, чѣмъ въ глубину. Планъ (черт. 104) показываетъ уширеніе канала, а профиль (черт. 105) показываетъ, что дно канала на этомъ

*) Transactions of the Institution of Civil Engineers, томъ 27, 1867—68 года.

широкомъ участкѣ выше, чѣмъ на узкихъ участкахъ по теченію выше и ниже этого мѣста.

Восточный Джумискій каналъ *), расходъ котораго равенъ 1.068 куб. фут. въ сокунду, имѣлъ при первоначальной постройкѣ паденіе въ 372 фута на 130 миль или, среднимъ числомъ, 2,86 фута на милю.

На нѣкоторыхъ участкахъ паденіе было даже больше этого. Не-



Черт. 104 и 105. — Уширеніе Гангесскаго канала у Toghulpoor.

посредственно за впускомъ воды въ каналъ замѣчено было дѣйствіе на него быстраго теченія.

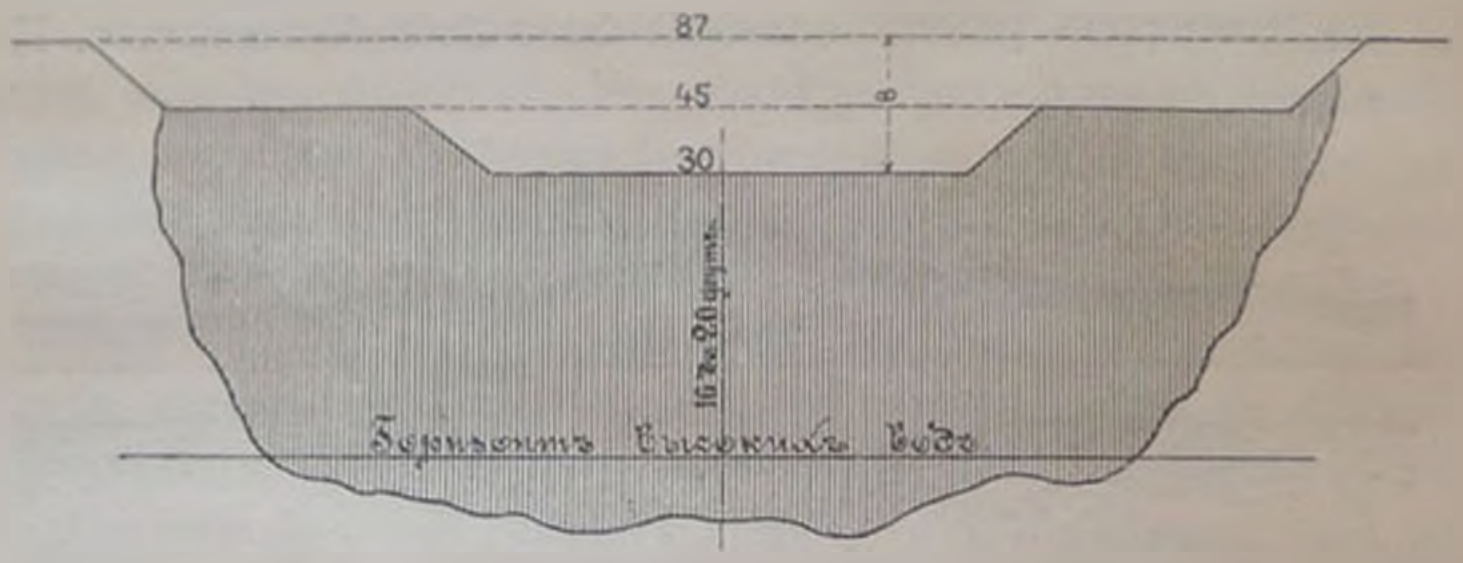
Въ каналѣ произошло углубленіе дна въ весьма обширномъ размѣрѣ, угрожавшемъ опасностью.

Отъ плотины Nowgong до рѣки Muskurra, гдѣ паденіе равнялось 8 футамъ на милю, произошло особенно замѣтное углубленіе.

Образчикъ поперечнаго сѣченія на этомъ участкѣ показанъ на

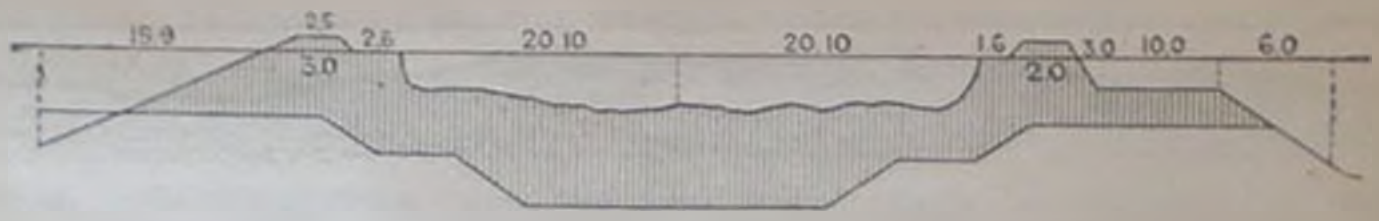
*) Notes and Memoranda on the Eastern Jumna Canal, by Colonel Sir P. T. Cautley, K. C. R.

черт. 106, на которомъ заштрихована часть. подвергшаяся размыву. Ил. получившійся отъ этого размыва, былъ унесенъ внизъ по каналу до горизонтальнаго участка, гдѣ онъ отложился, поднявъ дно и откосы его, какъ показано на черт. 107, на которомъ заштрихо-



вана часть. образовавшаяся отъ наносовъ, причемъ банкеты показаны уже отдѣланными.

Чтобы предупредить окончательное разрушеніе канала, его надо было перестроить за большія суммы. На этомъ участкѣ были по-



строены 23 перепада, т. е. почти по одному перепаду на каждыя шесть миль канала, а уклонъ его былъ значительно уменьшенъ до размѣра отъ 17 до 22 дюймовъ на милю.

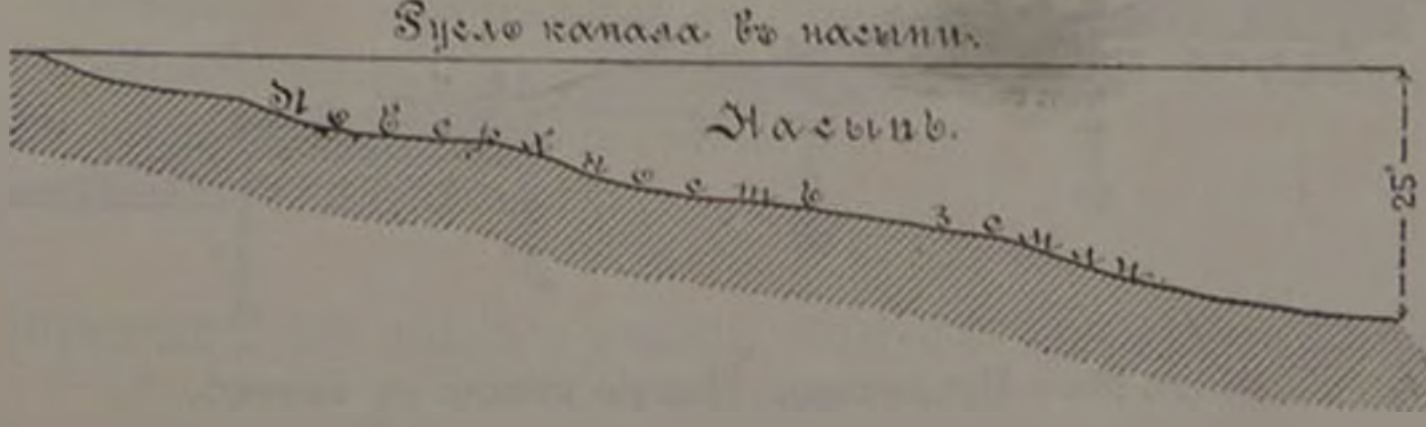
§ 39. Перепады.

При проектированіи искусственнаго канала для провода большого количества воды, первый вопросъ, представляющійся для разрѣшенія — это опредѣленіе уклона, который надо придать дну для такой скорости теченія, чтобы въ каналѣ не происходило осажденія

наносовъ, чтобы каналъ не зарастали травами, и чтобы при этой скорости не размывались бы дно и откосы канала.

Когда паденіе, или уклонъ, канала совпадаетъ съ уклономъ мѣстности, въ которой онъ вырытъ, и когда при этомъ скорость теченія опредѣлена въ немъ такая, чтобы предупреждать занесеніе его или размытіе, тогда дно канала, очевидно, будетъ оставаться на одной и той же глубинѣ отъ поверхности мѣстности.

Но обыкновенно уклонъ мѣстности бываетъ больше, чѣмъ уклонъ канала, и при каналахъ, имѣющихъ большой расходъ воды, а именно: отъ 1.000 до 6.000 куб. фут. въ секунду, это неминуемо бываетъ. Чтобы въ этихъ случаяхъ согласовать мѣстности съ уклономъ ка-



Черт. 108.—Продольное сѣченіе канала въ насыпи.

нала, приходится вести каналъ или въ насыпи, или же въ выемкѣ, расположивъ дно уступами посредствомъ перепадовъ.

Въ короткихъ словахъ, цѣль перепадовъ—это избѣгнуть уклона русла большаго, чѣмъ это допустимо въ земляныхъ руслахъ, и стараются достигнуть этого, устраивая черезъ извѣстные промежутки крутые перепады, защищенные каменной кладкой, между которыми обыкновенное земляное русло можетъ сохранить свой естественный уклонъ.

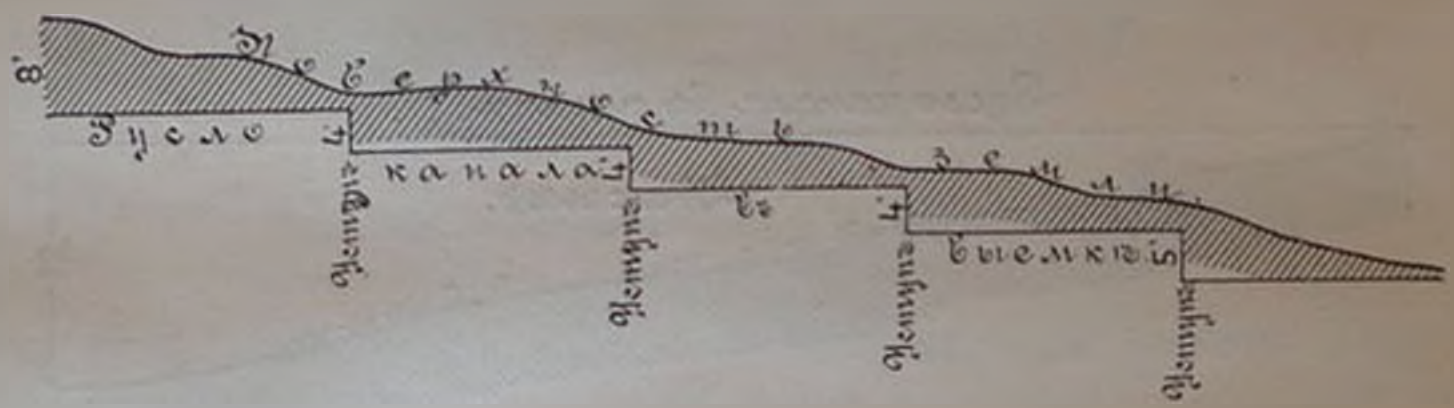
Черт. 108, составленный *не въ масштабѣ*, показываетъ участокъ канала, сдѣланнаго въ насыпи длиной 5 миль.

На этихъ 5 миляхъ поверхность мѣстности опустилась на 25 фут. противъ уровня канала, причемъ очевидно, что въ этомъ случаѣ нечего и думать о насыпи по причинѣ ея высокой стоимости, опасности прорывовъ банкетовъ канала и многихъ другихъ соображеній.

Такимъ образомъ, чтобы приноровиться къ уклону мѣстности, необходимо на ирригаціонныхъ каналахъ строить перепады, которые

и дешевле, и безопаснѣе большихъ насыпей. Черт. 109, составленный также *не по масштабу*, показываетъ, какъ можно расположить перепады такъ, что весь каналъ или части его приходятся въ выемкѣ.

Въ такихъ случаяхъ каналъ устраиваютъ въ видѣ ступень, такъ, чтобы дно его было постоянно на одинаковомъ разстояніи отъ поверхности земли, пока не будетъ достигнута ровная мѣстность. Такъ какъ вмѣстѣ съ этимъ количество воды, протекающей въ каналѣ, постепенно уменьшается, и такъ какъ для этого послѣдняго условія требуется увеличить уклонъ, чтобы увеличить первоначаль-



Черт. 109. —Продольное сѣченіе канала въ выемкѣ.

ную скорость воды, то обыкновенно достигаютъ такой точки, отъ которой уклонъ мѣстности одинаковъ съ уклономъ канала.

При проектированіи ирригаціоннаго канала обыкновенно опредѣляютъ наименьшую глубину выемки, и затѣмъ, въ томъ мѣстѣ, гдѣ глубина при извѣстномъ уклонѣ начинаетъ уменьшаться, надо устроить перепадъ.

Форма и устройство перепадовъ суть вопросы, требующіе серьезнаго размышленія: мѣсто ихъ расположенія, какъ можно видѣть изъ разсмотрѣнія чертежей (черт. 108 и 109), обыкновенно находится тамъ, гдѣ дно канала, будучи продолжено впередъ, должно было бы вестись по насыпи выше поверхности земли.

Точное ихъ положеніе обыкновенно опредѣляется пріурочиваніемъ къ мосту на большой дорогѣ, регулятору или другому подобному каменному сооруженію, какъ въ видахъ экономіи, такъ и по другимъ соображеніямъ.

Въ Америкѣ перепады обыкновенно устраиваются деревянные, и потому они не только представляютъ ту невыгоду, что построены

изъ недолговѣчнаго матеріала, но имѣютъ еще и другіе недостатки, главнѣйшіе изъ которыхъ: большая скорость воды на нихъ и близъ нихъ, что часто вызываетъ ихъ разрушеніе. Впѣ Америки, въ Индіи, въ Италіи и въ другихъ ирригаціонныхъ странахъ перепады—суть постоянныя сооруженія, построенныя изъ кирпича или каменной кладки. На лучшихъ изъ нихъ берега канала, какъ выше, такъ и ниже перепада, защищены отъ размывающаго дѣйствія воды.

На практикѣ существуетъ 6 видовъ перепадовъ.

Первый — въ видѣ гуська, имѣющій въ поперечномъ сѣченіи криволинейную форму.

Второй — вертикальный перепадъ съ водянымъ тюфякомъ.

Третій — вертикальный перепадъ съ рѣшетками.

Четвертый — вертикальный перепадъ съ опускными щитами.

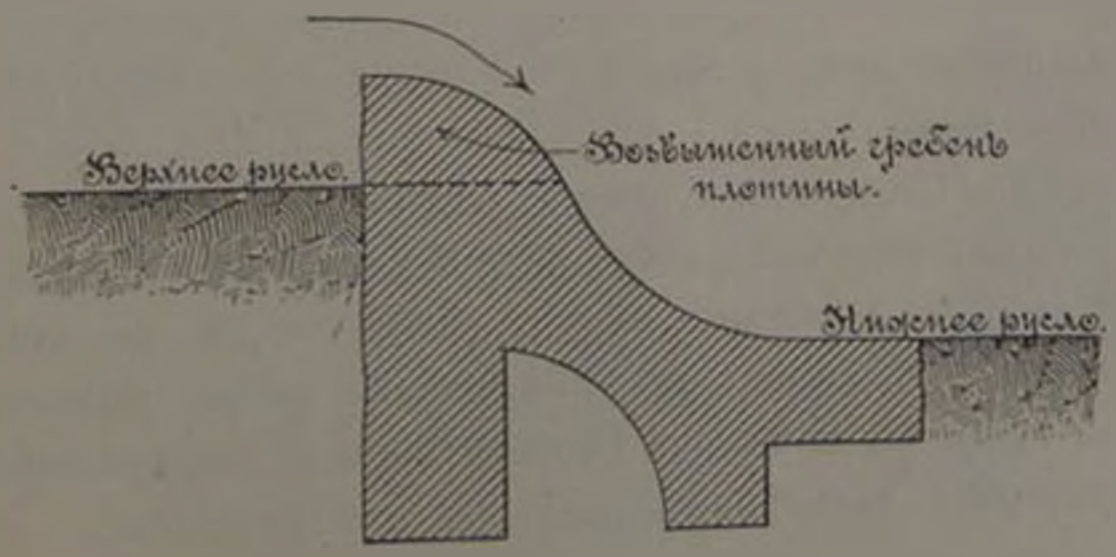
Пятый — вертикальный или наклонный перепадъ съ разборчатымъ затворомъ изъ отдѣльныхъ досокъ.

Шестой — водосливъ.

Перепадъ въ видѣ гуська, или съ криволинейной профилью.

Существуютъ самыя разнообразныя мнѣнія о наиболѣе цѣлесообразной формѣ перепада.

Перепады, подобные показанполу на черт. 110, были приняты



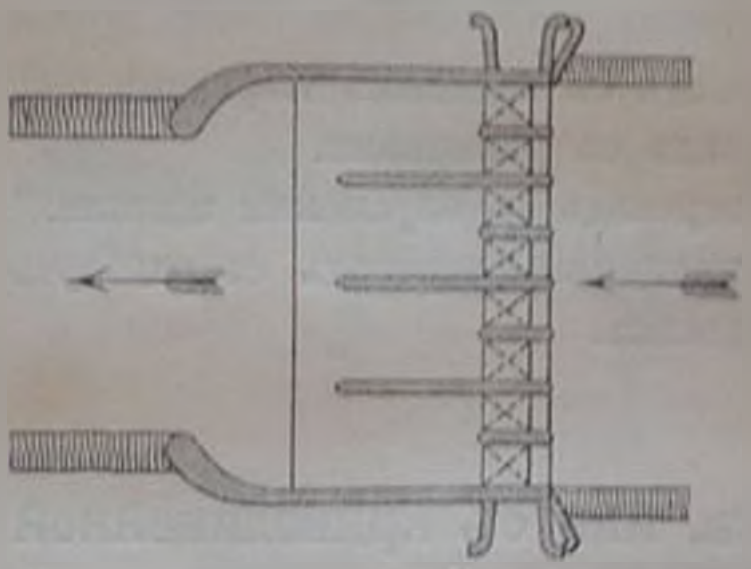
Черт. 110. — Сѣченіе водослива Ogee.

Sir Proby Cautley для Гангесскаго канала съ цѣлью придать стекающей водѣ наименьшую скорость у подошвы перепада.

Черт. 111 представляетъ планъ, а черт. 112 — видъ Азуфи-

турскаго перепада на верхнемъ Гаинесскомъ каналѣ. Перепадъ этотъ пріуроченъ къ каменному мосту. Мостъ состоитъ изъ 3-хъ пролетовъ по 25 фут. въ отверстіи и расположенъ на верхнемъ уступѣ канала. Криволинейныя поверхности этихъ перепадовъ расположены между быками, и всѣ они выходятъ попарно въ четыре камеры, каждая 51½ фута шириною.

Это достигается продолженіемъ каждаго быка черезъ одинъ съ низовой его стороны по понижающемуся флютбету, вслѣдствіе чего образуются четыре камеры. Раздѣленія эти стѣны продолжены на 51 футъ съ низовой стороны моста. Полъ этихъ камеръ состоитъ изъ рижей, наполненныхъ камнемъ, и чтобы камень не вымывался — рижи эти покрыты брусьями. Флютбетъ четырехъ камеръ защищенъ съ низовой стороны шпунтовыми линіями. Боковыя камеръ защищены каменными одеждами одинаковой высоты со стѣнами, раздѣляющими камеры. Кромѣ того, приняты всевозможныя мѣры для предохраненія флютбета отъ размыва. Этого рода перепады оказались несостоятельными какъ на верхнемъ Гаинесскомъ каналѣ, такъ и на каналѣ Baree Doub.

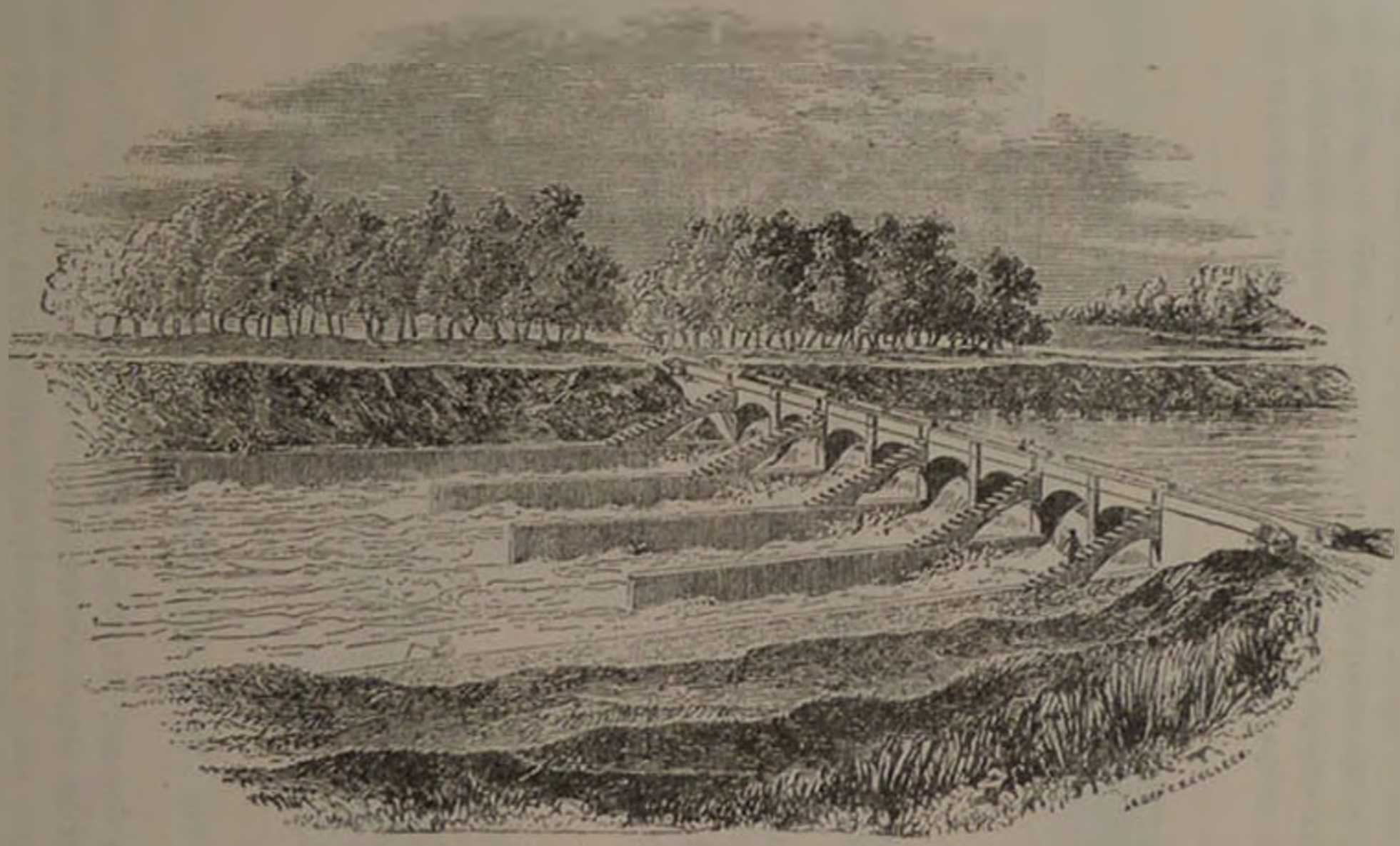


Черт. 111.

Полковникъ Crofton въ своемъ рапортѣ о Гаинесскомъ каналѣ говоритъ, что большая часть этого рода перепадовъ пострадала болѣе или менѣе сильно, особенно нижніе флютбеты, и въ одномъ или двухъ случаяхъ сдѣланная изъ кирпича на ребро вымостка была совершенно вырвана, и только своевременными исправленіями удалось предупредить дальнѣйшее разрушеніе флютбетовъ.

Вертикальные перепады съ водянымъ тюфякомъ.

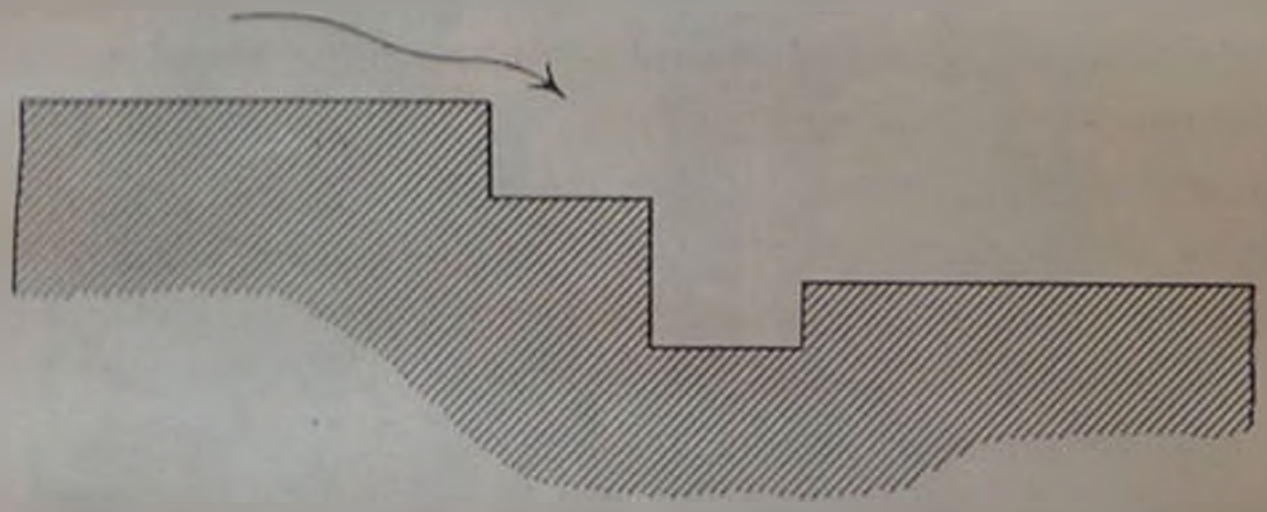
Вертикальные перепады съ водянымъ тюфякомъ показаны на черт. 113 — 116. Эти перепады были введены гораздо болѣе без-



Черт. 112. —Видъ Азуфнугурскаго водослива.

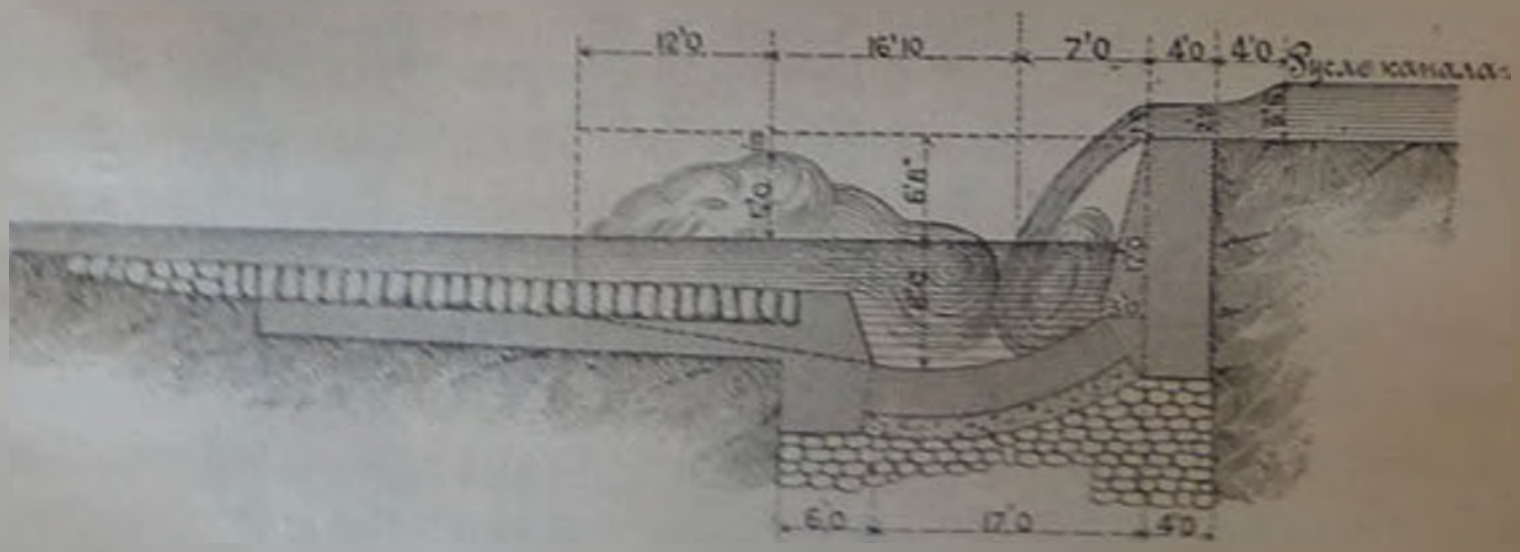
опасными, чѣмъ предыдущіе. Они примѣнены на каналѣ Baree Doab и, вообще, на новыхъ каналахъ въ Индіи. Эти перепады имѣютъ съ низовой стороны цистерну, которая дѣйствуетъ, какъ водяной тюфякъ, и представляетъ мертвое сопротивленіе падающей водѣ.

Этимъ способомъ парализуется также горизонтальная скорость воды по направленію канала. Чтобы уменьшить разрушающее дѣй-



Черт. 113. — Сѣченіе водослива съ вертикальными уступами.

ствіе падающей воды, гражданскій инженеръ Mr. Login располагалъ на флютбетѣ каменнаго перепада въ видѣ гуська деревянный срубъ высотой 5 фут., въ которомъ задерживалась вода и принимала на себя ударъ падающей воды, причемъ вымостка флютбета не повре-



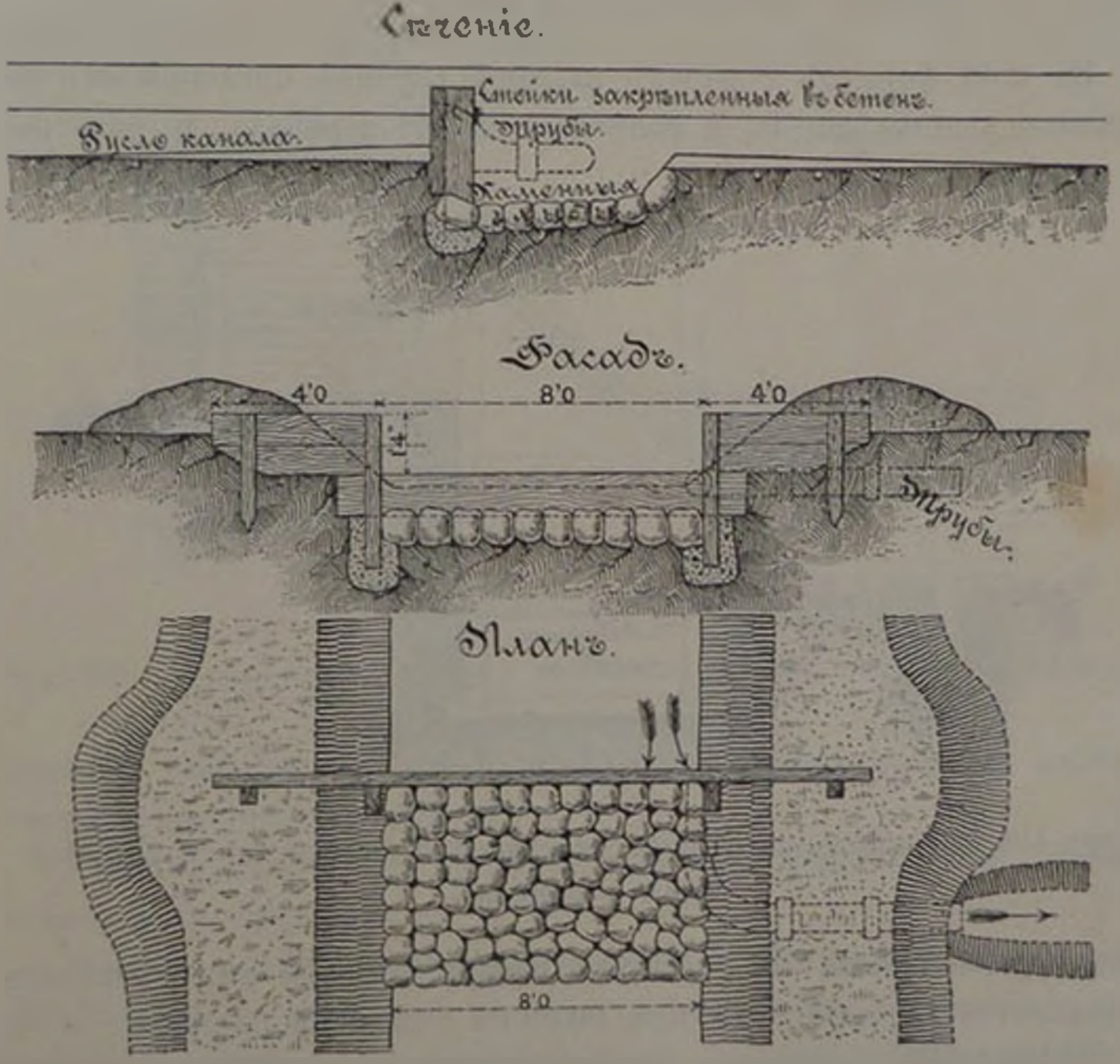
Черт. 114. — Продольное сѣченіе водослива на каналѣ Baree Doab.

жаясь больше. Mr. Login строилъ также поперечныя затопляемыя дамбочки на флютбетѣ перепадовъ въ видѣ гуська, черезъ что образовывалась такая цистерна, принимающая на себя ударъ воды.

Черт. 114 представляетъ вертикальный перепадъ съ водянымъ тюфякомъ, устроенный на каналѣ Baree Doab, въ Индіи. На чер-

тежа видно, что низовая часть перепада за цистерной защищена прочной каменной вымосткой.

Черт. 115 показываетъ продольное сѣченіе. чертежъ 116—поперечное сѣченіе, а черт. 117 — планъ вертикальнаго перепада съ водянымъ тюфякомъ, построеннаго изъ дерева и булыжника. на не-



Черт. 115, 116 и 117. — Деревянная плотина съ водобойнымъ поломъ изъ каменныхъ глыбъ.

большомъ ирригаціонномъ каналѣ въ Новой Зеландіи въ равнинахъ Canterbury.

Наибольшій расходъ этого канала равенъ 50 куб. фут. въ секунду.

Пунктиромъ на чертежѣ показанъ водомѣритель для проведенія воды къ одному изъ второстепенныхъ каналовъ.

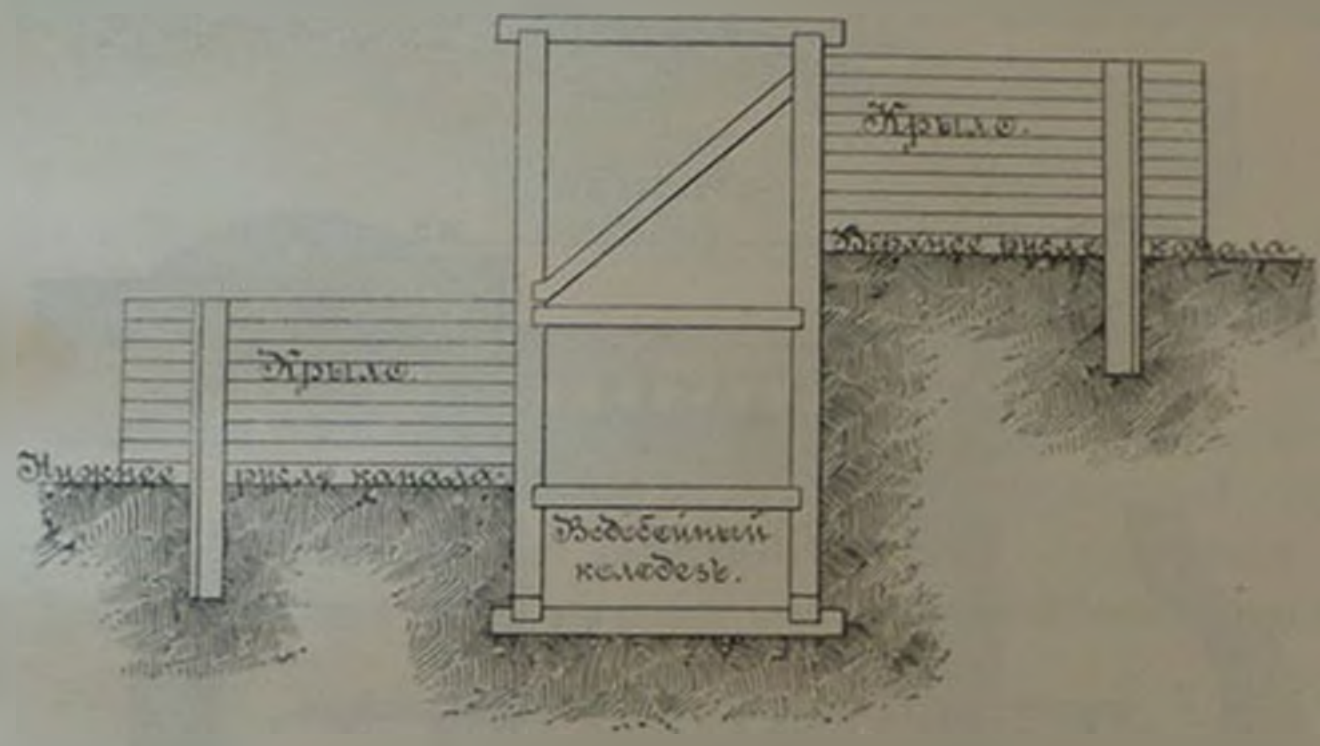
Черт. 118 представляетъ чертежъ вертикальнаго перепада съ водянымъ тюфякомъ на каналѣ Turlock. въ Калифорніи, заимство-

ванныя изъ записки Mr. Wilson въ Transactions of American Society C. E. Томъ 25.

Для опредѣленія глубины цистерны отъ уровня воды въ нижнемъ участкѣ канала, въ Индіи обыкновенно употребляется слѣдующая формула:

$$x = (h)^{1/2} \times (d)^{1/3} .$$

Въ этой формулѣ x равенъ искомой глубинѣ цистерны отъ дна нижняго участка канала; h равняется высотѣ перепада, то есть раз-



Черт. 118. — Продольное сѣченіе деревяннаго водослива съ водобойнымъ колодцемъ.

ности уровней воды въ участкахъ канала выше и ниже перепада: d равняется глубинѣ воды при полномъ снабженіи канала.

Подтверждено опытомъ, что всѣ цистерны съ глубиной, опредѣленной такимъ образомъ, держались прекрасно и требовали послѣ постройки самыхъ ничтожныхъ исправленій.

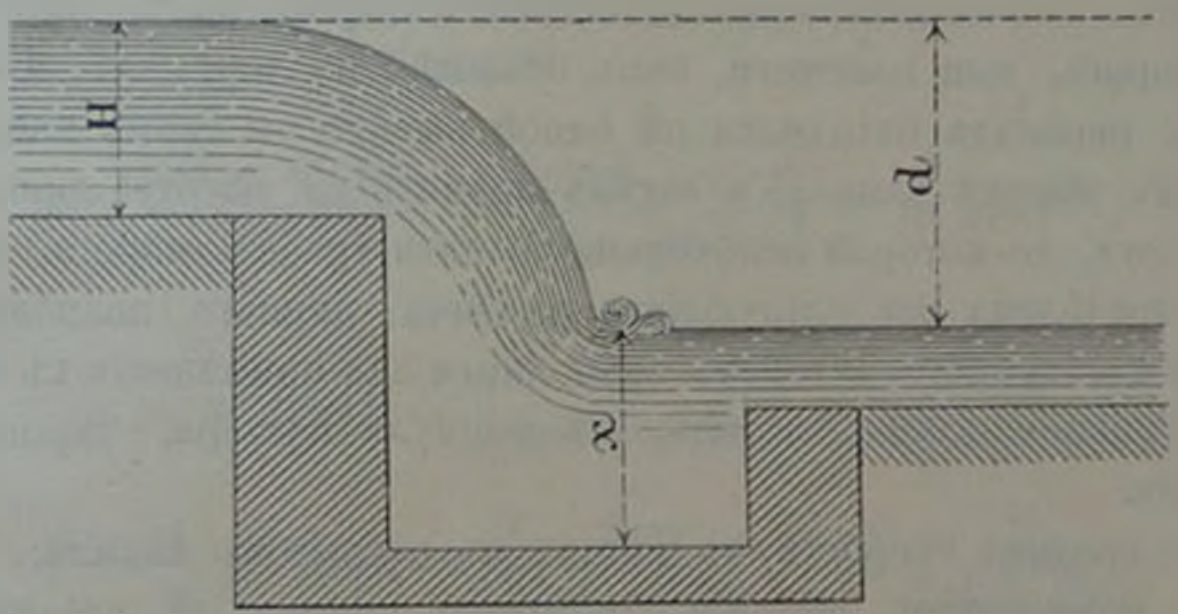
Легко понять, какъ опасно размывающее дѣйствіе массы воды, падающей съ высоты нѣсколькихъ футовъ.

Чѣмъ больше высота перепада и толщина перепадающаго слоя воды, тѣмъ сильнѣе будетъ ея дѣйствіе. Перепады на первоначальномъ Гангесскомъ каналѣ не выше 8 футовъ, но разрушающее дѣйствіе переливающейся массы воды въ количествѣ болѣе 6.000 куб. футовъ въ секунду, имѣющей глубину на гребнѣ перепада въ 6 фут.

или больше, необыкновенно сильно, и ему можетъ противостоять только самая лучшая каменная кладка.

Если можно достать камень хорошаго качества, то кладка изъ него должна быть сдѣлана на самомъ прочномъ фундаментѣ съ тщательно замазанными цементомъ швами.

Берега должны быть защищены каменной кладкой на извѣстномъ разстояніи внизъ по теченію. а дно канала должно быть за-



Черт. 119. — Продольное сѣченіе водослива съ водобойнымъ колодцемъ.

щищено прочной каменной вымосткой, огражденной съ низовой стороны шпунтовыми рядами.

Глубина воды надъ гребнемъ перепада меньше, чѣмъ глубина канала выше перепада.

Поэтому вліяніе перепада на конецъ извѣстнаго участка канала заключается въ томъ, что на немъ увеличивается уклонъ и, слѣдовательно, скорость, а глубина воды на извѣстномъ разстояніи уменьшается.

Увеличеніе скорости и уменьшеніе глубины совершаются постепенно отъ точки, въ которой это начинается, до самаго перепада, гдѣ, конечно, и та и другая достигаютъ своего максимума.

Такимъ образомъ, глубина воды, переливающейся черезъ перепадъ, гораздо меньше, а скорость ея гораздо больше, чѣмъ нормальная глубина и скорость выше по теченію.

Это увеличеніе скорости прежде, чѣмъ вода достигнетъ перепада, производитъ опасное размывающее дѣйствіе на дно и откосы ка-

нала, и для того, чтобы предохранить ихъ отъ этого, найдено было необходимымъ поднять уровень воды на перепадахъ Гангесскаго канала заложеніемъ шандоровъ въ пазы, сдѣланные въ быкахъ. Это, конечно, имѣло послѣдствіемъ увеличеніе высоты перепада и было одною изъ причинъ поврежденія флютбета на низовой части перепада отъ сильнаго удара воды.

Чтобы достигнуть того же результата,—было предложено также съузить перепадъ. Наиболѣе употребляемый въ Индіи способъ заключается въ поднятіи перепада на гребнѣ устройствомъ здѣсь каменнаго порога, или плотинки, какъ показано на черт. 117. Сначала гребень перепада находился на одной высотѣ съ дномъ канала въ верхнемъ участкѣ канала, а затѣмъ поднять на высоту порога.

Высота, до которой необходимо поднять гребень порога, можетъ быть опредѣлена изъ слѣдующаго разсчета, даннаго полковникомъ Dyas и измѣненнаго авторомъ этой книги для примѣненія къ принятому законоположенію, а также къ формулѣ Куттера, упрощенной авторомъ:

v = средней скорости въ футахъ въ открытомъ каналѣ;
a = поперечному сѣченію открытаго канала въ квадратныхъ футахъ;
r = средней гидравлической глубинѣ канала въ футахъ.
s = синусу уклона;
h = высотѣ въ футахъ поверхности воды въ каналѣ надъ гребнемъ перепада;
l = длинѣ гребня перепада въ футахъ;
m = коэффиціенту расхода черезъ порогъ, измѣняющемуся отъ 2,5 до 3,5;
c = коэффиціенту расхода въ открытомъ каналѣ.

Для того, чтобы упростить выводъ, и въ то же время избѣгая всякой практической разницы въ результатѣ, полагаемъ:

$$h\left(h+\frac{v^2}{2g}\right)^{1/2}=\left(h+\frac{v^2}{2g}\right)^{3/2}.$$

Пренебрегая скоростью приближенія, мы имѣемъ полный расходъ черезъ перепадъ:

$$Q=ml\left(h+\frac{v^2}{2g}\right)^{3/2}$$

но

$$v=c\times(rs)^{1/2};\quad v^2=c^2\times rs\,.$$

Подставляя величину v^2, мы имѣемъ расходъ черезъ перенадъ:

$$Q = ml\left(h + \frac{c^2rs}{2g}\right)^{3/2}.$$

Расходъ въ каналѣ выше порога:

$$Q = ac\,(rs)^{1/2}.$$

Слѣдовательно,

$$ml\left(h + \frac{c^2rs}{2g}\right)^{3/2} = ac\,(rs)^{1/2}$$

и

$$ml\left(\frac{2gh + c^2rs}{2g}\right)^{1/2} \times \left(\frac{2gh + c^2rs}{2g}\right) = ac\,(rs)^{1/2}.$$

Отсюда

$$l = \frac{1}{m} \times ac\,(rs)^{1/2} \times \left(\frac{2g}{2gh + c^2rs}\right)^{1/2} \times \left(\frac{2g}{2gh + c^2rs}\right);$$

$$l = \frac{1}{m} \times 2agc \times \left(\frac{2grs}{2gh + c^2rs}\right)^{1/2} \times \frac{1}{2gh + c^2rs};$$

$$l = \frac{1}{m} \times 2agc \times \frac{(2grs)^{1/2}}{(2gh + c^2rs)^{3/2}}.$$

Теперь, чтобы найти h, мы имѣемъ изъ предыдущаго уравненія, возвышая его въ квадратъ:

$$m^2l^2\left(h + \frac{c^2rs}{2g}\right)^3 = a^2c^2rs.$$

Извлекая кубичный корень, получимъ:

$$(m^2l^2)^{1/3} \times \left(\frac{2gh + c^2rs}{2g}\right) = (a^2c^2rs)^{1/3}$$

$$\frac{2gh + c^2rs}{2g} = \left(\frac{a^2c^2rs}{m^2l^2}\right)^{1/3}$$

$$h + \frac{c^2rs}{2g} = \left(\frac{a^2c^2rs}{m^2l^2}\right)^{1/3}$$

$$h = \left(\frac{a^2c^2rs}{m^2l^2}\right)^{1/3} - \frac{c^2rs}{2g} \quad \ldots\ldots (A)$$

Опредѣливъ такимъ образомъ величину h, вычтемъ ее изъ глубины воды въ каналѣ, и мы получимъ высоту, на которую порогъ долженъ быть поднятъ надъ дномъ канала (черт. 110) для того, чтобы вода, при приближеніи къ порогу, не увеличивала бы своей скорости.

Примѣръ. Пусть ширина дна канала выше порога будетъ 60 фут., глубина 9 фут., боковые откосы 1 на 1, уклонъ 6 дюймовъ на милю и n равняется 0,025. При этомъ пусть длина гребня порога будетъ 55 фут.

Теперь вычислимъ — до какой глубины долженъ быть поднятъ гребень порога для того, чтобы вода, приближающаяся къ порогу, не имѣла бы большей скорости, чѣмъ средняя скорость въ открытомъ каналѣ.

Въ открытомъ каналѣ мы имѣемъ (см. Движеніе воды въ каналахъ):

$$r = \frac{a}{p} = \frac{621}{84{,}726} = 7{,}3295 \text{ и } \sqrt{r} = 2{,}7\ m = 3 \text{ и } c = 86{,}4;$$

$s = 6$ дюймамъ на милю $= 0{,}000094697$.

Подставляя величины a, c, r, s, m, l, g въ вышеприведенную формулу (A), получимъ:

$$h = \left(\frac{621^2 + 86{,}4^2 + 7{,}3295 \times 0{,}000094697}{3^2 \times 55^2}\right)^{2} -$$

$$- \left(\frac{86{,}4^2 \times 7{,}3295 \times 0{,}000094697}{2 \times 32{,}2}\right) = 4{,}1808 \text{ фут.}$$

Теперь для повѣрки вычислимъ расходъ черезъ порогъ:

$$G = 3 \times 55 \times 4{,}1808 \sqrt{4{,}1808} = 1409 \text{ (около)},$$

что составляетъ также расходъ въ открытомъ каналѣ, вычисленный по формулѣ Куттера, при выше данныхъ размѣрахъ. Теперь $9 - 4{,}1808$ или 4,8192 фут. и есть высота надъ гребнемъ перепада, до которой долженъ быть поднятъ порогъ.

Это поднятіе порога, однако же, соотвѣтствуетъ только опредѣленной глубинѣ воды въ открытомъ каналѣ.

Гораздо лучшій способъ приспособить гребень порога къ какой угодно глубинѣ воды въ каналѣ показанъ на черт. 128, 129, 130.

Вертикальные перепады съ рѣшетками.

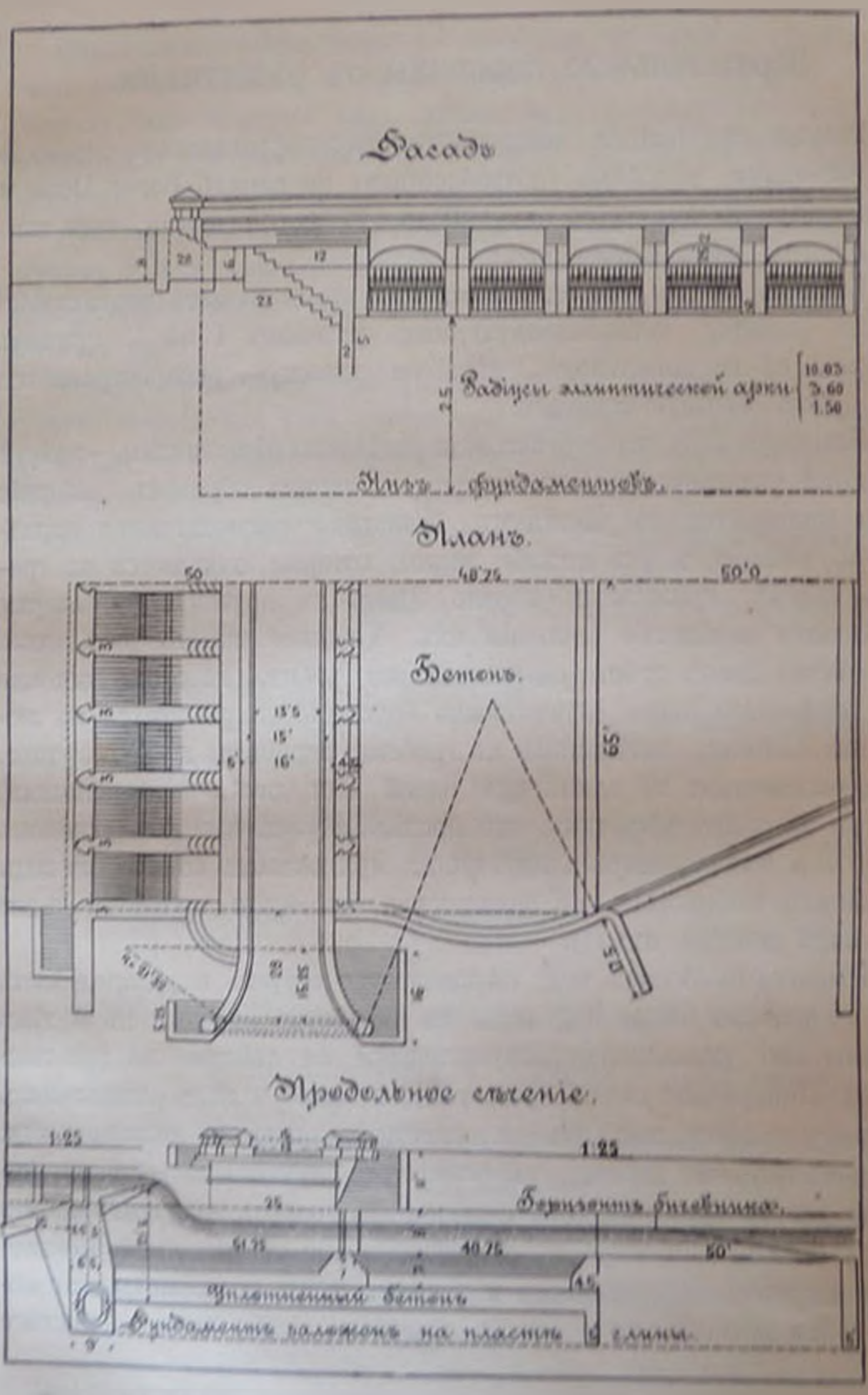
Результаты опытовъ показываютъ, что вертикальные перепады съ рѣшетками, подобные употребленнымъ на каналѣ Baree Doab и показанные на чертежахъ отъ 120 до 127 включительно, суть наилучшіе изъ всѣхъ испытанныхъ.

Какъ видно изъ чертежей, вода при этомъ падаетъ вертикально черезъ рѣшетку, установленную подъ уклономъ 1 на 3, причемъ дѣйствіе ея на поверхность, ниже ея лежащую, распространяется на гораздо бо́льшую площадь.

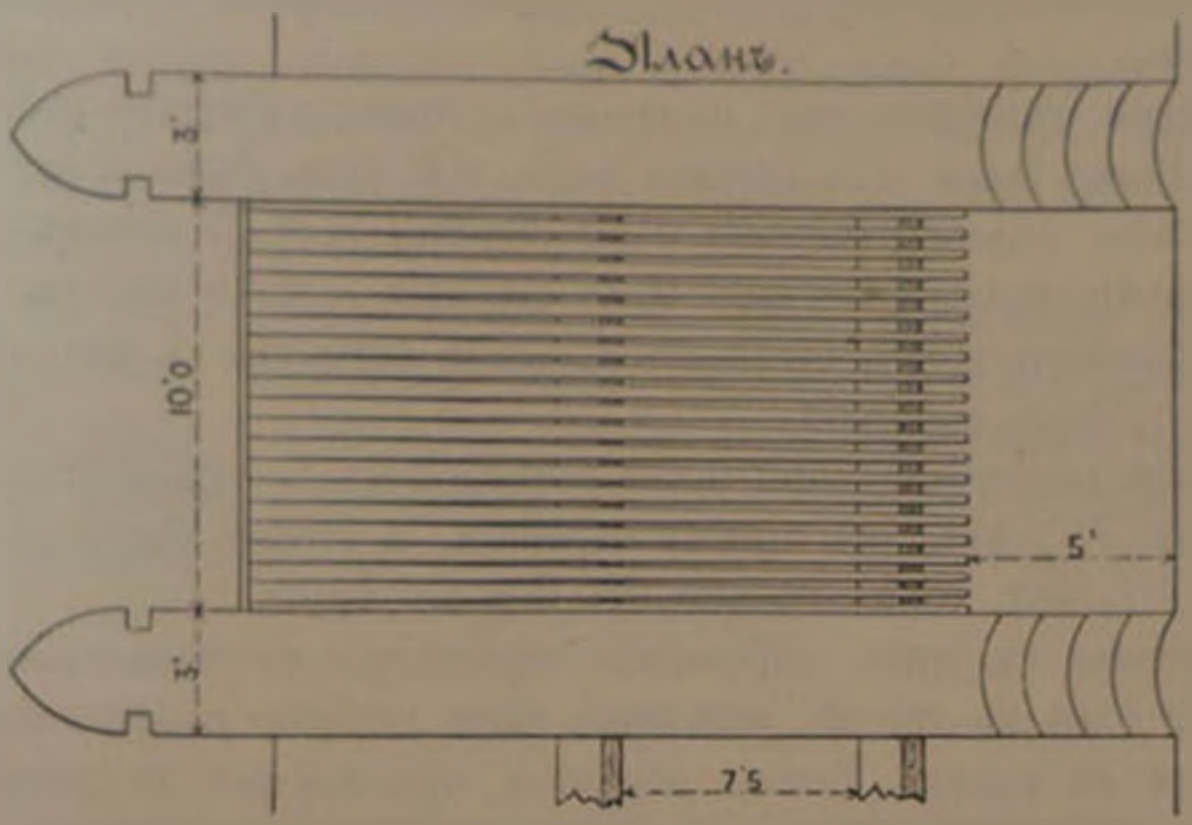
Благодаря тому, что струйки воды раздѣлены рѣшетинами,—вмѣстѣ съ водой увлекается много воздуху, и, такимъ образомъ, дѣйствіе воды приводится къ минимуму. Рѣшетины располагаются параллельно теченію, и ихъ нижніе концы, которые опираются на гребень порога, прилегаютъ плотно одинъ къ другому, а наверху расходятся вслѣдствіе утоненія ихъ. Хорошее понятіе объ этомъ устройствѣ даютъ зубцы обыкновеннаго гребня. Рѣшетка состоитъ изъ извѣстнаго числа деревянныхъ брусьевъ, упирающихся въ желѣзный башмакъ, задѣланный въ гребень перепада, и, кромѣ того, поддерживаемыхъ по длинѣ ихъ одной или двумя перекладинами, смотря по длинѣ рѣшетинъ: эти послѣднія уложены подъ уклономъ 1 на 3 и имѣютъ такую длину, чтобы, при полномъ количествѣ воды въ каналѣ, поверхность ея приходилась бы около полуфута выше верхнихъ концовъ ихъ *).

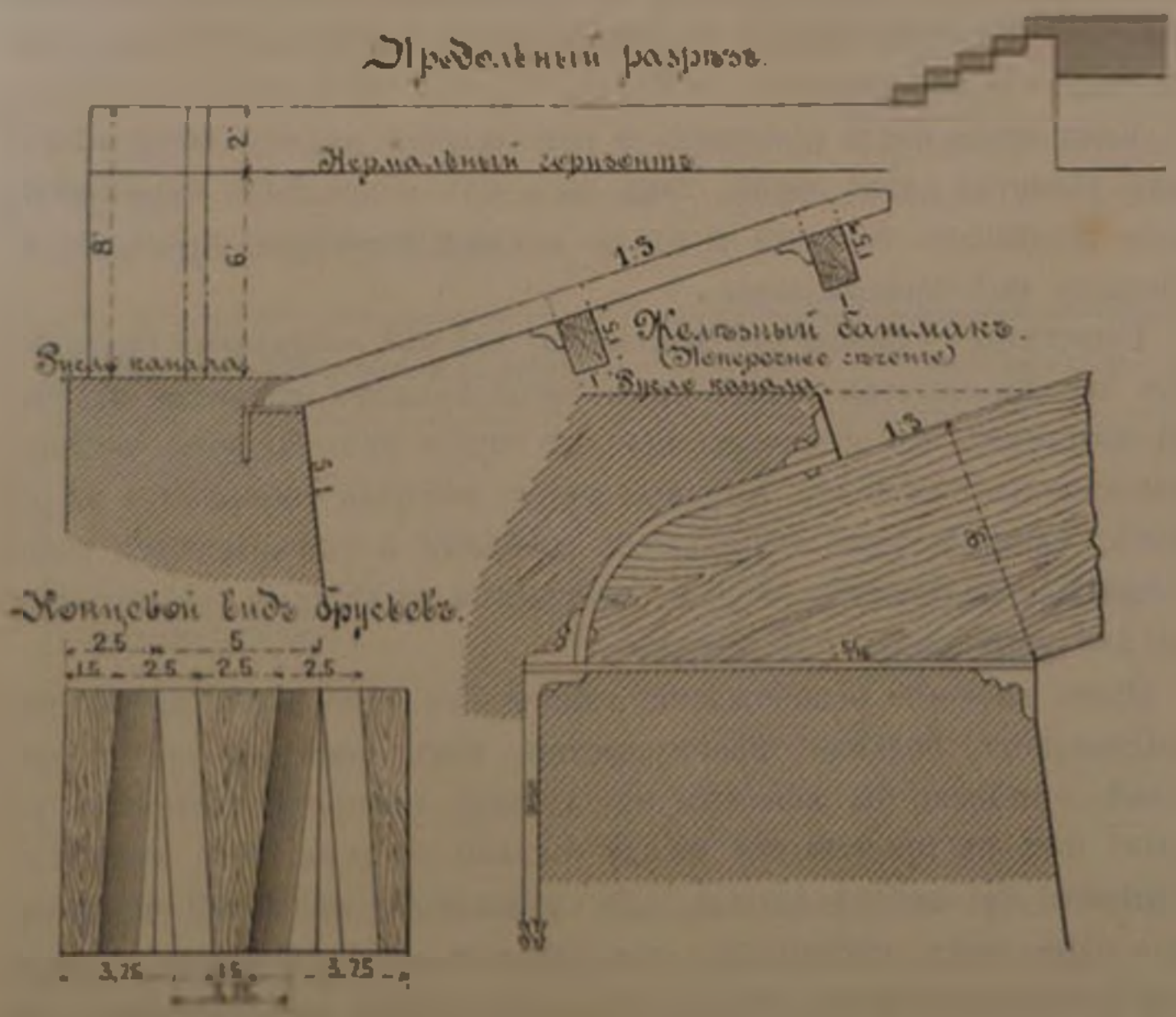
Рѣшетка раздѣляетъ воду на множество струекъ и распредѣляетъ все количество падающей воды на большую поверхность и тѣмъ значительно уменьшаетъ разрушительное ея дѣйствіе на дно цистерны. Поперечное сѣченіе рѣшетинъ, а также и поддерживающихъ брусьевъ, конечно, зависитъ отъ тяжести, которую они должны нести, и, кромѣ того, они должны сопротивляться случайнымъ усиліямъ, которыя могутъ произойти отъ плавающихъ бревенъ, могущихъ пройти между быками и придти въ соприкосновеніе съ рѣшеткой. Во вниманіе къ этимъ напряженіямъ и ударамъ этого рода, поддерживающія балки располагаются такимъ образомъ, чтобы ихъ наибольшее

*) Captain J. H. Dyas in Professional Papers on Indian Engineering. Volume 8. First Series.



Черт. 12. Вертикальный подосланъ на каналѣ Ваал Дональ.





Черт. 121, 122, 123 и 124.

измѣреніе было не вертикально, а перпендикулярно къ положенію рѣшетинъ.

Размѣры рѣшетинъ изъ деодарнаго дерева, употребленныхъ на каналѣ Baree Doab, гдѣ глубина воды 6,6 фута, были слѣдующіе:

нижніе концы рѣшетинъ 0′,50 ширины × 0′,75 высоты,

верхніе концы рѣшетинъ 0′,25 ширины × 0′,75 высоты,

и поддерживаются онѣ двумя деодарными брусьями 1 фут. шириной и $1^1/_2$ фута вышиной.

Первый поддерживающій брусъ расположенъ въ горизонтальномъ разстояніи $7^1/_2$ фут. отъ гребня перепада, а второй брусъ въ разстояніи $7^1/_2$ фут. горизонтально отъ перваго бруса.

Рѣшетины на этихъ перепадахъ первоначально были положены вплотную одна къ другой, такъ какъ тогда не было полнаго количества воды въ каналѣ. Такимъ образомъ, приходилось 20 рѣшетинъ на каждый 10-футовый пролетъ между быками; впослѣдствіи число рѣшетинъ было уменьшено сперва до 19, а затѣмъ до 18-ти, каковое число и осталось.

Уменьшеніе числа рѣшетинъ и равномѣрное расположеніе остальныхъ дѣлается очень легко, такъ какъ ихъ легко было передвинуть вдоль желѣзнаго башмака и вдоль поддерживающихъ брусьевъ, къ которымъ онѣ прикрѣплены.

Рѣшетины съужены отъ той точки, гдѣ онѣ оставляютъ башмакъ, такъ что промежутки между ними представляютъ отверстія въ тонкой пластинкѣ, что облегчаетъ проходъ черезъ нихъ мелкихъ частицъ, приносимыхъ теченіемъ. Крупныя части, которыя собираются на рѣшеткѣ, каждый день выбираются граблями и складываются около перепада: это дѣлается людьми, живущими въ казармѣ расположенной для устроеннаго здѣсь шлюза.

Этотъ способъ освобожденія канала отъ наносныхъ предметовъ представляетъ большое преимущество, такъ такъ, въ противномъ случаѣ, они были бы занесены къ головамъ распредѣлительныхъ каналовъ или въ промежутки между быками мостовъ, или, наконецъ, застрѣвали бы на днѣ канала, гдѣ служили бы причиной образованія около нихъ песчаныхъ отмелей или возвышенныхъ кочекъ. Если же предположить, что не было бы людей для стребанія наносныхъ частей, и что рѣшетка была бы забита, то вода поднялась бы, перелилась бы черезъ вершину рѣшетки и унесла бы наносы.

Гамъ, гдѣ употреблены рѣшетки, онѣ дѣйствуютъ, какъ возвышенные пороги, замедляя скорость воды выше перепадовъ, а потому при расположеніи рѣшетинъ, надо имѣть въ виду сдѣлать это такъ, чтобы скорость всѣхъ струй потока не была ни ускорена и ни замедлена близостью перепада.

Если это сдѣлано, то, очевидно, поверхность воды будетъ сохранять свой нормальный уклонъ, параллельный дну канала, пока она не дойдетъ до рѣшетки. Чтобы привести примѣръ, положимъ, что въ каждой вертикальной линіи естественно текущаго потока средняя скорость:

$$v = 0{,}81\, v_{max}$$

$$v_b = 0{,}62\, v_{max}$$

гдѣ v равняется средней скорости въ футахъ въ секунду;

v_{max} = скорости на поверхности въ футахъ въ секунду;

v_b = скорости на днѣ въ футахъ въ секунду.

Тогда, если мы сдѣлаемъ $v = 2{,}5$ фута въ секунду, то получимъ слѣдующія скорости на показанныхъ глубинахъ ниже поверхности потока, глубиной въ 6 фут.

Глубины подъ поверхностью въ футахъ.	Скорости въ футахъ въ секунду.	Замѣчанія.
Поверхность. 0	3.0864	
„ 1	2.8909	
„ 2	2.1955	Общая разность около 0.1955.
Средина глубины 3	2.5	
„ „ 4	2.3046	
„ „ 5	2.1091	
Дно. 6	1.9136	

Итакъ, надо обдѣлять бока данныхъ числа рѣшетинъ, положенныхъ въ пролетѣ данной ширины, такъ, чтобы вышеприведенныя скорости могли быть сохранены до тѣхъ поръ, пока вода не дойдетъ до рѣшетки, гдѣ, вслѣдствіе свободнаго паденія, скорость ея значительно увеличится.

Эта увеличенная скорость, помноженная на уменьшенную площадь промежутковъ между рѣшетинами, должна давать расходъ одинаковый съ нормальнымъ расходомъ канала. такъ какъ этотъ послѣдній составляетъ произведеніе изъ нормальной скорости и первоначальной, неуменьшенной площади, ширина которой, разумѣется, равняется разстоянію между осями двухъ смежныхъ рѣшетинъ.

Такимъ образомъ, взявши самую нижнюю струю, прилегающую къ дну канала, которой нормальная скорость равняется 1,9136 фута въ секунду, и полагая, что число рѣшетинъ въ каждомъ пролетѣ равно 20, найдемъ, что неуменьшенная площадь каждой части потока будетъ полфута, а умноживъ ее на вышеприведенную скорость, получимъ произведеніе 0,9568.

Опять принимая ту же самую нижнюю струю, такъ какъ она проходитъ черезъ рѣшетку и свободно падаетъ подъ напоромъ 6 фут. воды, мы найдемъ, что скорость ея равняется 19,654 фут. въ секунду.

Если нужную намъ ширину пространства между рѣшетинами въ этой точкѣ мы назовемъ черезъ x_a и предположимъ, что коэффиціентъ сжатія будетъ 0,6, то получимъ:

$$x_a = \frac{0,9568}{19,654 \times 0,6} = 0.08 \text{ фут.}$$

Точно такъ же, принимая струю у верхней оконечности рѣшетинъ, или 0.5 фут. ниже поверхности воды, съ нормальной скоростью струи 2,9887, такъ какъ неуменьшенный промежутокъ остается, какъ прежде, 0,5 фут., мы получимъ произведеніе 1,4944, и такъ какъ скорость струи, падающей между рѣшетинами, равна 5,673 фут. въ секунду, то получимъ:

$$x_i = \frac{1.4944}{5,673 \times 0,6} = 0,44 \text{ фут.}$$

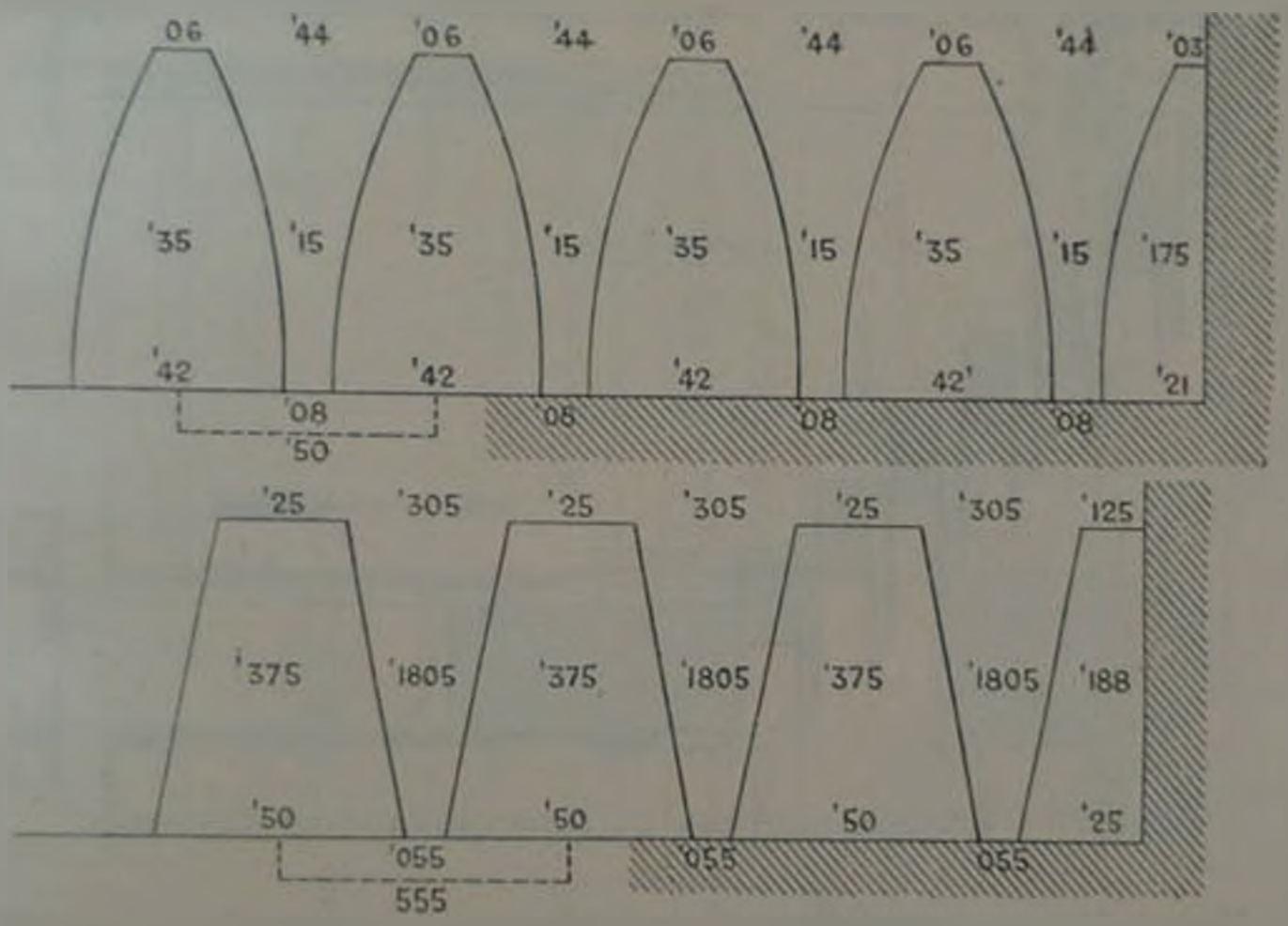
Наконецъ, принимая центральную струю, скорость которой равна 2,5 фут. въ секунду, мы получимъ произведеніе 1,25, и такъ какъ скорость этой струи при паденіи черезъ рѣшетку равна 13,89 фут. въ секунду, то мы получимъ:

$$x_i = \frac{1,25}{13,89 \times 0,6} = 0,15 \text{ фут.}$$

Изъ этого видно, что бока рѣшетокъ должны быть обдѣланы въ

видѣ кривыхъ поверхностей, какъ показано на черт. 125, т. е. выпуклыми къ открытому пространству. Такъ какъ на практикѣ такой точности трудно достигнуть, то онѣ могутъ быть обдѣланы, какъ показано на черт. 126.

Вышеприведенныя замѣчанія относятся къ разсмотрѣнію вліянія рѣшетки на каналъ выше перепада, но вліяніе ея на каналъ ниже



Черт. 125 и 126. — Планъ вертикальныхъ затворовъ.

перепада столь же важно. Скорость воды водоворота и послѣдующее размытіе ниже перепада также значительно уменьшаются дѣйствіемъ рѣшетки.

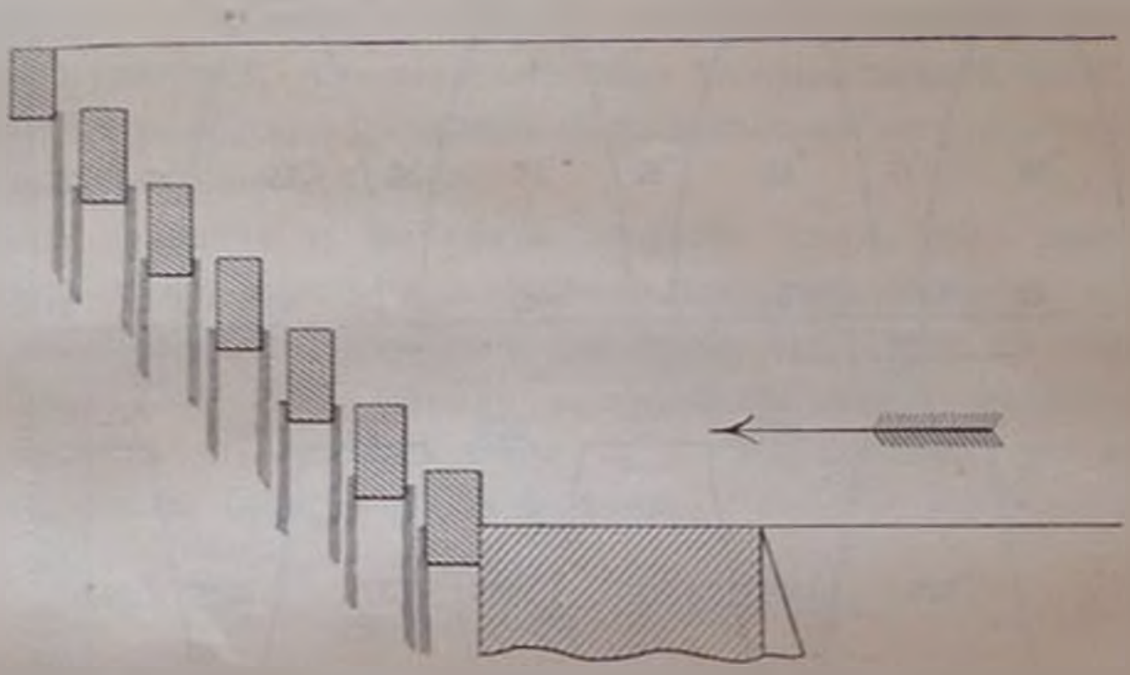
Полковникъ Dyas, инженеръ большой опытности, во время завѣдыванія каналомъ Baree Doab писалъ объ этомъ слѣдующее *): «По моему мнѣнію, перепадъ съ рѣшеткой есть наилучшій изъ всѣхъ извѣстныхъ, а послѣ него надо считать лучшимъ вертикальный перепадъ безъ рѣшетки.

У насъ былъ только одинъ перепадъ съ криволинейной поверх-

*) Professional Papers on Indian Engineering. Томъ I. Первая серія.

ностью въ видѣ гуська на каналѣ Baree Doab. и онъ одинъ причинилъ намъ болѣе хлопотъ по исправленію, чѣмъ всѣ остальные вмѣстѣ.

Въ самомъ дѣлѣ, намъ не пришлось и касаться всѣхъ остальныхъ перепадовъ съ рѣшетками, хотя у насъ на каналѣ былъ наводокъ, который затопилъ ихъ всѣхъ. Трудно себѣ представить, не видя ихъ, до какой степени можно управлять водой при ихъ посредствѣ, такъ что девизомъ ихъ можно считать изрѣченіе *diride et impera*».



Черт. 127. — Сѣченіе плотины съ горизонтальными брусьями.

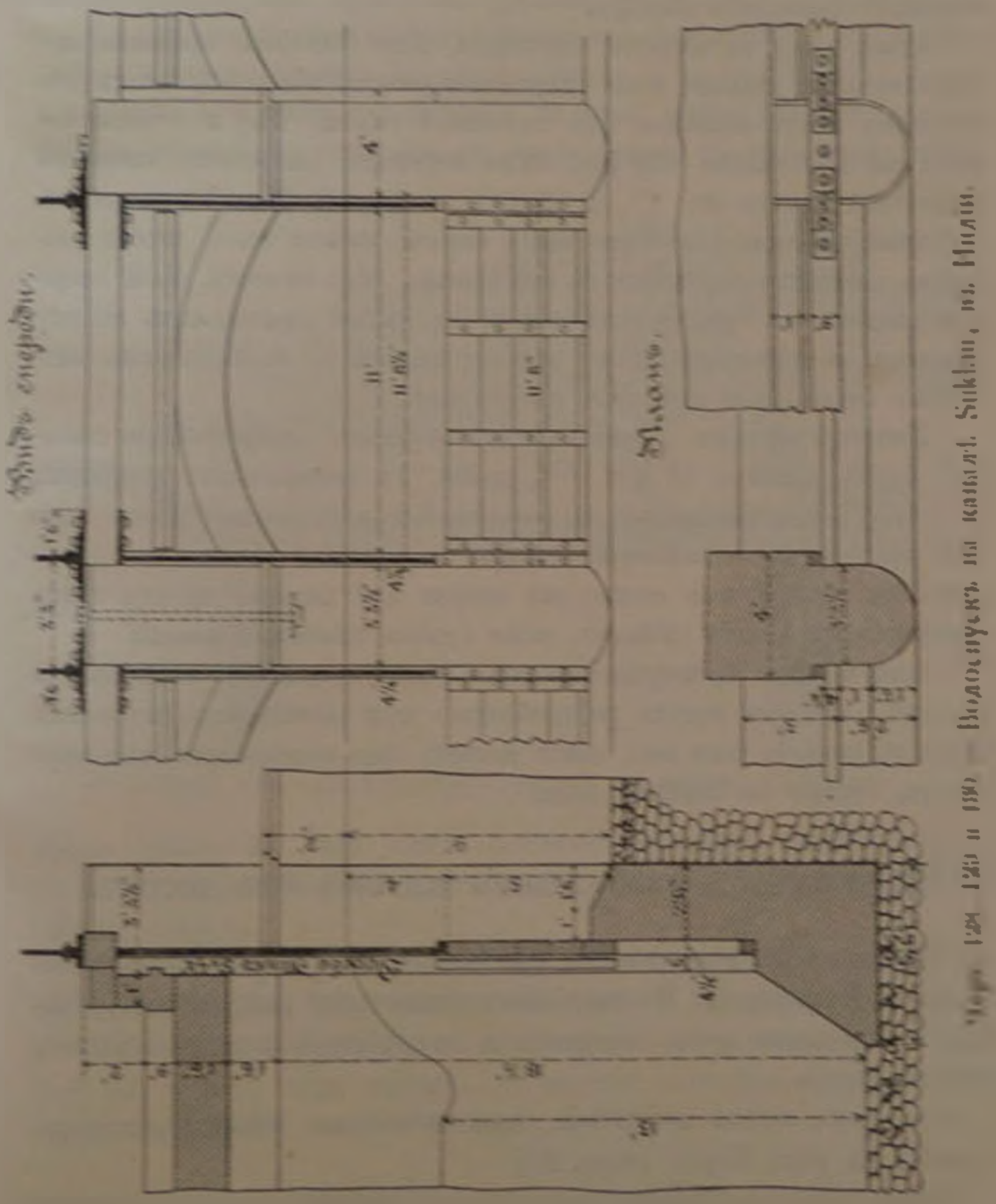
Черт. 127 есть поперечное сѣченіе рѣшетки, состоящей изъ горизонтальныхъ рѣшетинъ, уложенныхъ подъ прямымъ угломъ къ оси канала.

Перепадъ съ опускнымъ затворомъ.

Такой перепадъ на каналѣ Суккуръ, въ Индіи, показанъ на черт. 128, 129, 130 *). Выше перепада каналъ имѣетъ дно шириной 60 фут., глубиной 9 фут., откосы 1 на 1 и паденіе 6 дюйм. на милю. Средняя скорость равна 2,27 фут. въ секунду, а расходъ равенъ 1.410 куб. фут. въ секунду. Формула Куттера, примѣненная къ этому каналу при *n* равномъ 0,025, дастъ указанную выше среднюю скорость въ 2,27

*) Col. J. Le Mesurier. R. E., in Professional Papers on Indian Engineering. Vol. 5. Second series.

фута въ секунду (см. отдѣлъ „Движеніе воды“). Перекатъ раздѣленъ на 5 пролетовъ отверстіемъ, каждый 11 фут. при толщинѣ быковъ 4 фут. Планъ одного изъ этихъ пролетовъ показанъ на черт. 128.



Черт. 128 и 129. — Водоспускъ на каналѣ Sirhind, въ Индіи.

Разность уровней дна канала выше и ниже переката равна 7,55 фут., а разность уровней высокихъ водъ 3,55 фут. Гребень каменной части порога поднять на 9 дюйм. выше дна канала

(черт. 129): толщина подпорной плотины равна 2 фут. 6 дюйм. Въ сущности, это не что иное, какъ облицовка скалы, представляющая ровную поверхность, къ которой прислонены деревянныя рамы, по которымъ скользитъ затворъ.

Здѣсь вовсе не имѣется цистерны, или бассейна, представляющаго водяной тюфякъ подъ ударомъ падающей воды, такъ какъ дно въ этомъ мѣстѣ состоитъ изъ сплошной скалы. Дно и откосы канала, на протяженіи 100 фут. ниже перепада, защищены каменной вымосткой насухо отъ $1^1/_2$ до 2 фут. толщиной. Мысль употребить опускные затворы для образованія порога вмѣсто того, чтобы возводить каменную постройку на днѣ канала, какъ кажется, была впервые введена на Суккурскомъ каналѣ съ цѣлью приноровить высоту перепада къ дѣйствительному расходу канала съ наибольшимъ расходомъ воды 1.100 куб. фут. въ секунду.

Щитовой затворъ, когда совсѣмъ опущенъ, опирается на тиковый брусъ, длиною 11 фут. $8^1/_2$ дюйм. съ поперечнымъ сѣченіемъ $5'' \times 1^1/_4''$, прикрѣпленный къ быкамъ. Когда по каналу идетъ полный расходъ чрезъ щитовой затворъ, то верхняя кромка его находится на пять футовъ выше дна канала или нижняя кромка щита находится на девять дюймовъ ниже гребня каменной кладки.

Значительное преимущество этого рода перепадовъ заключается въ томъ, что они могутъ употребляться при различныхъ глубинахъ воды въ каналѣ, такъ какъ щитъ можетъ быть поднимаемъ или опускаемъ, смотря по глубинѣ воды.

Перепадъ съ разборнымъ щитомъ изъ досокъ.

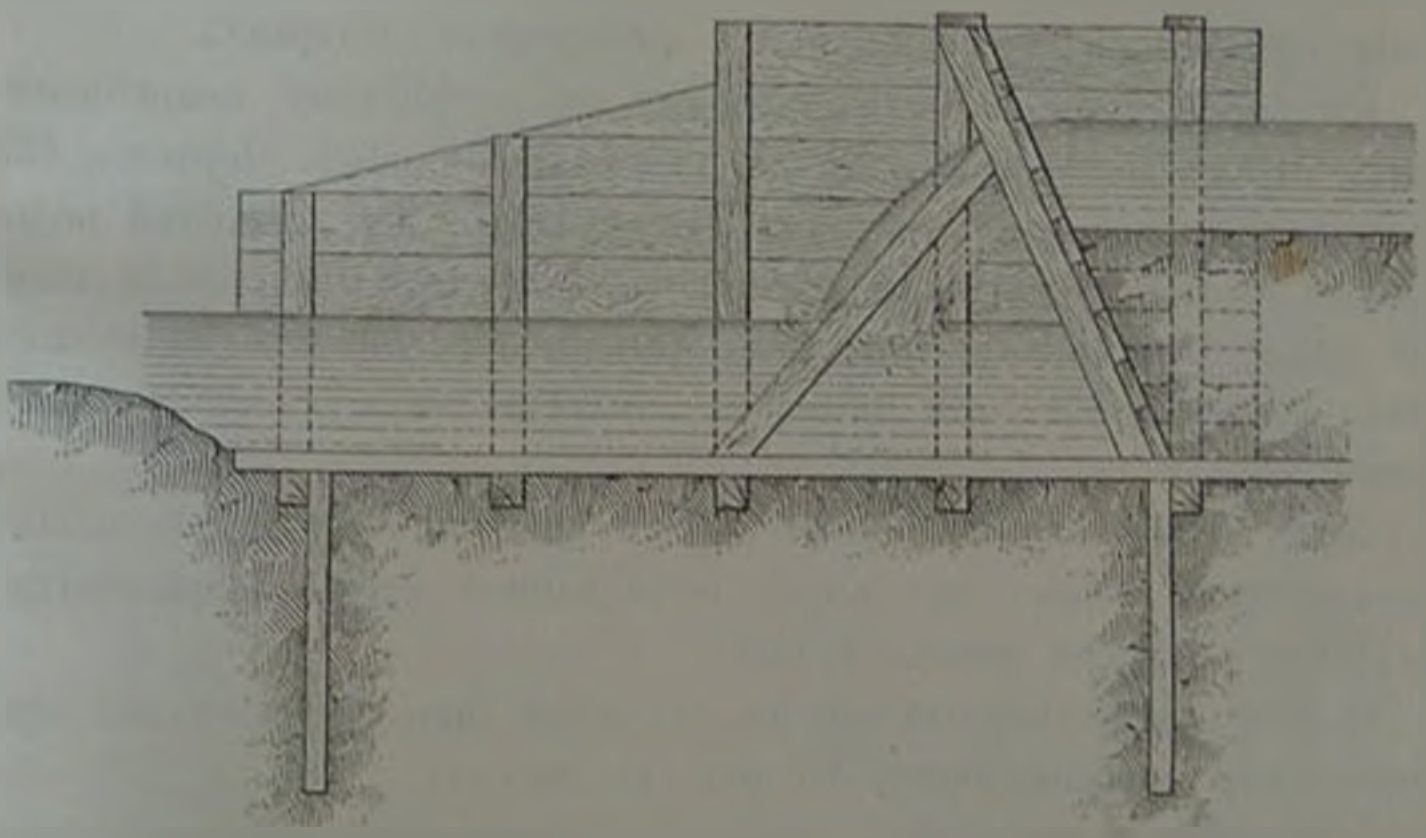
Чертежъ 131 представляетъ деревянный перепадъ на каналѣ Calloway, въ Калифорніи. На наклонно поставленную раму можно укладывать отдѣльныя доски, сообразуясь съ глубиной воды въ верхнемъ участкѣ канала.

Это очень легкая постройка, напоминающая собой деревянную плотину на рѣкѣ Керн (черт. 20).

Очень хорошій полъ для нижней части перепада можно устроить слѣдующимъ образомъ: устраиваютъ деревянный ящикъ шириной одинаковой съ предполагаемымъ поломъ и высотой отъ одного до трехъ футовъ.

Если имѣющійся на мѣстѣ матеріалъ—песокъ или глина, то швы ящика внутри покрываютъ толстой смоленой бумагой, послѣ чего ящикъ наполняютъ пескомъ или глиной и сверху приколачиваютъ крышку. Это заполненіе придаетъ ящику вѣсъ и устойчивость.

Къ низовому ребру ящика обыкновенно приселяютъ шпунтовую линію, которую, однако, не надо забивать копрами. Лучшій способъ установить эту линію заключается въ томъ, чтобы поперекъ канала вырыть траншею и, если она не очень длинна, то образовать шпун-



Черт. 131. Деревянный перепадъ на каналѣ Calloway

товую линію въ видѣ щита, который поставить вертикально въ траншеѣ, затѣмъ засыпать щитъ землей и сильно утрамбовать землю слоями вокругъ.

Затѣмъ поверхъ расположить брусъ, который долженъ быть прикрѣпленъ, какъ къ шпунтовой линіи, такъ и къ ящику.

На каналѣ Uncompahgre, въ Колорадо, съ расходомъ 725 куб. фут. въ секунду вода падаетъ съ высоты 230 фут. черезъ скалу прямо на нижній участокъ канала.

§ 40. Водосливы (Rapids).

Вмѣсто перепадовъ, чтобы перейти отъ одного уровня къ другому, на каналѣ Baree Doab съ успѣхомъ употребляли водосливы,

т. е. перепадъ располагали въ видѣ наклонной плоскости съ уклономъ 15 къ 1, вмѣсто одного вертикальнаго уступа.

Наклонная плоскость вымощена булыжниками, уложенными на цементѣ или на-сухо, и ограждена каменными стѣнами на цементѣ, расположенными въ разстояніи 40 фут., какъ вдоль, такъ и поперекъ канала.

Чѣмъ длиннѣе и положе водосливъ, тѣмъ слабѣе на него дѣйствіе воды, но зато приходится употреблять для постройки его большую массу каменной кладки. Выборъ тутъ зависитъ отъ сравненія требуемыхъ расходовъ и отъ имѣющагося матеріала.

На каналѣ Baree Doab прибѣгли къ устройству водосливовъ тамъ, гдѣ имѣлся булыжникъ по очень низкой цѣнѣ. Чертежъ 132 представляетъ водосливъ на каналѣ Baree Doab. Для вымостки водосливовъ самый подходящій матеріалъ — это булыжникъ или твердый карьерный камень; мягкій же камень или кирпичъ не должны быть употребляемы при потокахъ, обладающихъ столь большой скоростью.

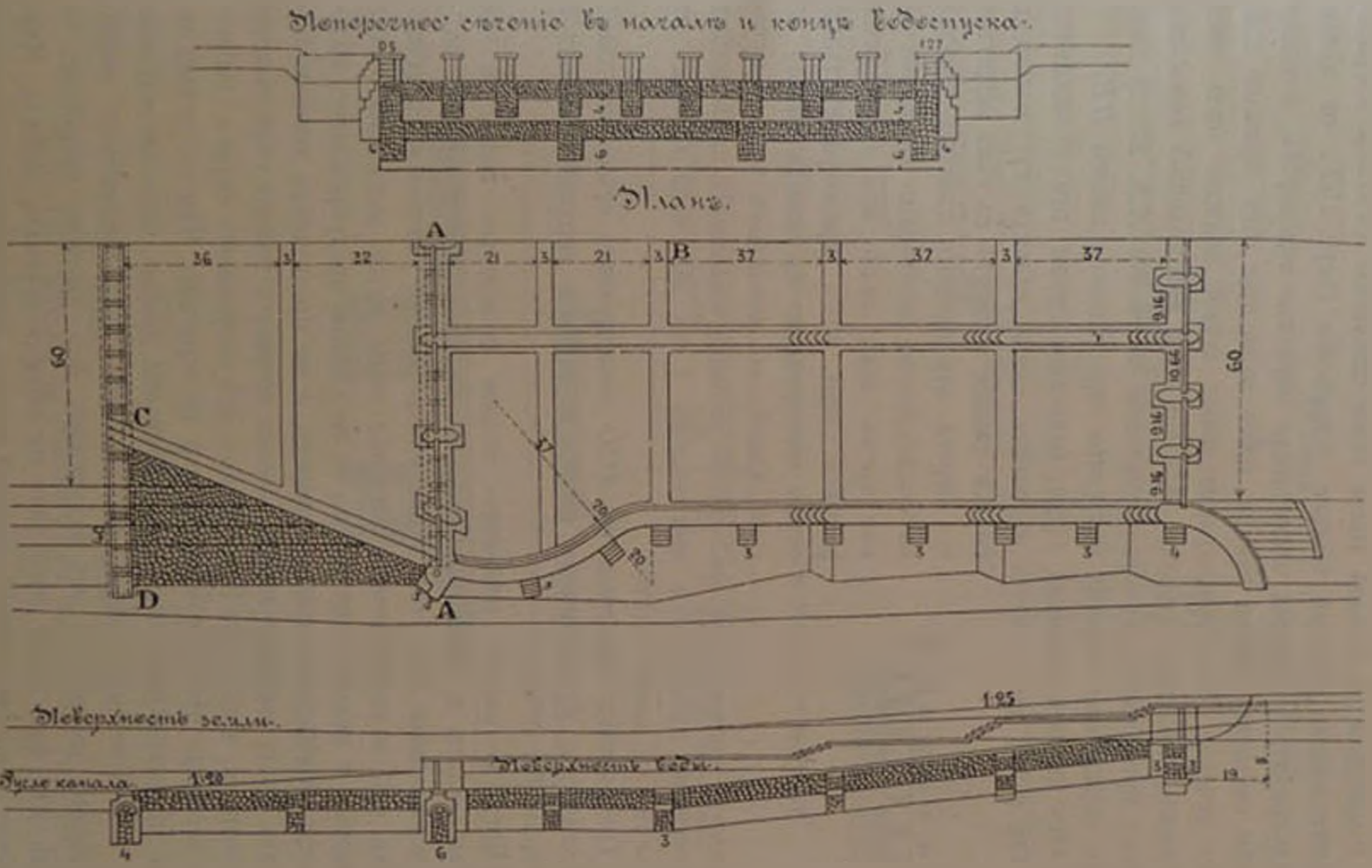
Даже самый лучшій кирпичъ черезъ нѣкоторое время не можетъ противостоять износу отъ воды, обладающей столь большой скоростью и влекущей песокъ и илъ.

Только самый твердый камень долженъ быть употребленъ при скоростяхъ, превышающихъ 10 фут. въ секунду.

Булыжники должны быть подлиты на хорошемъ гидравлическомъ растворѣ. Лучшимъ для этого матеріаломъ надо считать портландскій цементъ. При скоростяхъ выше 15 фут. въ секунду нельзя разсчитывать на вымостку водослива булыжникомъ, даже если каждый камень будетъ вѣсить 80 фунтовъ при уклонѣ 1 на 15. При этомъ незачѣмъ гнаться за приданіемъ гладкой поверхности булыжной вымосткѣ, заполняя промежутки между ними *a*, *a*, *a* (черт. 133).

Все, что требуется при этомъ — это правильно уложить булыжникъ тычкомъ такъ, чтобы вершины всѣхъ камней находились на прямой линіи *bc*.

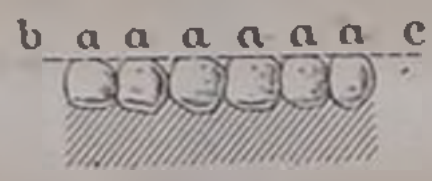
Дальнѣйшее заполненіе промежутковъ между камнями мелочью было бы вымыто, и даже если бы оно осталось, то это имѣло бы нежелательнымъ послѣдствіемъ только увеличеніе скорости теченія въ водосливѣ отъ уменьшенія сопротивленія водѣ отъ шероховатой поверхности булыжной вымостки.



Черт. 182. Водоспускъ на каналѣ Barce Doab.

Водосливы на каналѣ Baree Doab снабжены на концахъ предохранительными стѣнами особаго устройства (черт. 132), съ цѣлью предупредить у нижней оконечности обратные водовороты, а также чтобы защитить берега канала ниже водослива отъ прямого дѣйствія теченія. Эти предохранительныя стѣны должны быть такъ устроены, что самое сильное дѣйствіе воды при подошвѣ водослива будетъ происходить въ самой широкой части его AA, между тѣмъ какъ нормальная ширина водослива опредѣляется линіей BB.

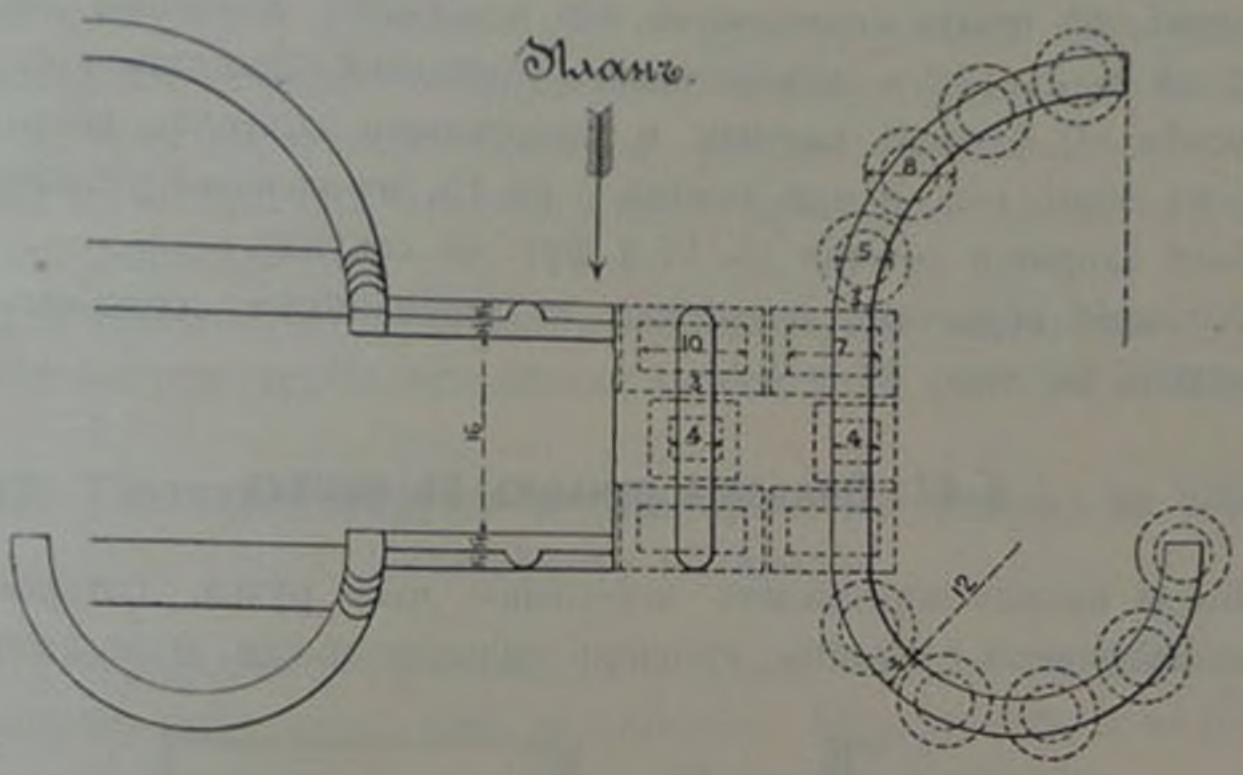
Отъ нижней широкой части водослива стѣны эти сближаются между собой такъ, чтобы направить самую сильную струю потока по оси канала и вмѣстѣ съ тѣмъ защитить его берега отъ прямого дѣйствія теченія на значительномъ разстояніи. Въ то же самое время, какъ видно изъ продольнаго разрѣза (черт. 132), предохранительныя стѣны выведены не на полную высоту по всей длинѣ, но, начинаясь ниже закругленныхъ поверхностей на высотѣ полнаго снабженія, онѣ затѣмъ постепенно понижаются при уклонѣ 1 къ 20, пока совсѣмъ не сольются съ дномъ канала



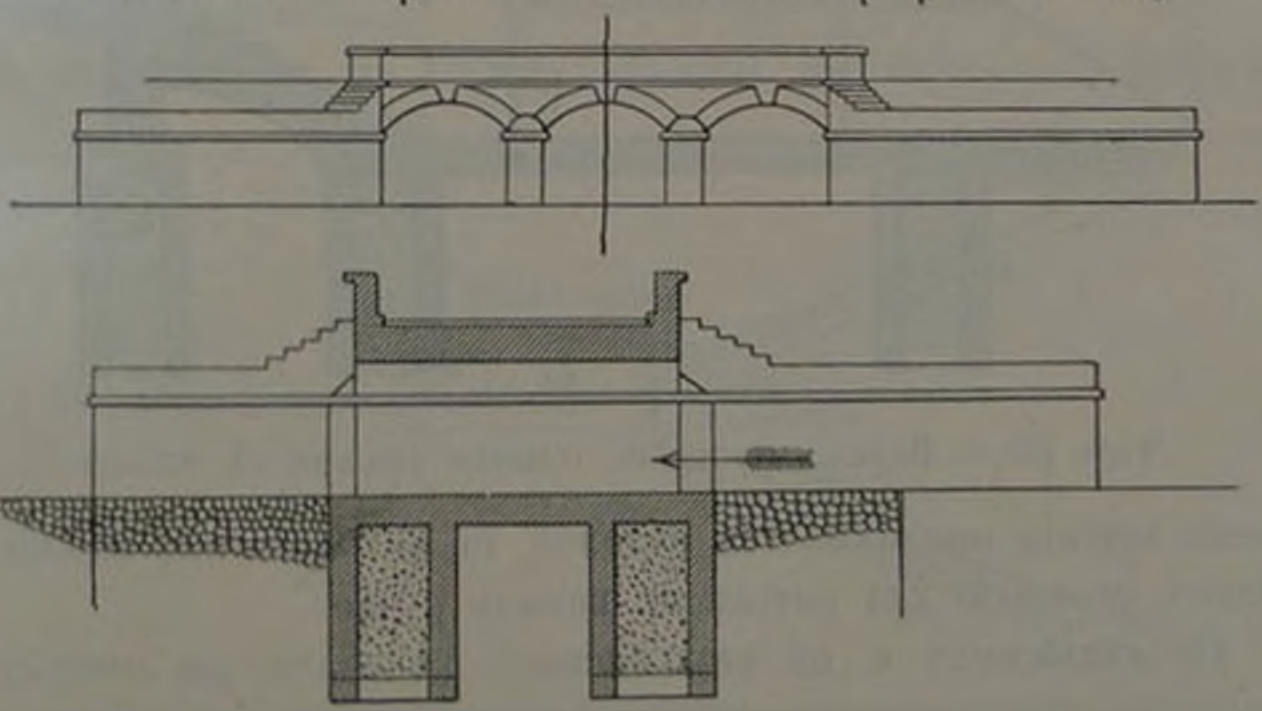
Черт. 133.

Треугольныя пространства ACD позади этихъ стѣнъ въ планѣ наполняются булыжникомъ насухо до высоты верхней наклонной поверхности стѣнъ.

Когда по каналу проходитъ полное количество воды, то эти стѣны залиты и невидимы, причемъ кажется, что водосливъ кончается на линіи AA. Эти стѣны, однако же, не уничтожаютъ всплесковъ отъ волнообразнаго движенія воды ниже водослива. Этого движенія и нельзя уничтожить, но зато стѣны предупреждаютъ водовороты, содѣйствуя теченію впередъ и не представляя теченію никакихъ выступающихъ частей. позади которыхъ можетъ образоваться водоворотъ, а въ то же самое время онѣ защищаютъ берега, умѣряя это движеніе при приближеніи его къ берегамъ. При отсутствіи такихъ предохранительныхъ стѣнъ, банкеты канала, если они устроены изъ обыкновенной глины, должны быть, какъ показываетъ опытъ, защищены вымосткой изъ булыжника или другимъ способомъ по длинѣ 300 фут. ниже водослива на обоихъ берегахъ канала. Наибольшая скорость теченія, которой можетъ противостоять булыжный



Фасадъ снизу (по теченію)



Фасадъ сверху (по теченію)

Сѣченіе крыла.



Сѣченіе арки и быка.



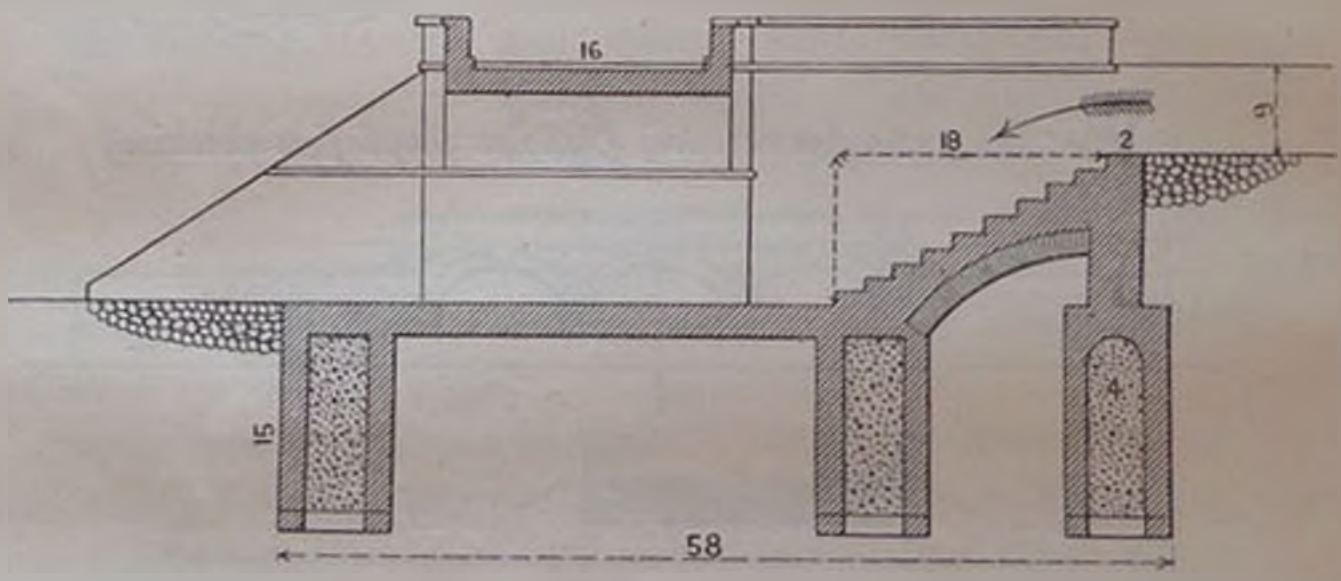
Черт. 131.—Впускъ въ каналъ ручья въ одномъ уровнѣ.

водосливъ безъ поврежденія, не можетъ быть опредѣлена точнымъ образомъ, но опытъ показываетъ, что водосливъ, подобный показанному на черт. 132 и вымощенный булыжными камнями, вѣсящими не менѣе 80 фунтовъ каждый и уложенными тычкомъ, какъ показано на черт. 133, и при уклонѣ 1 на 15, *не можетъ* устоять при средней скорости теченія въ 17,4 фут. въ секунду.

Хорошій образчикъ водослива съ деревяннымъ желобомъ уже приведенъ на черт. 81 и 82.

§ 41. Впаденіе ручьевъ въ каналъ.

Когда каналъ пересѣкаетъ небольшое ложе ручья, которое бываетъ наполнено случайно, въ очень сильные дожди, и въ которомъ



Черт. 135. — Впускъ ручья не одного уровня съ каналомъ.

время теченія продолжается недолго, то въ банкетахъ канала оставляютъ отверстіе для впуска въ каналъ ручья.

На индійскихъ и на итальянскихъ каналахъ эти отверстія дѣлаются подъ каменными мостами, служащими для сообщенія вдоль береговъ канала.

Чертежъ 134 (см. стр. 197) показываетъ впускъ въ каналъ ручья, дно котораго находится на одномъ уровнѣ со дномъ канала.

При этихъ впускахъ обыкновенно не дѣлаютъ затвора, а въ случаѣ, если ручей не несетъ ни ила, ни другихъ наносовъ, то онъ впускается въ каналъ, хотя и течетъ круглый годъ. Этого рода сооруженіе отличается отъ пересѣченія канала съ потокомъ въ одномъ уровнѣ, о чемъ сказано выше, тѣмъ, что на противоположной сторонѣ канала нѣтъ *выпуска* введенной въ каналъ воды.

Черт. 135 представляетъ впускъ въ каналъ ручья съ паденіемъ въ 10 фут. между русломъ ручья и русломъ канала. Проводъ потоковъ надъ каналами посредствомъ водопроводныхъ мостовъ или посредствомъ обратныхъ сифоновъ, требуетъ очень дорогихъ сооруженій, тогда какъ описываемые впуски ручьевъ въ каналъ обходятся гораздо дешевле.

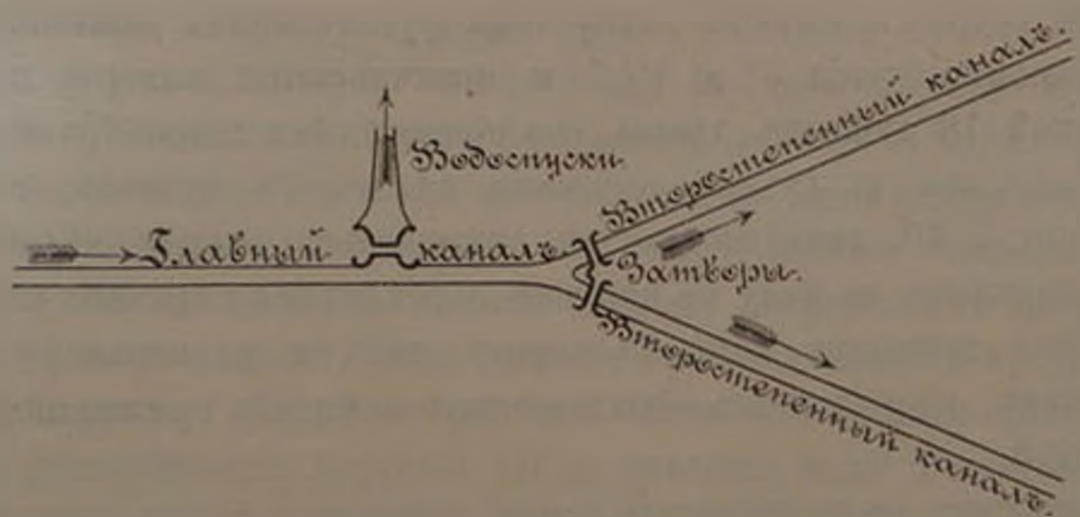
Для небольшихъ ручьевъ въ этомъ случаѣ достаточно цементной трубы или трубы изъ сильно обожженной (vitrified) глины.

§ 42. Головныя сооруженія (водопріемные шлюза) на второстепенныхъ каналахъ.

На первоклассныхъ каналахъ въ Индіи существуетъ обыкновеніе устраивать регуляторы какъ на главномъ каналѣ, такъ и въ началѣ второстепенныхъ каналовъ, какъ показано на черт. 136.

Эти регуляторы пріурочены обыкновенно къ каменнымъ мостамъ на главныхъ дорогахъ.

На каналѣ Sone. въ Индіи, устроены регуляторы, въ которыхъ



Черт. 136. — Схема расположенія затворовъ и водоспусковъ при началѣ второстепенныхъ каналовъ.

Водоспускъ долженъ быть расположенъ въ удобномъ мѣстѣ съ правой или лѣвой стороны канала на небольшомъ разстояніи выше (по теченію) затворовъ.

отверстія закрываются и открываются помощью вертикальныхъ спицъ, какъ во французскихъ разборчатыхъ плотинахъ Пуаре, а при всякомъ раздвоеніи канала, повыше его устраивается спускной шлюзъ (escape) съ отверстіемъ достаточнымъ, чтобы спустить всю воду главнаго канала и осушить оба второстепенные канала.

Когда требуется только уменьшить притокъ воды въ обоихъ второстепенныхъ каналахъ, то стоитъ только открыть часть отверстій спускового шлюза. Если же требуется поддержать полное снабженіе въ одномъ только каналѣ и совершенно преградить доступъ воды въ другой каналъ, то въ отверстія этого второго, въ оставленные въ быкахъ пазы, опускаютъ на дно деревянный брусъ, служащій порогомъ, затѣмъ выше уровня воды укрѣпляютъ другой толстый брусъ. Затѣмъ на эти двѣ опорныя линіи съ верхняго бруса прислоняютъ вертикальныя спицы, прилегающія, по возможности, плотно одна къ другой, и такимъ образомъ закрываютъ все отверстіе.

Конечно, эта операція сложнѣе, чѣмъ опусканіе щитовъ помощью воротовъ, какъ показано на черт. 54.

Если по каналу происходитъ судоходство, то, чтобы уменьшить притокъ воды въ каналъ, не препятствуя судоходству, можно закрыть нижнюю часть отверстія регулятора, опуская въ пазы горизонтальныя доски.

Управленіе вертикальными спицами (needles) происходитъ слѣдующимъ образомъ. Спицы сдѣланы изъ деодароваго дерева (гималайскій кедръ) и имѣютъ длину семь футовъ шесть дюймовъ, а въ поперечномъ сѣченіи $5'' \times 3^1/_2''$ и оканчиваются наверху прочной рукояткой 18 дюймовъ длины, оканчивающейся шарообразно.

Спицы эти въ сухомъ состояніи вѣсятъ 36 фунтовъ, а когда намочены — 40, такъ что могутъ управляться однимъ человѣкомъ. Ихъ опускаютъ въ воду съ верхней перекладины, причемъ онѣ прижимаются теченіемъ какъ къ порогу, такъ и къ верхнему брусу. При этомъ, посредствомъ обыкновеннаго лома ихъ прижимаютъ одну къ другой.

Такъ какъ въ промежутки между спицами вода проникаетъ значительными струями, то, чтобы прекратить эту фильтрацію, поступаютъ слѣдующимъ образомъ. На конецъ жерди, длиною 10 фут., прикрѣпляютъ корзину, наполненную стружками или рубленой соломой, и опрокидываютъ ее противъ того мѣста, гдѣ прорывается вода, которая, увлекая эти мелкіе предметы, закупориваетъ отверстія между спицами.

Если разность уровня воды спереди и сзади загражденія очень велика, и вслѣдствіе этого сплоченіе спицъ между собою посредствомъ лома очень затруднено, то, для предупрежденія проникновенія воды

между спицами, поступаютъ слѣдующимъ образомъ: берутъ кусокъ смоленой парусины, или брезентъ, 8 фут. длиною и 6 фут. шириною, и прикрѣпляютъ ее наверху къ деревянному вальку 6 фут. 4 дюйма длины, съ рукоятками на каждомъ концѣ, а противоположную сторону брезента прикрѣпляютъ къ толстому желѣзному пруту 6 фут. 4 дюйма длиною и въ одинъ дюймъ въ діаметрѣ. Брезентъ навиваютъ на желѣзный прутъ и кладутъ свертокъ этотъ горизонтально надъ спицами, сквозь которыя происходитъ фильтрація, причемъ деревянный валекъ, который остается поверхъ свертка, держатъ или привязываютъ за рукоятку. Затѣмъ даютъ свертку развернуться подъ вліяніемъ желѣзнаго прута до нижнихъ оконечностей спицъ и, такимъ образомъ, сразу прекращаютъ фильтраціи чрезъ всѣ промежутки между спицами.

Чтобы легче было вынуть этотъ брезентъ, привязываютъ веревки къ хомутамъ, прикрѣпленнымъ къ окопечностямъ желѣзнаго прута, и когда спицы плотно пригнаны, то посредствомъ этихъ веревокъ вытягиваютъ брезентъ изъ воды. Чтобы управлять высотою воды выше запруды, во многихъ случаяхъ достаточно отклонить рукою вершины спицъ впередъ, причемъ вода протекаетъ сквозь образовавшіяся щели, но если бы нужно было спустить большее количество воды, то для этого совсѣмъ убираютъ извѣстное число спицъ. Это, вообще, можетъ быть сдѣлано руками, но если спицы защемились отъ какой-нибудь причины или отъ слишкомъ большого на нихъ давленія воды, то ихъ можно поднять посредствомъ рычага.

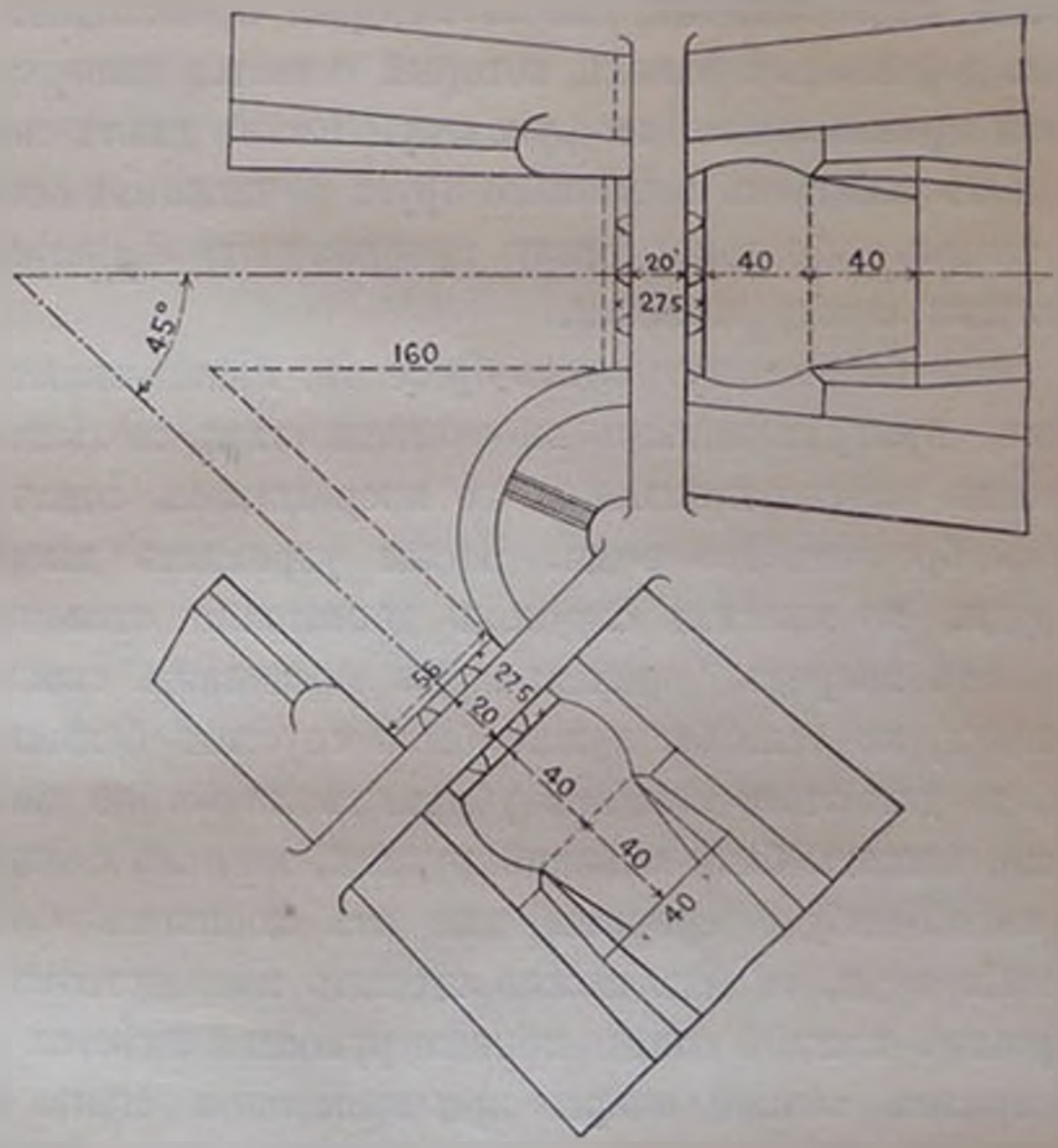
На вершинѣ каждой спицы пониже рукоятки имѣется проушина, которая служитъ точкой опоры при выниманіи спицы рычагомъ или для прикрѣпленія веревки, когда давленіе воды слишкомъ велико, чтобы вынуть спицу руками. Опытомъ найдено опаснымъ управлять спицами съ верхней упорной балки, которая имѣетъ ширину только 18 дюймовъ, такъ какъ при этомъ происходили смертные случаи.

На каналѣ Sidhnai, въ Индіи, гдѣ имѣются такія разборчатыя запруды изъ вертикальныхъ спицъ, устроено телеграфное сообщеніе для увѣдомленія о поднятіи воды на 1 футъ въ Лагорѣ за 24 часа впередъ.

Такъ какъ паводки проходятъ отъ Лагорѣ до плотины Sidhnai минимумъ въ два дня, то эти предупрежденія оказывали величай-

шую пользу. Чертежъ 137 представляетъ планъ регулятора, проектированнаго маіоромъ Crowton, въ головѣ второстепеннаго канала Kotluh, отдѣляющагося отъ канала Sutlej. Эта вѣтвь отдѣляется отъ главнаго канала подъ угломъ 45 градусовъ.

Отверстіе регулятора на главномъ каналѣ равняется 64 футовъ, а на каналѣ Kotluh 50 фут., причемъ ширина каналовъ ниже регуляторовъ равняется $57^1/_2$ фут. для одного и $15^1/_2$ фут. для другого.



Черт. 137. — Вѣтвь Kotluh канала Sutlej.

Регуляторъ на главномъ каналѣ состоитъ изъ четырехъ отверстій: два среднихъ по 14 фут., а два боковыхъ по 18 фут. На каналѣ Kotluh регуляторъ имѣетъ три отверстія: два боковыхъ по 18 фут. и одно среднее въ 14 фут. Быки, ближайшіе къ берегамъ канала, имѣютъ толщину 3 фута, а средній быкъ—толщину 2 фута. При расположеніи этихъ сооруженій главной задачей было построить оба регулятора какъ можно ближе одинъ къ другому такъ, чтобы предупредить обмелѣніе, которое неминуемо образуется въ верхнихъ участкахъ канала ниже точки его раздѣленія.

Управленіе водой на обоихъ регуляторахъ производится вертикальными спицами, нижніе концы которыхъ входятъ въ желобокъ, сдѣланный въ полу, а наверху онѣ заключены между двумя параллельными балками. Хотя такой затворъ не такъ дѣйствителенъ, какъ опускной щитъ, но онъ имѣетъ то преимущество, что раздѣляетъ проходящую воду на вертикальныя струйки, при которыхъ ударъ воды о полъ значительно уменьшается.

§ 43. Отводные каналы.

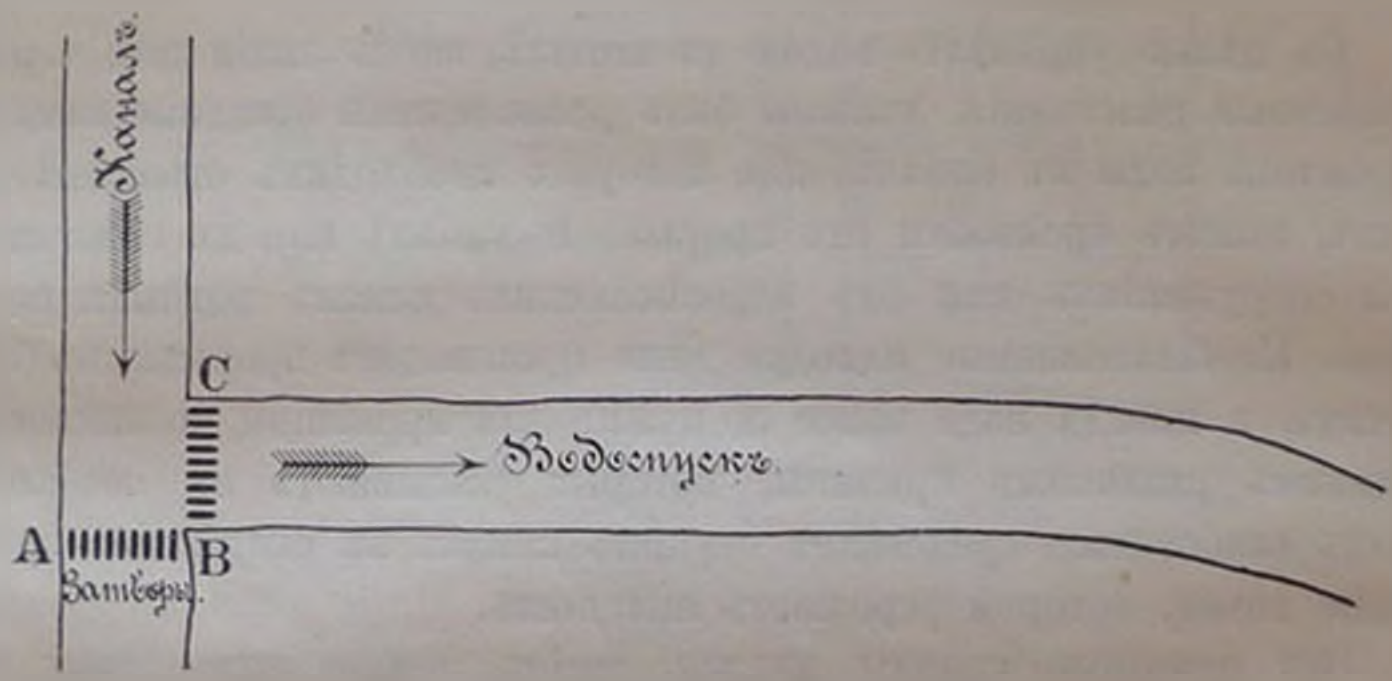
Съ цѣлью управлять водою въ каналѣ, вдоль линіи его, черезъ извѣстныя разстоянія, должны быть расположены отводные каналы. Избытокъ воды въ каналѣ, для котораго необходимъ отводный каналъ, можетъ произойти отъ прорыва въ каналѣ или въ головныхъ его сооруженіяхъ или отъ пересѣкающихъ каналъ водныхъ потоковъ. Необыкновенные наводки тоже производятъ прорывы въ банкетахъ, а иногда вода вовсе не нужна для ирригаціи, и, наконецъ, бываютъ различныя причины, которыя указываютъ на необходимость озаботиться средствами осушить каналъ въ скорѣйшее время выше точки, которой угрожаетъ опасность.

Эти отводные каналы должны имѣть наименьшую длину отъ канала до какого-нибудь естественнаго углубленія, въ которое можно направить воду, не подвергая наводненію мѣстности, черезъ которую проходитъ каналъ.

Размѣры отводнаго канала должны быть такъ опредѣлены, чтобы они были достаточны для пропуска наибольшаго расхода въ каналѣ. Мѣсто расположенія отводнаго канала опредѣляется характеромъ мѣстности, но, какъ общее правило—каналъ долженъ быть соединенъ съ какимъ-нибудь естественнымъ потокомъ черезъ извѣстные промежутки. Такъ, отводный каналъ долженъ быть устроенъ выше всякой большой насыпи или выше всякой части канала, которая можетъ быть повреждена наводками. Гдѣ это возможно,—отводные каналы расположены, какъ въ Индіи, черезъ извѣстные промежутки вдоль линіи канала. Въ тѣхъ точкахъ, гдѣ они отдѣляются отъ главнаго канала, должны быть устроены двойные регуляторы, какъ показано на черт. 138, одинъ поперекъ канала *AB* для того, чтобы остановить теченіе воды, когда отводный каналъ въ дѣйствіи.

а другой поперекъ отводнаго канала *BC*, чтобы остановить теченіе воды по отводному каналу, когда главный каналъ находится въ дѣйствіи.

Чертежъ 136, стран. 199. показываетъ относительное расположеніе отводнаго канала къ регуляторамъ на главномъ и второстепенномъ каналахъ Sone. Чтобы предупредить искусственные отводные каналы отъ засоренія хворостомъ, вѣтвями, ихъ надо иногда очищать, иначе можетъ случиться, что когда они наиболѣе нужны, они оказываются засореными такъ. что черезъ нихъ нельзя спу-



Черт. 138. — Планъ затворовъ и водоспуска.

стить воду, отчего можетъ произойти наводненіе и разрушеніе въ окрестности.

На Гангесскомъ каналѣ, въ Индіи. отводные каналы расположены черезъ каждыя 40 миль.

Иногда отводный каналъ близъ головного сооруженія главнаго канала употребляется для промывки послѣдняго.

Примѣръ этому мы видимъ на каналѣ Агра. въ Индіи, гдѣ промывной отводный каналъ расположенъ на полторы мили ниже головы главнаго канала. Живое сѣченіе его больше живого сѣченія головы канала, и цѣль этого заключается въ томъ, чтобы вызвать на первыхъ полутора миляхъ скорость достаточную для того, чтобы поднять и унести илъ, отложившійся между отводнымъ каналомъ и головою главнаго канала.

Въ Америкѣ для сбереженія расходовъ иногда дѣлаются спу-

сковыя отверстія въ бокахъ желобовъ, но это представляетъ ту невыгоду, что падающая вода можетъ размыть основаніе сооруженія.

Самое лучшее расположеніе отводнаго канала было бы въ выемкѣ къ ближайшему водному потоку, причемъ дно и откосы отводнаго канала должны быть предохранены вымосткой.

Нѣсколько лѣтъ тому назадъ каналы Naviglio Grande, Muzza и Martesana вовсе не имѣли регулятора при началѣ ихъ, такъ что вода при наводкахъ входила въ нихъ съ полной силой и находила исходъ изъ каналовъ черезъ расположенные въ банкетахъ ихъ плотины и отводные каналы.

Naviglio Grande имѣетъ нѣсколько такихъ спускныхъ шлюзовъ на первыхъ миляхъ своего теченія и двѣ плотины, одну въ 300 фут., а другую въ 65 фут. длиной, причемъ гребни ихъ расположены на 3 фута ниже поверхности канала при полномъ снабженіи его. Вершины гребня плотинъ ограждены прочными деревянными заборами и уложенными вдоль нихъ фашинами. Каналы Martesana и Muzza имѣютъ также длинныя переливныя плотины близъ начала ихъ. Существованіе этой системы долгое время среди развитого населенія, глубоко заинтересованнаго въ орошеніи, служитъ достаточнымъ доказательствомъ, что отъ этого не происходитъ никакого вреда. Грунтъ здѣсь такъ твердъ и проченъ, что онъ можетъ сопротивляться сильнымъ паводненіямъ. а въ прилежащей мѣстности нѣтъ никакихъ каменныхъ построекъ, могущихъ пострадать отъ этого.

Тѣмъ не менѣе, послѣ паводненія въ каналѣ должны отлагаться большія массы гравія и ила.

§ 44. Осадочные бассейны.

Осадочные бассейны для большихъ каналовъ подробно описаны въ § 18, озаглавленномъ «*О предохраненіи ирригаціонныхъ каналовъ отъ занесенія иломъ*». Небольшіе каналы, взятые изъ рѣкъ, несущихъ большое количество песку и ила, имѣютъ на протяженіи своемъ углубленія, въ которыхъ собираются эти наносы. Углубленія эти промываются, когда нужно, водою изъ канала: при расположеніи этихъ углубленій надо наблюдать, чтобы истоки изъ этихъ углубленій не были засорены наносами, и чтобы въ нихъ можно было впускать воду съ большой скоростью во время наводковъ.

Вслѣдствіе пренебреженія этой предосторожностью при расположеніи углубленій для ила, на каналѣ Deyrah Dhoon, въ Индіи, ихъ выходы были занесены, причемъ и углубленія оказались безполезны.

Г. А. Д. Футъ расположилъ такое углубленіе и соотвѣтствующій спусковый щитъ съ цѣлью перепимать и промывать наносы въ каналѣ изъ Boise River, въ Айдаго.

Это углубленіе состоитъ изъ траншеи, устроенной на днѣ канала и расположенной діагонально, со спусковымъ щитомъ на концѣ. Въ этой траншеѣ собираются всѣ мелкіе камни и осадки, сносимые съ береговъ во время таянія снѣга, а при открытіи щита, они уносятся изъ канала быстрымъ теченіемъ. На Марсельскомъ каналѣ, на югѣ Франціи, съ наибольшимъ расходомъ въ 424 куб. фута въ секунду, вода котораго употребляется не только для орошенія, но и для домашнихъ надобностей, устроены осадочные бассейны съ цѣлью освободить воду отъ взвѣшенныхъ въ ней частицъ. Послѣ того какъ нѣсколько осадочныхъ бассейновъ были совершенно занесены и сдѣлались совершенно безполезными, причемъ одинъ изъ нихъ имѣлъ объемъ въ 159.000.000 куб. фут., вырытъ былъ другой огромный бассейнъ съ необходимыми сооруженіями для періодическаго его промыванія.

Этотъ бассейнъ имѣетъ площадь въ 57 акровъ, а объемъ его равняется 81.000.000 куб. футъ.

Онъ образованъ устройствомъ поперекъ долины каменной плотины 654 фута длиною, 72 фута высотою и $55^{3}/_{4}$ фута шириною при основаніи.

Въ концѣ каждаго года, когда все дно покрылось осадкомъ толщиной до 5 фут., бассейнъ промывается въ рѣку Durance при низкомъ ея уровнѣ. Тамъ, гдѣ каналъ проходитъ по холмистой мѣстности или касается подошвы низкихъ холмовъ, всякая ложбина въ нѣсколькихъ миляхъ отъ головы канала можетъ быть употреблена для осадки наносовъ. Иногда стоитъ для этого построить только нѣсколько низкихъ и дешевыхъ плотинъ въ самыхъ низкихъ мѣстахъ ложбины. Вода, насыщенная иломъ, входитъ въ резервуаръ въ верховье его, гдѣ скорость ея уменьшается, и она осаждаетъ гравій и илъ, а пройдя черезъ резервуаръ, выходитъ изъ нижняго его конца сравнительно чистой. Нѣтъ сомнѣнія, что черезъ извѣстное время такой бассейнъ занесется и сдѣлается безполезнымъ для имѣвшихся

въ виду цѣлей. но. какъ показываетъ ниже примѣръ. осадочный резервуаръ можетъ быть сдѣланъ за весьма низкую цѣну.

Каналъ Wutchumna, in Tulare County, въ Калифорніи, беретъ начало изъ праваго берега рѣки Kaweah,— въ точкѣ, гдѣ рѣка эта несетъ множество песку и ила въ то время, когда вода наиболѣе нужна. Очистка этого песка и ила. при окончаніи ирригаціоннаго періода, изъ каналовъ этого округа вызывала ежегодно огромные расходы.

При постройкѣ канала Wutchumna Mr. Stephen, съ счастливой предусмотрительностью. провелъ каналъ этотъ черезъ ложбину съ цѣлью обратить ее въ осадочный бассейнъ. Онъ исполнилъ это вполнѣ успѣшно. и авторъ этой книги не знаетъ другого осадочнаго бассейна равнаго резервуару Wutchumna, который такъ же хорошо соотвѣтствовалъ бы цѣли.

Этотъ резервуаръ находится въ 7 миляхъ отъ головы канала. а скорость теченія на этихъ 7 миляхъ достаточно велика. чтобы предупреждать осадку песку и гравія до входа въ резервуаръ. Вотъ дополнительныя свѣдѣнія объ этомъ резервуарѣ: когда резервуаръ находится на низкомъ уровнѣ. площадь его равняется 61 экру при средней глубинѣ въ 3 фута.

Наполненный, резервуаръ имѣетъ 154 экра, а глубина его поднимается на 7 футъ выше низкаго уровня воды.

Расходъ канала Wutchumna равняется 208 куб. фут. въ секунду. Въ настоящее время оказывается слой осадка въ $1^1/_4$ фута выше уровня низкой воды при 61 экрѣ. Въ томъ мѣстѣ. гдѣ каналъ входитъ въ резервуаръ, образовался баръ изъ песку и гравія вслѣдствіе крутого уклона канала. Площадь этого бара можно опредѣлить въ 20 экровъ, а толщину слоя въ 3 фута.

Каналъ Wutchumna находится въ постоянномъ употребленіи уже 10 лѣтъ безъ перерыва. Можно полагать, что этотъ резервуаръ можетъ служить для отложенія въ немъ наносовъ еще слѣдующія 100 лѣтъ.

Мѣстныя условія таковы, что резервуаръ этотъ можно углубить еще на 6 футовъ.

§ 45. Тоннели.

Есть случаи, когда оросительные каналы могутъ быть съ выгодою проведены въ тоннеляхъ, но это бываетъ весьма рѣдко, если

расходъ воды превышаетъ 2.000 куб. фут. въ секунду. Въ Индіи нѣтъ ни одного большого оросительнаго канала съ такимъ расходомъ, который былъ бы проведенъ тоннелемъ.

Каналъ Высокаго Уровня (High Level canal), въ Колорадо, съ расходомъ 1.184 куб. ф. въ сек., имѣетъ при своемъ началѣ тоннель въ 600 ф. длины. Этотъ тоннель имѣетъ 20 ф. ширины, 12 ф. вышины и уклонъ 1 : 1000. Каналъ Merced въ Калифорніи, съ расходомъ 3.400 куб. ф. въ сек., имѣетъ тоннель длиною въ 1.600 ф., проложенный черезъ весьма крѣпкую скалу, и другой тоннель — 2.000 ф. длины — черезъ грунтъ настолько слабый, что необходимо было устроить деревянныя крѣпи, которыя потребовали болѣе 1.000.000 погонныхъ футовъ бревенъ. Въ Индіи дерево, употребленное такимъ образомъ, было бы въ нѣсколько лѣтъ истреблено бѣлымъ муравьемъ.

Каналъ Хенаресъ, въ Испаніи, съ расходомъ 177 куб. ф. въ сек., имѣетъ туннель 9.513 футъ длины, со сплошною облицовкою изъ кирпича. Въ поперечномъ сѣченіи онъ представляетъ овалъ съ полуциркульною аркою наверху и обратною аркою на днѣ: общая высота тоннеля 11, 2 ф., а ширина 7,2 ф.; уклонъ канала 1 : 3067.

Въ Индіи, около Мадраса, тоннель былъ построенъ, чтобы провести воду изъ рѣки Periar въ долину Viga; тоннель имѣетъ длину 6.650 ф. и проходитъ черезъ скалу; его поперечное сѣченіе равно 80 кв. ф., а уклонъ 1 : 75.

Въ нѣкоторыхъ случаяхъ, особенно при прочномъ скалистомъ грунтѣ, туннелю надо отдать предпочтеніе передъ открытой глубокой канавой *). Подобные случаи представляются тогда, когда по протяженію тоннеля не требуется развѣтвленій оросительнаго канала, и когда каналу надо придать большой уклонъ. Подъ прочной скалою подразумѣвается горная порода, трудно поддающаяся разрушительнымъ дѣйствіямъ атмосферы и воды и не требующая искусственной обдѣлки или устройства свода. Если при этомъ можно достигнуть большаго уклона и уменьшить поперечное сѣченіе, то устройство тоннеля принесетъ даже значительную экономію. Въ такомъ тоннелѣ потеря воды отъ испаренія и просачиванія, а также и расходы содержанія будутъ наименьшими. Онъ представляетъ большія выгоды передъ открытымъ каналомъ, расположеннымъ на крутыхъ

*) Report on the proposed Works of the Tulare Irrigation District by P. J. Flynn, C. E.

откосахъ; вода въ немъ прикрыта отъ солнечнаго свѣта и не просачивается въ грунтъ; длина канала сокращается, и избѣгается покупка земли: кромѣ того, устраняются затрудненія при пересѣченіяхъ съ канализаціей и дренажемъ поверхностнаго грунта. Если впослѣдствіи понадобится увеличить расходъ воды, то это можетъ быть сдѣлано безъ увеличенія размѣровъ тоннеля, какъ указано дальше, во второй части этой книги. Для этого необходимо только выровнять дно и внутреннія стѣны тоннеля, заполняя углубленія бетономъ и покрывая поверхность штукатуркою. При полученныхъ такимъ образомъ гладкихъ стѣнахъ треніе уменьшится, и потому скорость теченія и расходъ воды значительно увеличатся.

Если примемъ, что потеря воды въ открытомъ каналѣ достигаетъ 6% всего расхода, то мы получимъ значительную выгоду, замѣняя открытый каналъ тоннелемъ, гдѣ потеря воды не превышаетъ 1%. Отсюда слѣдуетъ, что на тоннель можно затратить всю стоимость провода лишнихъ 5% воды. Кромѣ того, сберегается и ежегодный расходъ, капитализацію котораго можно даже затратить на устройство тоннеля.

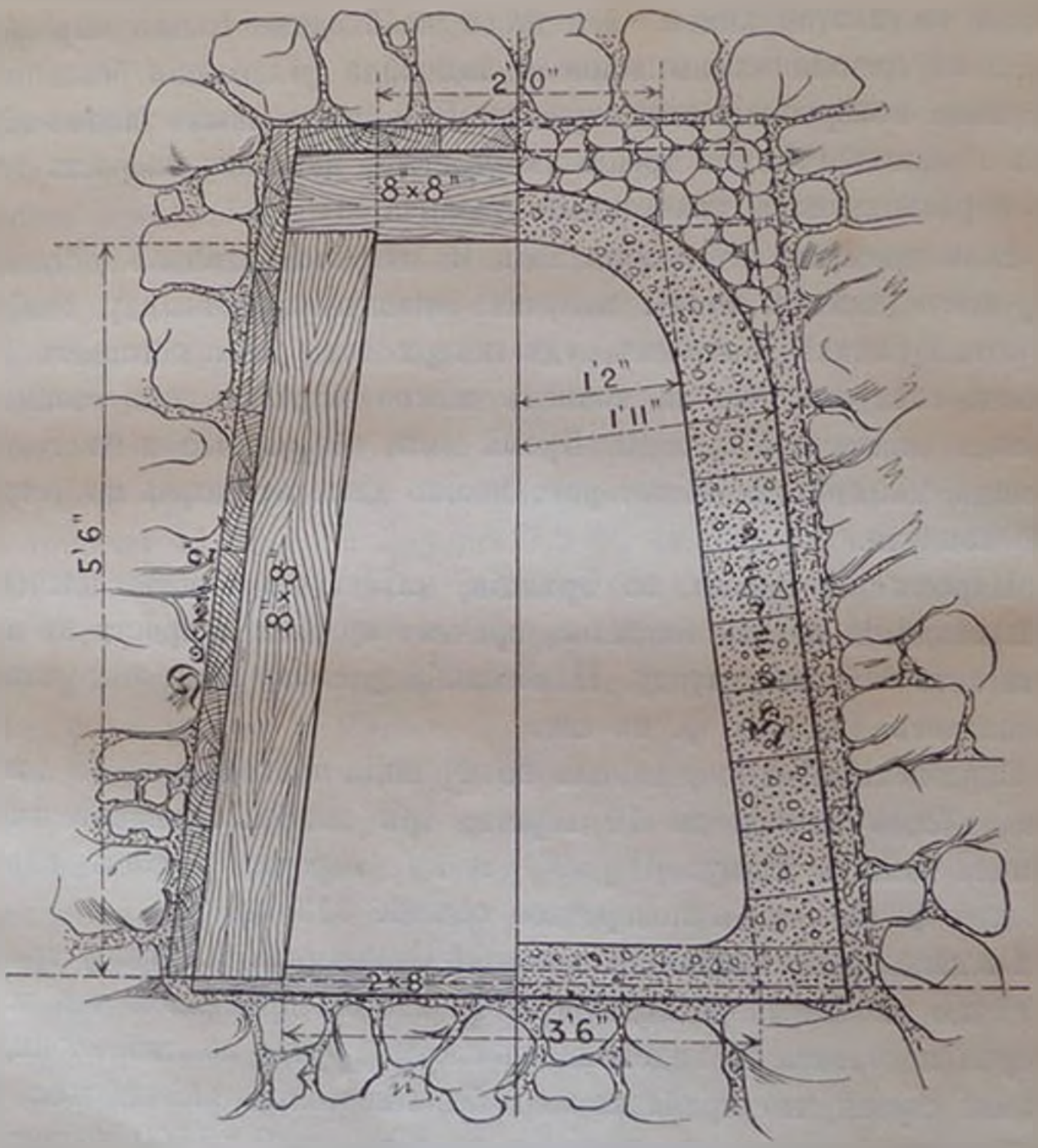
Марсельскій каналъ, во Франціи, имѣетъ, въ общей сложности, до пятнадцати верстъ тоннелей, причемъ средняя скорость въ нихъ достигаетъ 5 ф. въ секунду. Наибольшій расходъ воды этого канала составляетъ 121 куб. ф. въ сек.

Вердонскій (Verdon) каналъ во Франціи проходитъ по 79 тоннелямъ, общей длиной до 19 верстъ; три наиболѣе значительныхъ тоннеля имѣютъ длину: $4^3/_4$, $3^3/_4$ и $1^1/_2$ версты: расходъ канала 212 куб. ф. въ сек., и поперечное сѣченіе 113 кв. ф.

Въ нѣкоторыхъ мѣстностяхъ южной Калифорніи тоннели устроены съ цѣлью увеличить расходъ воды въ каналѣ прибавкою той воды, которая находится въ водоносныхъ слояхъ грунта по линіи тоннеля. Бывали случаи, что прибавка воды была настолько значительна, что орошаемыя ею земли возвышались въ цѣнѣ съ 5 до 500 долларовъ за акръ. Хорошій примѣръ такого случая представляетъ тоннель San-Antonio, построенный въ Онтаріо, въ южной Калифорніи, инженеромъ Trask, изъ отчета котораго мы извлекаемъ слѣдующія данныя.

Къ работамъ было приступлено въ началѣ 1883 года. Верхняя часть канала должна была проходить черезъ грунтъ, состоящій изъ

обломковъ скалы и гравія по длинѣ 2.700 футовъ, и потому для устройства тоннеля употреблены деревянныя крѣпи. замѣненныя потомъ обдѣлкою изъ бетонныхъ плитъ, какъ видно на чертежѣ 139. Бетонная обдѣлка исполнена слѣдующимъ образомъ: бетонныя плиты. 4 дюйма толщины. положены на цементномъ растворѣ вдоль всего



Черт. 139. Поперечное сѣченіе тоннеля Санъ-Антоніо.

дна. На этихъ плитахъ, между деревянными крѣпями стѣнъ тоннеля (поставленными на разстояніи 4 футовъ центръ отъ центра) выведены стѣнки тоже изъ бетонныхъ плитъ, и на нихъ поставленъ сводъ, состоящій изъ двухъ сегментовъ. Вся кладка произведена на цементномъ растворѣ, и были приняты всѣ мѣры, чтобы сдѣлать швы не-

проницаемыми для воды. Слѣдующіе 600 фут. тоннель былъ проложенъ черезъ твердую скалу.

При проведеніи тоннеля до плотной скалы замѣчались мѣста, въ которыхъ появлялись водоносныя жилы, и тогда въ кладкѣ стѣнъ тоннеля оставлялись прямоугольныя отверстія соотвѣтствующей величины, черезъ которыя вода получала доступъ въ тоннель на высотѣ 2 футовъ отъ дна. Нѣкоторые водоносные слои оказались встрочь отъ тоннеля, и потому грунтъ долины былъ изслѣдованъ буромъ съ алмазнымъ сверломъ. Послѣ четырехъ мѣсяцевъ работы, были опредѣлены три наиболѣе глубокихъ пункта водоноснаго слоя, и затѣмъ, боковыми тоннелями, вода отъ нихъ была спущена въ главный тоннель. Этимъ способомъ количество воды увеличилось почти въ 7 разъ. Вообще, способъ увеличенія количества воды состоитъ въ развитіи сѣти дополнительныхъ тоннелей по поверхности плотной скалы, причемъ водяныя жилы, лежащія вверхъ по теченію канала, могутъ быть подняты до высшаго уровня устройствомъ барражей соотвѣтствующей высоты.

Стоимость проведенія первыхъ 2.700 футовъ тоннеля, включая временныя деревянныя крѣпи, была отъ $2^1/_2$ до 20 долларовъ за погонный футъ. Контрактная стоимость бетонной облицовки была $2^1/_2$ долара за пог. футъ. Тоннель въ плотной скалѣ стоилъ 6 долл. за пог. футъ: скала была прочная и не требовала никакой облицовки.

§ 46. Подпорныя стѣны.

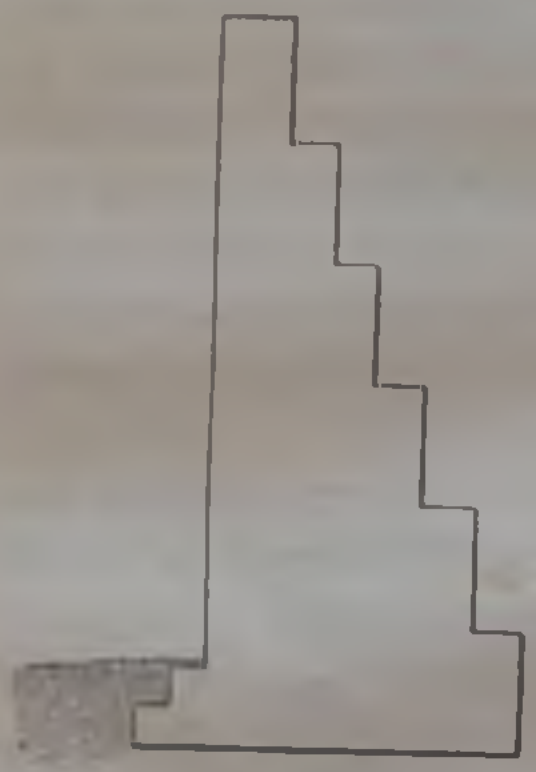
Для опредѣленія толщины подпорныхъ стѣнъ было предложено много формулъ, причемъ результаты вычисленій получаются весьма разнообразные. Мы думаемъ, что болѣе правильно мнѣніе журнала Engineering News въ номерѣ отъ 24-го мая 1890 г., а именно: «Для стѣнъ какой угодно высоты существуетъ простая и короткая формула: толщина должна составлять $^3/_7$ высоты съ прибавкою нѣсколькихъ дюймовъ на всякій случай, и было бы рисковано строить стѣну тоньше. И опытъ показываетъ, что построенная по такому правилу стѣна всегда оказывается прочною».

Дѣйствительно, это предложеніе болѣе полезно для практики, чѣмъ обширныя статьи, разсматривающія вопросъ о давленіи земли на подпорныя стѣны при различныхъ условіяхъ. Добавочные дюймы

имѣютъ цѣлью, вѣроятно, уравнять качество матеріаловъ, изъ которыхъ построена стѣна, такъ какъ кладка можетъ имѣть неодинаковый удѣльный вѣсъ. Другое, тоже хорошее правило совѣтуетъ придавать стѣнѣ $^1/_3$ высоты съ прибавкою одного фута.

Основаніе поддерживающихъ стѣнъ дѣлается обыкновенно болѣе широкимъ, чѣмъ средняя толщина стѣны, а задняя поверхность выводится уступами, какъ показано на чертежѣ 140.

Это дѣлается съ цѣлью распредѣлить давленіе на большую площадь грунта и понизить центръ тяжести стѣны.



Черт. 110. — Поперечное сѣченіе подпорной стѣнки.

Кладка стѣны можетъ быть исполнена вся изъ кирпича или изъ бута съ облицовкою тесанымъ камнемъ; можетъ быть допущена даже тщательная кладка на-сухо. Наилучшее устройство представляетъ стѣна, облицованная тесанымъ камнемъ, такъ какъ наибольшее давленіе существуетъ у поверхности стѣны; задняя часть стѣны можетъ быть выведена изъ болѣе простой кладки, но необходимо принять всѣ мѣры, чтобы облицовка и забутка были хорошо связаны между собою.

У подошвы стѣны, съ наружной стороны, устраивается обыкновенно водоотводная канава, а для выхода воды, скопляющейся за стѣною, въ ней дѣлаются отверстія въ 2 или 3 дюйма ширины, высотою въ рядъ кладки: отверстія располагаются на равныхъ разстояніяхъ, по одному на каждые 36 квад. футовъ поверхности стѣны.

Задняя поверхность стѣны должна быть шероховатая, чтобы устранить всякую возможность скольженія по ней земли. Лучше всего это достигается устройствомъ задней поверхности уступами, какъ показано на чертежѣ 110.

Если грунтъ состоитъ изъ чистаго песку или гравія, то вода свободно проникаетъ съ поверхности земли вглубь и выходитъ черезъ отверстія въ стѣнѣ. Если же грунтъ глинистый, то необходимо устроить за стѣною сборные колодцы, по крайней мѣрѣ, въ футъ ши-

рииою, изъ сухой кладки или засыпки гравіемъ. Бываетъ полезно иногда устройство за стѣною правильнаго дренажа, причемъ концы трубъ могутъ имѣть или самостоятельный выходъ, или соединяются съ дренажной трубой, проложенной у наружной подошвы стѣны.

§ 47. Каналы, предназначенные какъ для судоходства, такъ и для ирригаціи.

Въ экономическомъ отношеніи почти не представляется выгоднымъ устраивать каналы сразу для двухъ цѣлей: для судоходства и ирригаціи. Для судоходныхъ каналовъ наиболѣе удобна стоячая вода, и, во всякомъ случаѣ, желательна наименьшая скорость теченія, чтобы не затруднять движенія судовъ вверхъ по каналу. Въ оросительныхъ каналахъ, напротивъ, желательна большая скорость, какая только можетъ быть допущена безъ поврежденія дна и откосовъ. При большой скорости можно уменьшить поперечное сѣченіе канала и вмѣстѣ съ тѣмъ уменьшить размѣры всѣхъ искусственныхъ сооруженій, чѣмъ сберегаются значительныя суммы. Кромѣ того, для судоходства необходимо устраивать цѣпные шлюза при проходѣ судовъ черезъ перепады.

При скорости движенія судовъ болѣе 4 футовъ въ секунду на каналѣ развиваются волны, разрушающія берега, особенно въ слабомъ грунтѣ. Между тѣмъ, для оросительныхъ каналовъ желательна скорость теченія не менѣе $2^1/_2$ футовъ въ секунду: поэтому скорость движенія судовъ вверхъ по каналу не можетъ превосходить $1^1/_2$ фута въ секунду, и всякое увеличеніе этой скорости ведетъ къ разрушенію береговъ, особенно при оживленномъ судоходствѣ.

Практика въ Индіи показала, что $1^1/_2$ фута въ секунду есть наибольшая скорость теченія, которая можетъ быть допущена въ каналахъ, назначенныхъ для судоходства. Такая малая скорость теченія вызываетъ необходимость увеличенія числа плотинъ, а потому искусственныя сооруженія потребуютъ такихъ большихъ суммъ, что стоимость канала почти удвоится сравнительно съ каналомъ, назначеннымъ исключительно для орошенія. Затѣмъ, въ судоходномъ каналѣ, по всему его протяженію, требуется извѣстный минимумъ глубины и ширины, вслѣдствіе чего приходится иногда устраивать каналъ большихъ размѣровъ, чѣмъ это необходимо исключительно для орошенія (§ 5. стр. 10).

Каналъ Bernegardo, въ Италіи, представляетъ замѣчательный примѣръ крайней трудности приспособленія оросительнаго канала для судоходства. Съ большими затрудненіями и отнимая воду, необходимую для орошенія, возможно было приспособить этотъ каналъ для судоходства въ теченіи лѣтняго времени. При проходѣ судовъ между двумя шлюзами, всѣ щиты боковыхъ оросительныхъ канавъ должны быть заперты, и это приноситъ большой ущербъ орошенію.

Инженеръ-маіоръ Crofton приводитъ нѣкоторыя данныя относительно увеличенія расходовъ при двоякомъ назначеніи каналовъ. Необходимость сдѣлать каналъ судоходнымъ по всей его длинѣ значительно увеличиваетъ земляныя работы для устройства бичевника, затѣмъ требуется постройка высокихъ и длинныхъ мостовъ черезъ каналъ, чтобы они не препятствовали проходу подъ ними судовъ и движенію по бичевнику. Только въ Мадрасскомъ каналѣ мѣстныя условія, а именно слабый уклонъ и небольшая скорость теченія, сдѣлали возможнымъ довольно удачное приспособленіе оросительнаго канала для судоходства.

Въ очеркѣ Sir A. Cotton о нѣкоторыхъ каналахъ Godavery признается, что 1 миля въ часъ, или 1,47 фута въ сек., есть наибольшая скорость теченія, которая можетъ быть допущена въ судоходныхъ каналахъ. Если эту скорость принять за основаніе для расчета канала Sutlej (см. табл. VI на стр. 27), то стоимость земляныхъ работъ и постройка плотинъ должна быть почти удвоена. Вѣроятно, дешевле и удобнѣе устраивать отдѣльный каналъ для судоходства рядомъ съ каналомъ для орошенія, причемъ послѣдній будетъ служить, какъ питательный каналъ. Послѣднія свѣдѣнія по вопросу о судоходныхъ каналахъ вполнѣ подтверждаютъ это мнѣніе: въ отчетѣ Департамента Орошенія въ Пенджабѣ, въ Индіи, за 1889—90 годъ, прямо утверждается относительно канала Sutlej или Sirhind, что расходы на приспособленіе его для судоходства никогда не окупились бы. Это совершенно правильно.

§ 48. Изслѣдованія.

Общій характеръ изслѣдованій, необходимыхъ для составленія проекта оросительнаго канала, тотъ же, что и при изслѣдованіяхъ для линіи желѣзной дороги. Мы упомянемъ здѣсь только небольшія отличія, которыя надо имѣть въ виду.

Уровень пола водопріемнаго шлюза канала принимается за нуль продольной нивелировки, а наружная поверхность стѣны этого шлюза за начало продольныхъ измѣреній по оси канала. То же самое можно принимать и для второстепенныхъ каналовъ. Точность нивелировки составляетъ первое достоинство изслѣдованій, и нельзя не посовѣтовать нивелировать дважды, однимъ и тѣмъ же инструментомъ, причемъ вторичная нивелировка должна идти въ противоположномъ направленіи.

Для каналовъ съ расходомъ болѣе 1000 куб. ф. въ сек. разница въ нѣсколько дюймовъ на милю въ нивелировкѣ можетъ значительно измѣнить предполагаемую скорость теченія. Кромѣ того, весьма полезно получить нѣсколько постоянныхъ отмѣтокъ, или реперовъ, по берегамъ канала, которыя особенно необходимы около каждой насыпи или глубокой выемки, а также при пересѣченіи рѣкъ, каналовъ, мостовъ и другихъ сооруженій по линіи канала.

Крутыхъ кривыхъ должно избѣгать, если только возможно. Въ Индіи, на равнинахъ, кривыя имѣютъ радіусъ отъ 5-ти до 15 тысячъ футовъ. Въ новомъ каналѣ Изабеллы II, въ Испаніи, съ расходомъ только 89 куб. ф. въ сек., наименьшій радіусъ кривизны принятъ въ 328 футовъ, а наибольшій въ 492 фута.

Необходимо снять поперечныя профили всѣхъ водяныхъ потоковъ, пересѣкающихъ линію канала, и на нихъ показать горизонтъ воды во время наблюденій, а также обыкновенный и наивысшій уровни воды. При пересѣченіи съ мостами надо отмѣтить отверстіе ихъ и горизонтъ ихъ настилки, а ровно и уровень нижней части ихъ конструкціи.

Слѣдуетъ замѣтить качество грунта и собрать свѣдѣнія, подвержена ли мѣстность наводненіямъ, а также — нѣтъ ли земель по линіи канала, содержащихъ минеральныя соли.

Въ Индіи, въ равнинныхъ мѣстностяхъ, первоначальныя изысканія для линіи главнаго канала производятся слѣдующимъ образомъ. Снимаются поперечныя профили мѣстности перпендикулярно къ предполагаемому водораздѣлу. Для общаго начертанія главныхъ каналовъ между двумя большими рѣками, снятыя поперечныя профили не должны отстоять другъ отъ друга болѣе чѣмъ на десять англійскихъ миль; для подробнаго проектированія и для боковыхъ вѣтвей промежутки между поперечными профилями не должны пре-

восходить пяти миль или еще меньше, насколько возможно. Окончности поперечныхъ профилей соединяются продольной нивелировкой, чтобы провѣрить точность работы. Вся сдѣланная нивелировка наносится на планъ въ крупномъ масштабѣ, и на этомъ планѣ вычерчивается приблизительная линія канала, а также общее расположеніе боковыхъ вѣтвей и линій естественнаго стока воды, или тальвеговъ. Чѣмъ болѣе приближается линія канала къ водораздѣлу, тѣмъ лучше, потому что тѣмъ меньше мѣшаетъ каналъ естественному стоку воды съ мѣстности. Когда опредѣлены линіи главныхъ каналовъ и его вѣтвей, то слѣдуетъ намѣтить второстепенные оросительные каналы. Очевидно, что наиболѣе благопріятныя условія орошенія будутъ въ томъ случаѣ, когда линія канала проходитъ на всемъ протяженіи по водораздѣлу.

На чертежѣ 141, взятомъ изъ статьи инженера H. M. Wilson'a, можно видѣть наиболѣе совершенное расположеніе главнаго канала и оросительныхъ вѣтвей. *) Въ этомъ расположеніи и каналъ, и оросительныя вѣтви идутъ по водораздѣлу, но, къ сожалѣнію, это можетъ быть достигнуто только въ рѣдкихъ случаяхъ.

Послѣ вышеуказанныхъ предварительныхъ изысканій слѣдуетъ приступить къ частнымъ, весьма точнымъ, изслѣдованіямъ всей поверхности мѣстности, которую предполагается оросить. Опредѣляются всѣ частные водораздѣлы, ихъ длина и относительное положеніе; всѣ рѣки, ручьи, дороги — простыя и желѣзныя — капалы, и проч., а также мѣста всѣхъ впадинъ, болотистыхъ мѣстъ и, вообще, всѣ особенности характера мѣстности. По каждому водораздѣлу проектируется отдѣльный каналъ, а по обѣимъ его сторонамъ обозначаются водоотводные каналы, которые показываютъ предѣлъ орошаемой земли, какъ это ясно видно на чертежѣ 141 **).

На чертежѣ 142 показано неудовлетворительное расположеніе оросительныхъ канавъ и предполагаемое исправленіе. Сравнивая чертежи 141 и 142, можно ясно видѣть въ чемъ дѣло: на первомъ каналы проложены всюду по водораздѣлу, тогда какъ на второмъ

*) Irrigation in India in Transactions of the American Society of Civil Engineers. Vol. XXIII.

**) Professional Papers on Indian Engineering. Vol. IV. First Series. Captain W. Jeffreys, R. E.

они слишкомъ отходятъ отъ линіи водораздѣла, вслѣдствіе чего большіе участки земли остаются безъ орошенія.

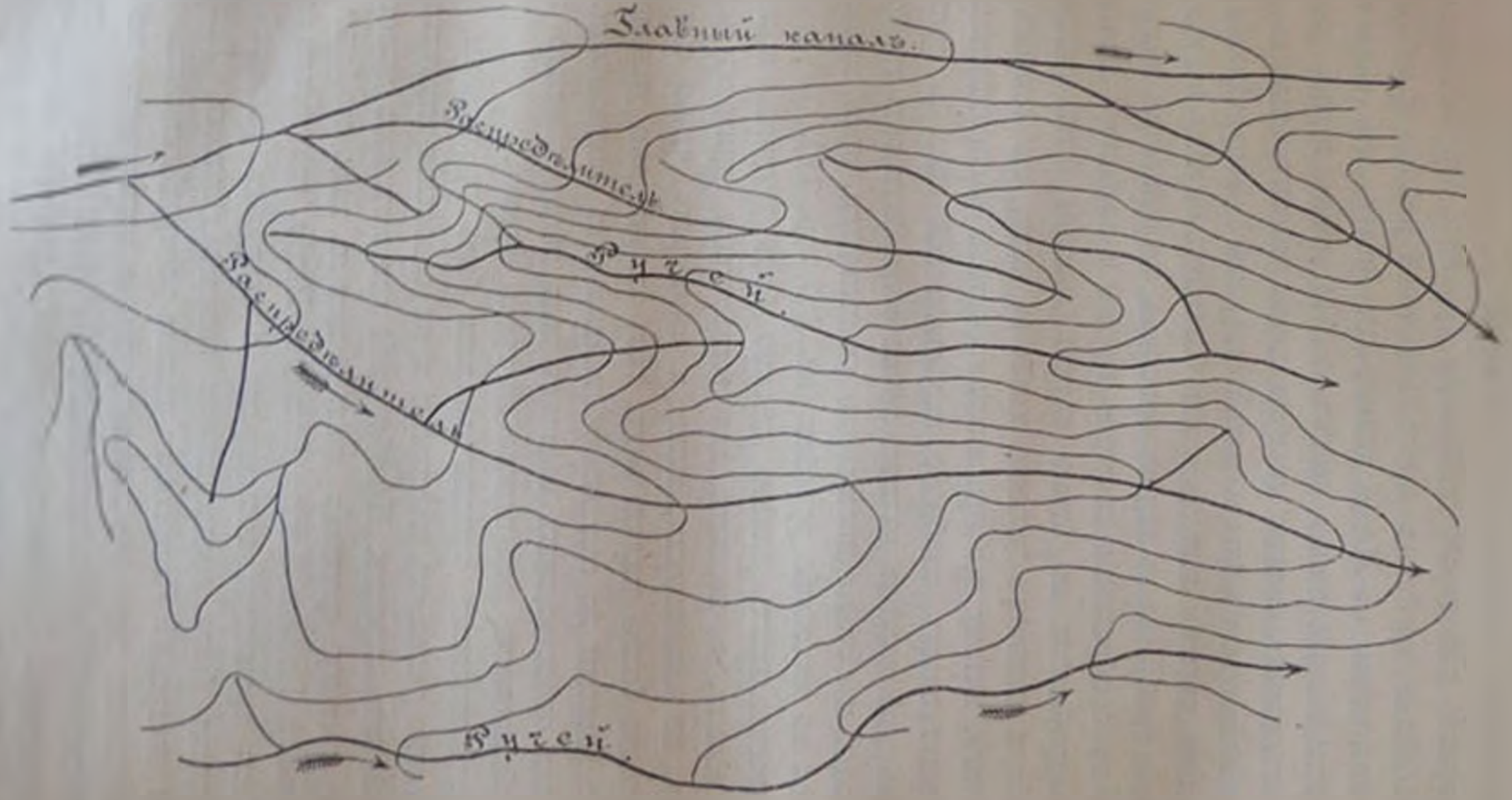
Въ Америкѣ нѣкоторые инженеры думаютъ, что вышеупомянутыя изслѣдованія требуютъ много излишней работы и много времени: но инженеры въ Индіи знаютъ по опыту, что недостатокъ точныхъ изслѣдованій имѣлъ своимъ послѣдствіемъ дурное расположеніе оросительныхъ канавъ на протяженіи многихъ тысячъ миль.

Для наиболѣе правильнаго и соотвѣтствующаго распредѣленія воды, малыя канавы должны выходить изъ большихъ въ тѣхъ мѣстахъ, гдѣ это наиболѣе требуется въ видахъ орошенія: но при этомъ надо также принимать въ соображеніе качество грунта и характеръ почвы.

Всѣ подробности въ этомъ случаѣ должны быть приняты въ соображеніе, и инженеръ долженъ имѣть въ виду, что вопросъ этотъ очень важный, потому что правильная система распредѣлительныхъ канавъ представляетъ наиболѣе экономическій способъ орошенія. Размѣры каждой канавы должны точно соотвѣтствовать требуемому расходу воды, и сѣченіе постепенно уменьшаться, пока канавы не превратятся въ маленькіе ручейки (см. § 7 стр. 16).

Дно оросительныхъ канавъ должно быть устроено выше дна главнаго канала, во-первыхъ, для того, чтобы горизонтъ воды въ нихъ былъ, по возможности, выше, а во-вторыхъ, чтобы они получали возможно болѣе чистую воду, чѣмъ значительно уменьшаются ежегодные расходы по содержанію каналовъ въ исправности. Превышеніе дна оросительныхъ каналовъ надъ днемъ главнаго канала бываетъ обыкновенно отъ одного до трехъ футовъ.

Распредѣлительные каналы должны быть пролагаемы вполнѣ соотвѣтственно условіямъ мѣстности и на основаніи тщательно произведенной нивеллировки. Несоблюденіе этого правила можетъ сдѣлать всю систему орошенія мало полезною, какъ это было, напр., при постройкѣ Eastern Jumna Canal, въ Индіи, гдѣ только главный каналъ былъ проложенъ инженерами, а постройка распредѣлительныхъ каналовъ была предоставлена землевладѣльцамъ. Вслѣдствіе этого при постройкѣ Гангесскаго канала распредѣлительные каналы были построены тоже правительственными инженерами, но проведеніе частныхъ оросительныхъ канавъ все-таки было предоставлено землевладѣльцамъ. Наконецъ, на каналѣ Agra вся система орошенія была исполнена инженерами.



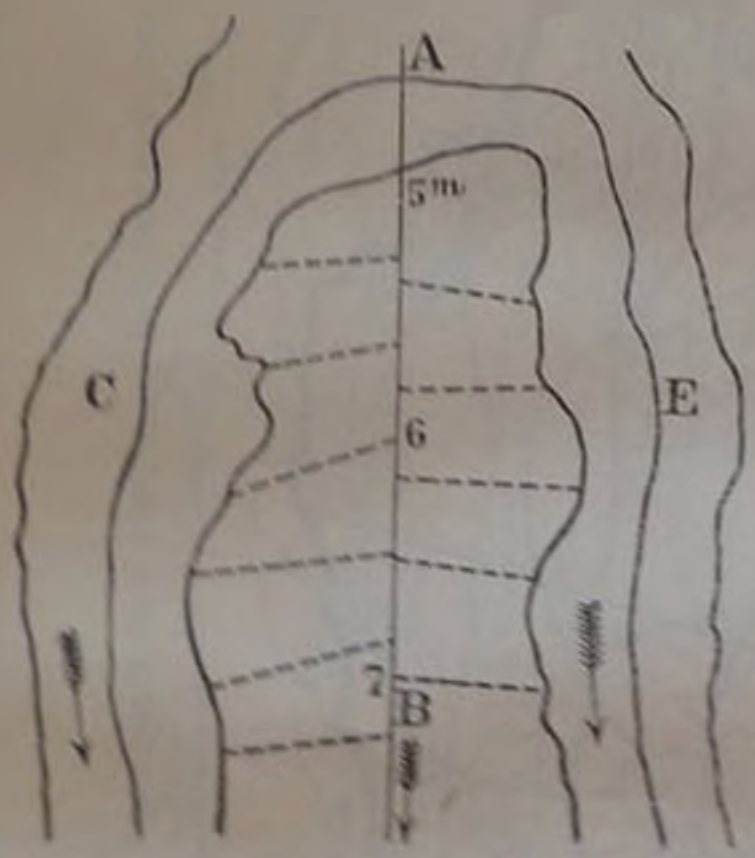
Черт. 111. — План оросительной сѣти.



Черт. 142. — Планъ расположенія каналовъ распредѣлителей.

Инженеръ Forrest [7]), завѣдывавшій въ теченіи шести лѣтъ однимъ изъ отдѣленій Ганесскаго канала, разсказываетъ слѣдующее.

«Его участокъ начинался около конца главнаго канала: притокъ воды не былъ великъ, но требованіе на воду было огромное, и недостатокъ воды чувствовался повсюду. Землевладѣльцы провели свои распредѣлительные каналы очень неудовлетворительно, такъ что вода, прежде чѣмъ достигнуть орошаемой земли, проходила черезъ безплодныя земли на протяженіи до $1^1/_2$ верстъ, какъ это видно на чертежѣ 113, гдѣ AB обозначаетъ главный распредѣлительный каналъ, а пунктиромъ показаны каналы, проходящіе черезъ безплодныя земли.



Черт. 113. — Планъ съ указаніемъ расположенія каналовъ распредѣлителей.

Потеря воды была очень велика, тѣмъ болѣе, что банкеты каналовъ были сдѣланы плохо, изъ слабаго водопроницаемаго грунта. Вода ихъ часто прорывала и наводняла окружающую мѣстность, пропадая безполезно. Всѣ эти недостатки были устранены проведеніемъ двухъ боковыхъ каналовъ AC и AE, прямо по орошаемымъ землямъ, гдѣ грунтъ давалъ возможность устроить прочные банкеты. Въ газетныхъ Форреста были [illegible] канал[illegible], а другой 75 верстъ, въ особыхъ же условіяхъ, и съ [illegible] можно не только провести эти распредѣлительные каналы, но и перерѣзать всю сѣть оросительныхъ каналовъ, сообразно [illegible] послѣдователямъ, причемъ были точно опредѣлены какъ продольный уклонъ каждой канавы, такъ и [illegible]. Земледѣльцы [illegible] не понимали, для чего прилагается столько труда для небольшихъ оросительныхъ каналовъ, но результаты такого [illegible]

---

7) [illegible] Inst. C. E. Transactions of the Institution of Civil Engineers, Vol. LXXIII.

наго отношенія къ дѣлу были поразительны, и участокъ Форреста сдѣлался однимъ изъ наиболѣе доходныхъ относительно платы за воду; нѣкоторыя изъ канавъ могли орошать 400 акровъ кубическимъ футомъ воды въ секунду.

Такимъ образомъ, первое условіе хорошаго орошенія состоитъ въ правильномъ расположеніи распредѣлительныхъ каналовъ: второе условіе—правильное распредѣленіе воды для орошенія: вода должна быть распредѣляема по полямъ на основаніи тщательно выработанной системы кругооборота орошенія. Выгоднѣе давать сразу возможно большій объемъ воды въ то время, когда въ ней есть необходимость. Хорошей системой оборота воды можно предупредить потерю воды, потому что она не употребляется на орошеніе почвы, и этимъ временемъ пользуются для пропуска воды въ самыя отдаленныя точки. Этой же системой предупреждается чрезмѣрное насыщеніе почвы водою, для чего пропускаютъ воду по канавамъ только тогда, когда въ ней чувствуется надобность, и только на строго необходимое время. Въ нѣкоторыхъ Гангесскихъ каналахъ вода пропускается только одинъ день въ теченіи двухъ недѣль. При большомъ количествѣ воды сразу уменьшается ея потеря отъ просачиванія воды въ грунтъ, а удачной системой кругооборота можно пользоваться полнымъ суточнымъ притокомъ воды въ каналѣ, разбирая воду днемъ на поля у верхней части канала и спуская ее дальше тотчасъ, какъ прекращается въ ней надобность.

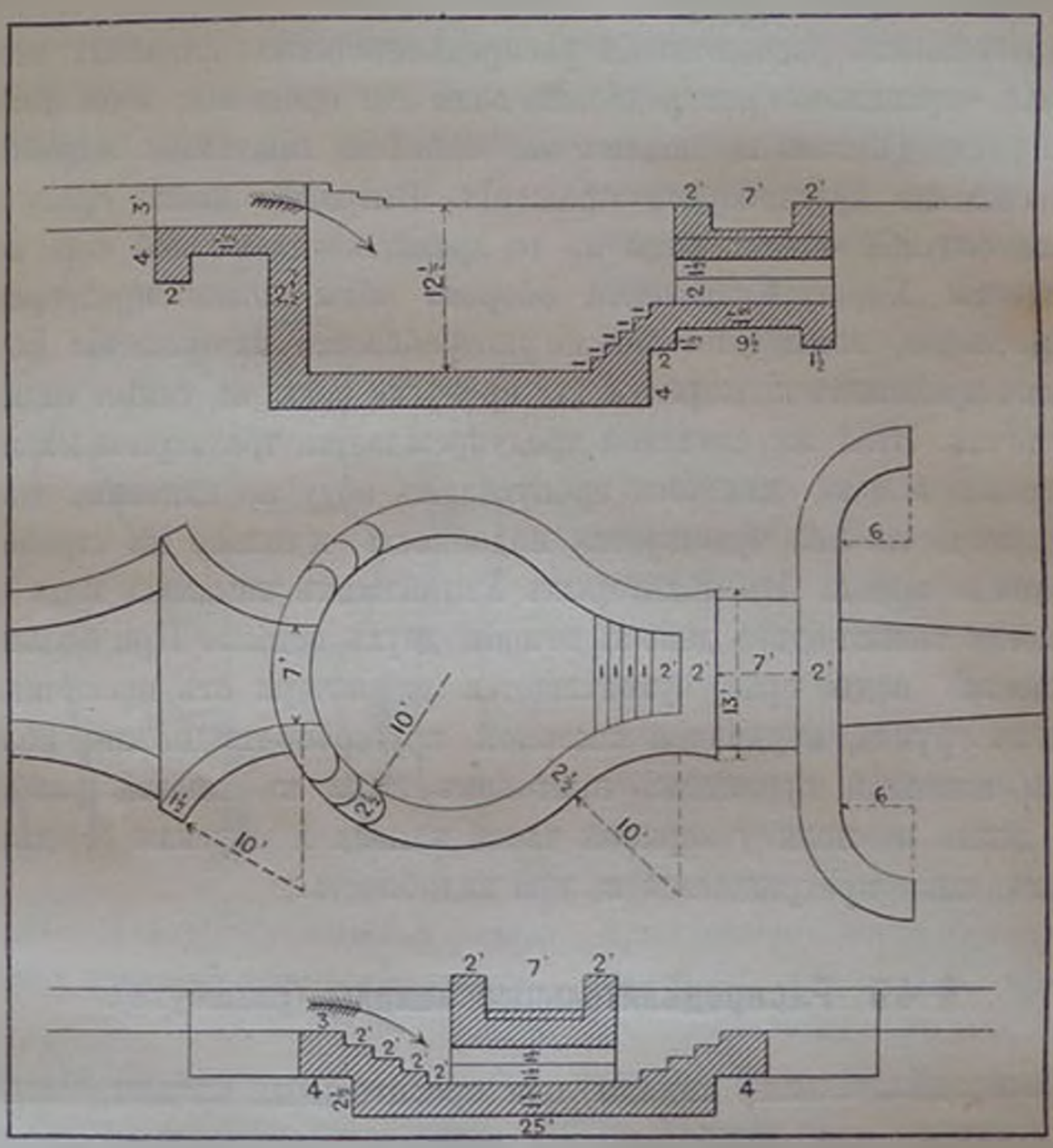
§ 49. Распредѣлительные каналы (раджбуха).

Распредѣлительные каналы, или оросительныя канавы, называемыя канавами, или раджбухами, получаютъ воду изъ главнаго канала и устраиваются совершенно такъ же, только въ меньшемъ масштабѣ.

Чертежи 144 и 145 показываютъ планъ и продольное сѣченіе вертикальнаго перепада на распредѣлительномъ каналѣ съ небольшимъ акведукомъ, пересѣкающимъ его конецъ. Черт. 146 представляетъ сѣченіе сифона при пересѣченіи одного распредѣлительнаго канала съ другимъ.

Хотя, какъ выше было сказано, распредѣлительные каналы должны быть устроены такъ же тщательно, какъ и главный каналъ, но это правило весьма рѣдко соблюдалось въ Америкѣ.

Въ Индіи, на старыхъ каналахъ, орошеніе производилось непосредственно изъ главнаго канала, для чего въ его банкетахъ продѣлывались отверстія или закладывались трубы; при этомъ около трубъ образовывалась, обыкновенно, течь, что вело за собою про-



Черт. 144, 145 и 146. — Детали каналовъ-распредѣлителей.

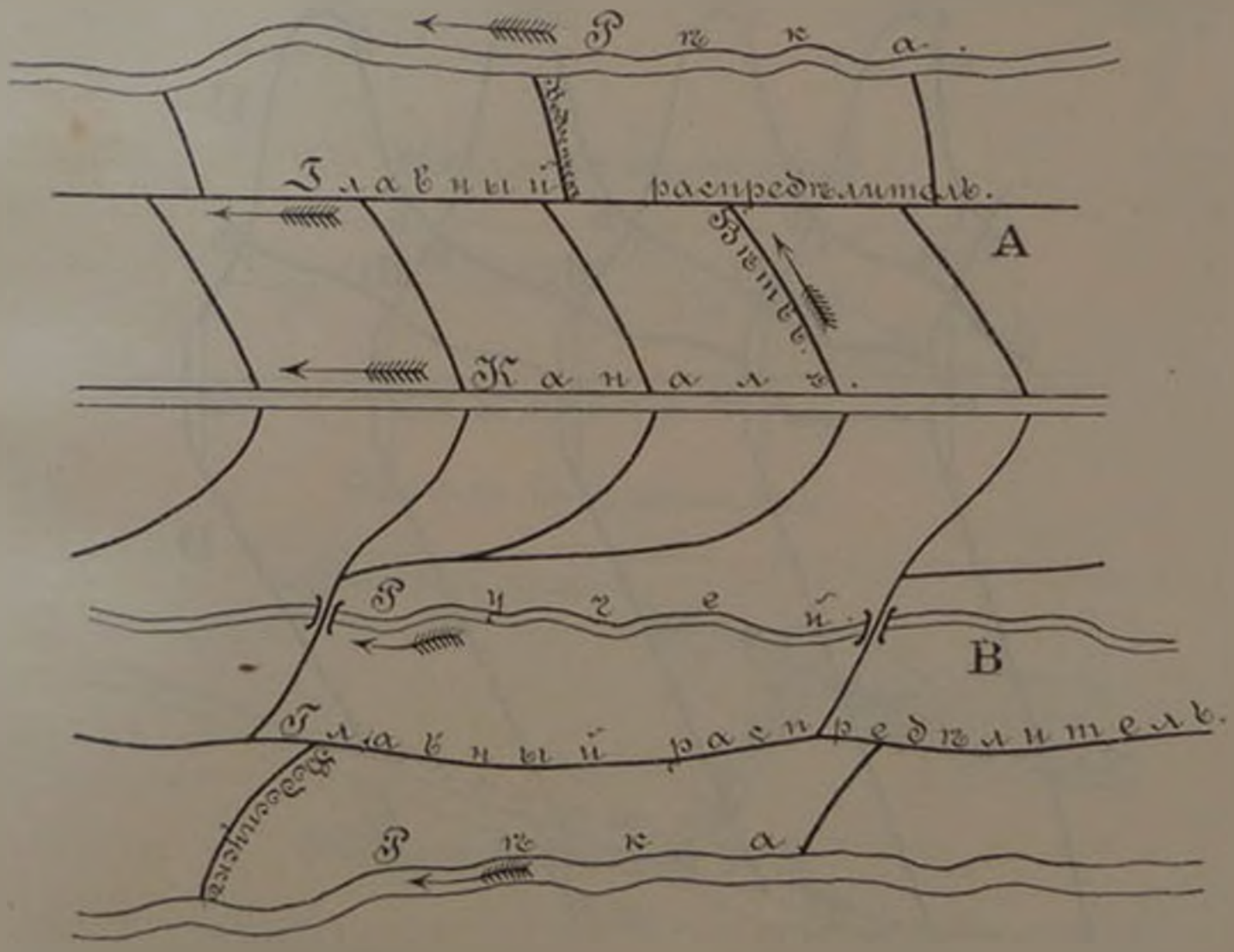
рывы береговъ. Потеря воды была настолько велика, что въ настоящее время трубы и канавы для непосредственнаго орошенія земли начинаются отъ боковыхъ каналовъ, но отнюдь не отъ главнаго канала.

На чертежѣ 147 показана мѣстная система расположенія распредѣлительныхъ каналовъ въ сѣверной Индіи *). Въ этой системѣ,

*) Sone Canal Project by Col C. H. Dickens.

какъ замѣтилъ Sir Proby Cautley, величайшій знатокъ орошенія,— главный каналъ представляетъ какъ бы питающій резервуаръ городского водопровода, распредѣлительные каналы соотвѣтствуютъ магистраямъ водопроводныхъ трубъ, а оросительныя канавы—домовымъ трубамъ: послѣднія, впрочемъ, не показаны на чертежѣ.

Общее расположеніе сѣти каналовъ по обѣимъ сторонамъ главнаго канала — *A* и *B* — употребляется въ томъ случаѣ, если мѣст-



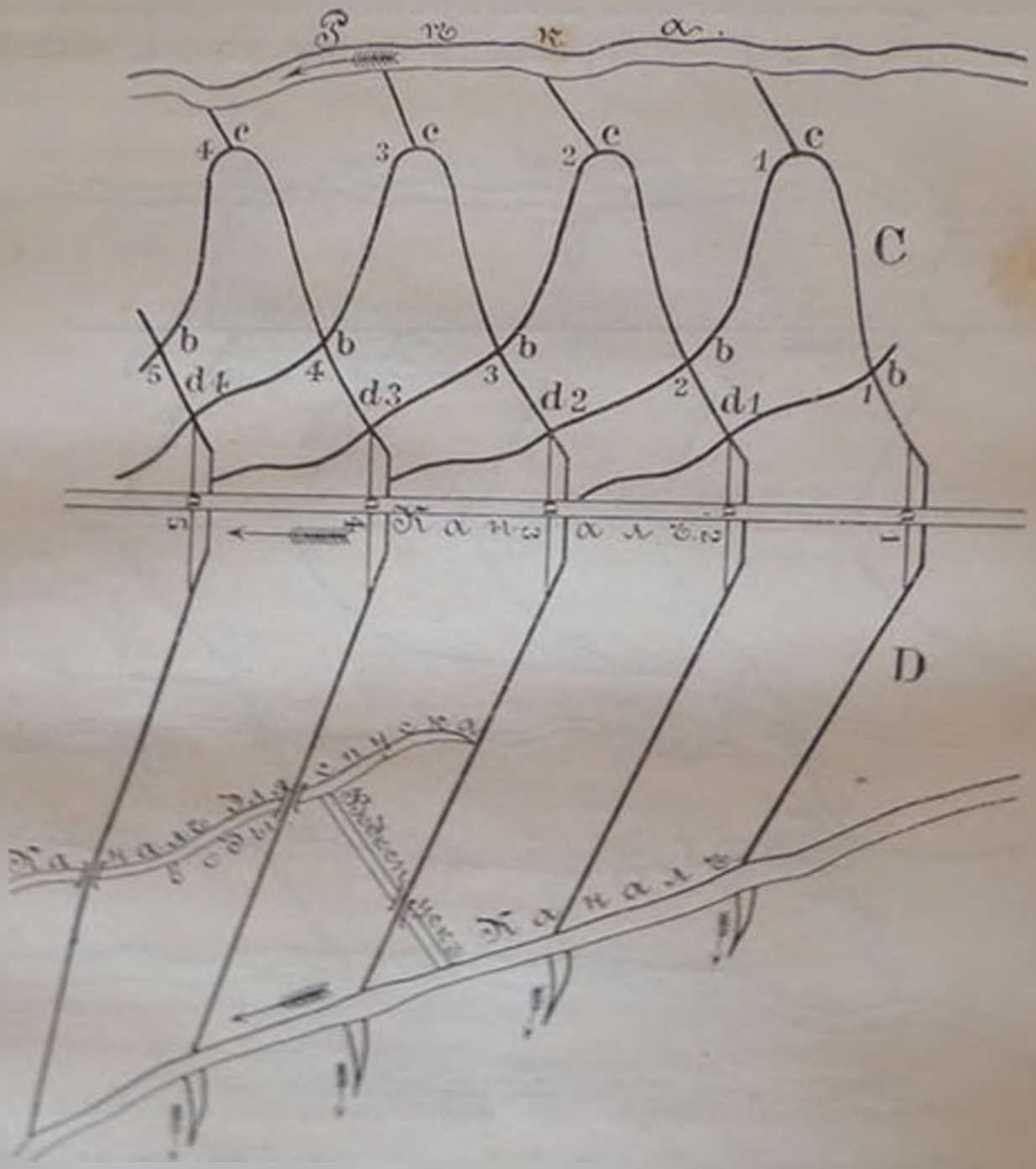
Черт. 117. — Планъ распредѣлительной системы.

ность имѣетъ настолько слабый уклонъ, что вода изъ распредѣлительныхъ канавъ не можетъ возвратиться въ главный каналъ. Чтобы получить такую же скорость теченія въ распредѣлительныхъ каналахъ, какъ въ главномъ каналѣ, первые должны имѣть большее паденіе, и потому, если они идутъ параллельно главному каналу, то вода изъ нихъ уже не можетъ быть возвращена въ главный каналъ *).

*) Для достиженія одной и той же скорости уклоны каналовъ должны быть обратно пропорціональны ихъ средней гидравлической глубинѣ.

Если уклонъ мѣстности больше, чѣмъ паденіе распредѣлительныхъ каналовъ, то вода можетъ быть возвращена въ главный каналъ, какъ видно на черт. 148.

На сторонѣ C главнаго канала показанъ примѣръ расположенія распредѣлительныхъ каналовъ въ томъ случаѣ, когда главный каналъ



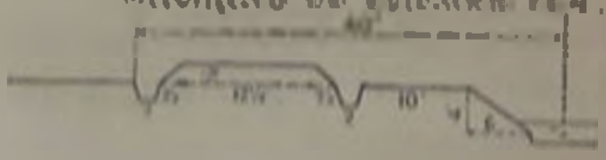
Черт. 148. — План распредѣлительной системы.

постепенно углубляется въ грунтъ, что непосредственное орошеніе около его береговъ невозможно. Распредѣлительные каналы, отдѣляющіеся отъ него въ a^1, a^2, a^3 и т. д. достигаютъ поверхности земли въ b^1, b^2, b^3 и т. д., пересѣкая въ этомъ мѣстѣ, посредствомъ перепада или сифона, возвратные каналы лежащіе выше распредѣлителей, которые, вслѣдствіе потери напора при пересѣченіи, не могутъ слу-

жить для орошенія, пока не добудутъ до точекъ d^1, d^1, d^1 и т. д., и затѣмъ входятъ обратно въ главный каналъ около выхода слѣдующаго распредѣлительнаго канала.

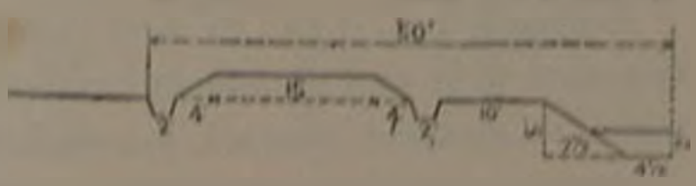
На другой сторонѣ D главнаго канала показано расположеніе,

Каналъ въ выемкѣ № 4.



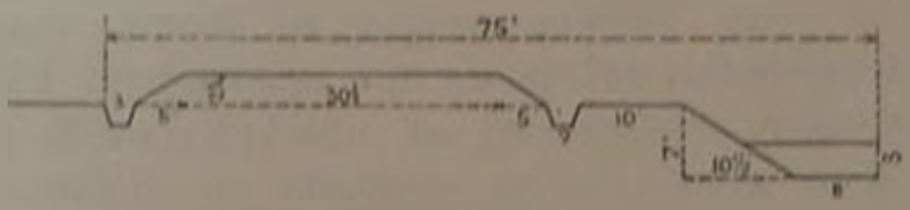
Черт. 149.

Каналъ въ выемкѣ № 5.



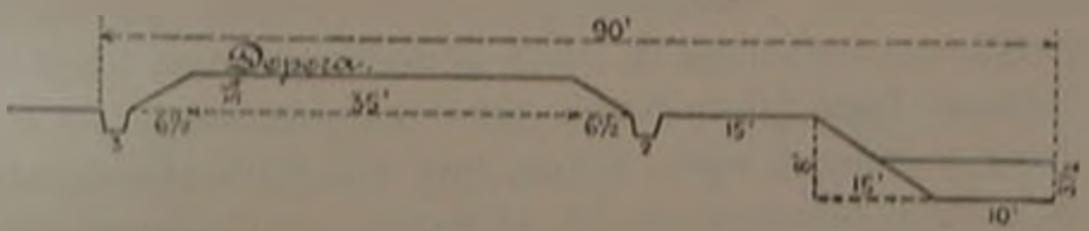
Черт. 150.

Каналъ въ выемкѣ № 7.



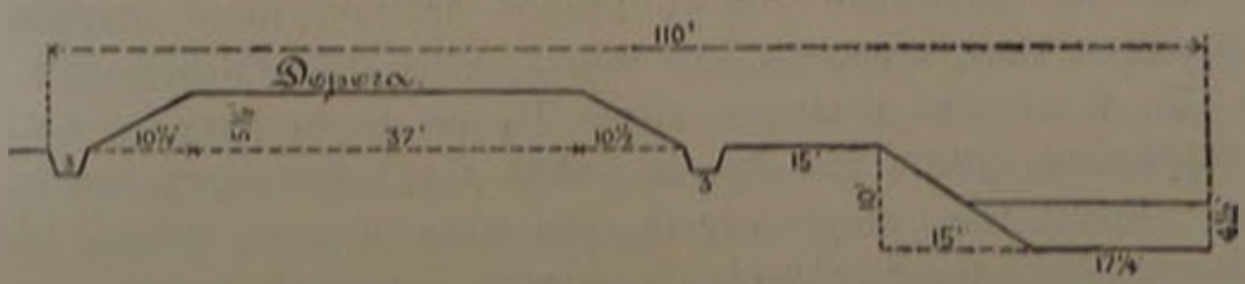
Черт. 151.

Каналъ въ выемкѣ № 8.



Черт. 152.

Каналъ въ выемкѣ № 10.



Черт. 153.

гдѣ оконечности распредѣлительныхъ каналовъ употреблены для питанія канала, расположеннаго на низкомъ уровнѣ. Приведенные примѣры показываютъ, что было сдѣлано въ Сѣверной Индіи, гдѣ ирригація существуетъ съ незапамятныхъ временъ и гдѣ она развита англійскимъ правительствомъ до необыкновенныхъ размѣровъ.

При проектированіи сѣти боковыхъ каналовъ, инженеръ не долженъ придерживаться какой-нибудь одной системы, но долженъ сообразоваться съ мѣстными условіями и съ характеромъ почвы. На американскихъ равнинахъ распредѣлительные каналы весьма часто представляютъ границы между отдѣльными прямоугольными участками земель.

Чертежи отъ 149 до 153 показываютъ половины профилей каналовъ Sone при различной глубинѣ выемки. Изъ нихъ видно, до какихъ мелочныхъ деталей выработаны эти профили.

Очистка распредѣлительныхъ каналовъ дѣлается въ то время, когда въ водѣ встрѣчается наименьшая потребность. При хорошо расположенной сѣти орошенія, каналы требуютъ очистки не болѣе двухъ разъ въ годъ, причемъ отмѣтки на мостахъ и другихъ постоянныхъ постройкахъ, сдѣланныя при производствѣ изслѣдованій, даютъ возможность возстановить въ точности уровень дна; кромѣ того, для той же цѣли слѣдуетъ установить около канала деревянные или каменные реперы на разстояніи другъ отъ друга не болѣе 100 саженъ.

Маіоръ Brownlow утверждаетъ, что тѣмъ больше расходъ воды въ распредѣлительномъ каналѣ, тѣмъ меньшій процентъ получаемаго дохода долженъ быть употребленъ для поддержки канала въ исправности. Это совершенно ясно, потому что, при прочихъ одинаковыхъ условіяхъ, каналъ, шириною по дну 12 футовъ, съ боковыми откосами 1 : 1, дастъ почти вдвое больше воды, чѣмъ два канала, шириною по дну 6 футовъ; между тѣмъ расходы на его содержаніе почти равны расходамъ на содержаніе одного канала шести-футовой ширины. Когда откосы канала принимаютъ форму, показанную на чертежѣ 7 (стр. 17), и откосы дѣлаются круче $^1/_2$ на 1, то расходъ воды 12-ти-футоваго канала уже больше, чѣмъ двухъ 6-ти-футовыхъ каналовъ. Кромѣ того, переносящая сила воды бываетъ больше при большомъ поперечномъ сѣченіи, и потому отложеніе наносовъ въ широкихъ каналахъ меньше, чѣмъ въ узкихъ.

Нижеслѣдующая таблица, составленная по формулѣ Базена (см. *Движеніе Воды*) для каналовъ съ земляными откосами, показываетъ справедливость вышесказаннаго.

Распредѣлительные каналы въ Сѣверной Индіи имѣютъ различные размѣры, съ расходомъ воды отъ 1 до 200 куб. ф. въ секунду:

ТАБЛИЦА XVII.

Скорость въ футахъ и расходъ въ кубическихъ футахъ въ секунду для каналовъ различной ширины при одинаковыхъ прочихъ условіяхъ.

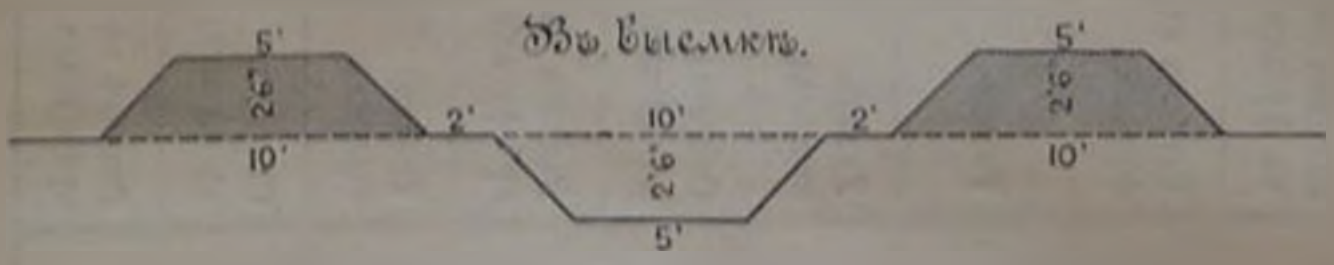
Ширина дна въ футахъ.	Глубина въ футахъ.	Уклонъ.	Уклонъ откосовъ.	Скорость въ футахъ.	Расходъ въ куб. футахъ	Уклонъ откосовъ	Скорость въ футахъ.	Расходъ въ куб. футахъ
3	3	1:2500	1:1	1,43	25,65	½:1	1,39	17,24
6	3	1:2500	1:1	1,65	44,60	½:1	1,55	36,58
9	3	1:2500	1:1	1,80	64,66	½:1	1,76	56,34
12	3	1:2500	1:1	1,90	85,28	½:1	1,85	75,83
15	3	1:2500	1:1	1,97	106,36	½:1	1,96	96,74
18	3	1:2500	1:1	2,02	127,46	½:1	2,02	117,90

показываетъ, что каналы въ 18 футовъ шириной по дну могутъ быть съ полнымъ успѣхомъ и наиболѣе выгодно употреблены для орошенія, съ тѣмъ только условіемъ, чтобы дно ихъ было на 2 фута ниже поверхности почвы на протяженіи первыхъ 15 верстъ, предполагая насыпные банкеты, и чтобы не было выпускныхъ отверстій въ тѣхъ мѣстахъ, гдѣ каналъ ограниченъ банкетами: глубина канала должна быть отъ 3½ до 4 футовъ, и уклонъ откосовъ 1:1.

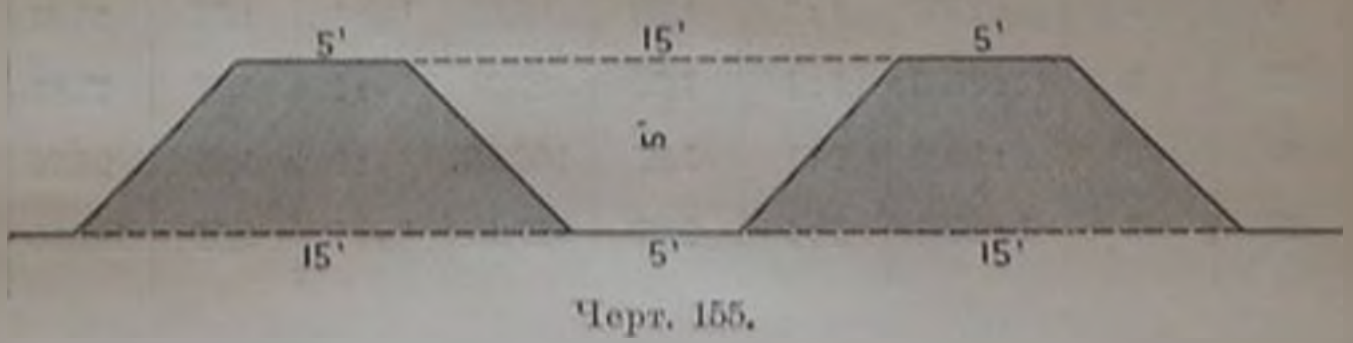
На Eastern Jumna Canal въ періоды 1858—59 и 1859—60 годовъ, доходъ со всѣхъ распредѣлительныхъ каналовъ, съ отверстіемъ въ водопріемномъ шлюзѣ 12 футовъ ширины и больше, былъ 64.509 долларовъ, а расходы содержанія 8.019 долларовъ, или 12.3% дохода. Доходъ съ распредѣлительныхъ каналовъ меньшей ширины былъ 133.524 доллара, а расходы содержанія 28.269 долларовъ, или 22.3%, дохода, т. е. сравнительно почти вдвое противъ перваго случая. Экономія воды въ большихъ каналахъ еще лучше видна изъ слѣдующихъ данныхъ.

Средній доходъ съ канала 12-футовой ширины, съ расходомъ 90 куб. ф. въ секунду, былъ 4.629 долларовъ: для 6-футоваго ка-

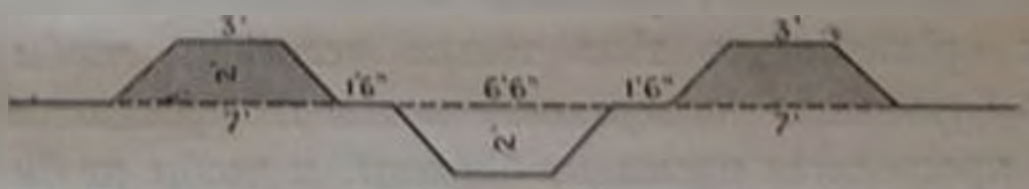
ный, съ расходомъ 32 куб. ф. въ сек. — 1.101 доллара, а для 3-футоваго канала, съ расходомъ 22 куб. ф. въ сек. — 136 долларовъ. Изъ этихъ данныхъ можно вычислить доходъ съ кубическаго фута воды въ годъ: 51 долларъ для 12-футоваго канала, 35 долларовъ для 6-футоваго и 20 долларовъ для 3-футоваго канала. Отсюда видно, какъ много воды пропадаетъ вследствіе просачиванія и испаренія въ маленькихъ каналахъ.



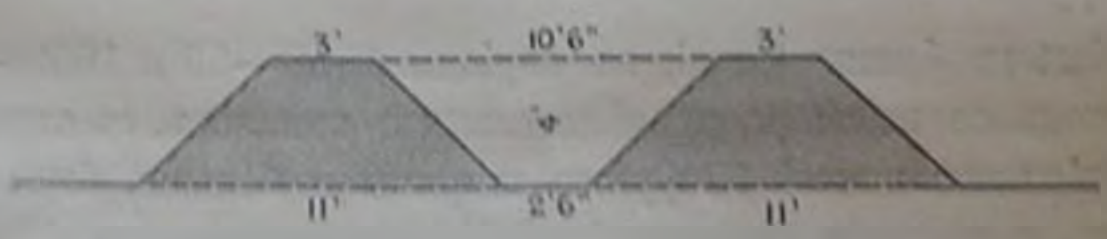
Черт. 154.



Черт. 155.



Черт. 156.



Черт. 157.

Поперечныя сѣченія каналовъ распредѣлителей.

Глубина воды въ распредѣлительныхъ каналахъ рѣдко происходитъ 4 фута. Но при постройкѣ новой линіи нужно стремиться къ

тому, чтобы поверхность воды въ каналѣ была отъ 1 до $1^1/_3$ фута выше поверхности земли, чтобы орошеніе могло производиться прямымъ теченіемъ воды: при такомъ условіи нечего бояться прорыва банкетовъ канала, если они сдѣланы тщательно и содержатся въ исправности. Впрочемъ, это правило должно быть подчинено главной цѣли, а именно, чтобы каналъ имѣлъ надлежащій продольный уклонъ и очертаніе, близко подходящее къ водораздѣлу мѣстности.

Когда существующій расходъ воды въ распредѣлительномъ каналѣ окажется недостаточнымъ, то болѣе выгодно увеличить его уширеніемъ канала на необходимомъ протяженіи, чѣмъ проводить вѣтвь съ другимъ водопріемникомъ, какъ это часто дѣлается.

Въ Roorkee Treatise on Civil Engineering указывается на то, что способъ возвышенія воды въ каналѣ до поверхности земли, въ томъ случаѣ, когда нормальный уровень находится ниже поверхности, посредствомъ временныхъ плотинъ или дощатыхъ заграждений, долженъ быть безусловно отвергаемъ. Этотъ способъ, раздѣляя каналъ на участки стоячей воды, способствуетъ отложенію ила и росту тростника и водяныхъ растеній. Поэтому его слѣдуетъ избѣгать, тѣмъ болѣе, что, при надлежащемъ уклонѣ поверхности земли, гораздо большее пространство можетъ быть орошаемо естественнымъ теченіемъ воды. Во всякомъ случаѣ, надо стараться достигнуть подпятія воды какимъ-либо другимъ способомъ, такъ какъ вышеупомянутый влечетъ за собою большую потерю воды и дѣлаетъ мѣстность нездоровою.

Впрочемъ, авторъ видѣлъ въ Калифорніи *) земли, орошаемыя подобнымъ образомъ, потому что, иначе нельзя было этого исполнить и безъ особеннаго вреда: не надо только держать заграждепія болѣе 12 часовъ сряду. Вопросъ только въ томъ, можетъ ли быть орошаемо достаточное количество земли періодическимъ подпятіемъ воды на 12 часовъ времени.

Чертежи отъ 154 до 157 показываютъ поперечныя сѣченія распредѣлительныхъ каналовъ въ выемкѣ и въ насыпи *).

§ 50. Донныя плотины.

Донныя плотины, называемыя также подземными запрудами, устраиваются поперекъ рѣчного ложа, съ цѣлью перехватить под-

*) Irrigation by Rajbuhas (Distributaries) by Lieutenant W. S. Morton.

земную воду тѣхъ потоковъ, которые въ сухое время года, по прекращеніи дождей, совершенно изсякаютъ на поверхности земли. Для устройства подземныхъ запрудъ вырываютъ поперекъ русла траншею черезъ верхній наносный грунтъ до нижняго грунта, болѣе или менѣе непроницаемаго для воды. Затѣмъ траншея забивается глиною, или въ ней выводится стѣна изъ каменной или бетонной кладки. Тогда, если стѣна и нижній грунтъ не пропускаютъ воды, вода поднимается до поверхности ложа и можетъ быть затѣмъ проведена, куда требуется, или открытымъ каналомъ, или трубою. Если нижній грунтъ состоитъ изъ скалы, имѣющей много трещинъ, то вода не можетъ быть задержана. Основаніе подземной запруды должно быть устроено во всѣхъ отношеніяхъ также прочно и водонепроницаемо, какъ основаніе дамбъ, ограждающихъ водохранилища. Въ южной Калифорніи это правило рѣдко соблюдалось, на что указываютъ многочисленныя поврежденія этого рода сооруженій.

Относительно подземныхъ запрудъ полковникъ Richard J. Hinton говоритъ: *)

«Прежде всего надо удостовѣриться въ существованіи подземнаго тока воды посредствомъ линіи шурфовъ или шахтъ поперекъ русла потока. Въ шахтахъ можно замѣтить теченіе воды, наблюдая передвиженіе частицъ грунта или другихъ веществъ, плавающихъ въ водѣ: если вода совершенно чиста, то ее окрашиваютъ какою-либо яркою растворимою краскою и наблюдаютъ время, въ теченіи котораго окрашенная вода замѣнится чистою, притекающею изъ грунта. Подземныя дамбы, конечно, болѣе умѣстны въ долинахъ вблизи верховьевъ потока, гдѣ верхній наносный грунтъ залегаетъ сравнительно неглубоко: далѣе, на равнинахъ, подземныя дамбы могутъ быть устраиваемы съ выгодою только въ исключительныхъ случаяхъ, потому что придется или закладывать ихъ основаніе слишкомъ глубоко, или давать имъ весьма большое протяженіе.

«Посредствомъ подземныхъ дамбъ вода можетъ быть поднята до поверхности земли только въ томъ случаѣ, если верхній наносный грунтъ хорошо пропицаемъ, если же ближе къ поверхности залегаетъ мелкій песокъ, то подъемъ воды задержится, и необходимо устроить ниже песка особые пріемники, изъ которыхъ вода прово-

*) Irrigation in the United States. Senate Report.

дится, куда слѣдуетъ, посредствомъ непроницаемыхъ каналовъ или трубъ.

«При благопріятныхъ мѣстныхъ условіяхъ, перехваченная подземная вода можетъ служить источникомъ орошенія въ теченіи нѣсколькихъ мѣсяцевъ послѣ изсяканія источника на поверхности, такъ какъ большая часть дождевыхъ водъ поглощается грунтомъ и образуетъ подземный токъ воды».

§ 51. Способы постройки каналовъ.

Нижеслѣдующія краткія замѣтки относительно полевыхъ оросительныхъ канавъ предлагаются для инженеровъ, работающихъ *внѣ* предѣловъ Америки и которые никогда не видѣли американскихъ способовъ постройки каналовъ *).

Простѣйшія сооруженія для ирригаціи, полевыя оросительныя канавы, устраиваются обыкновенно самими земледѣльцами. Малыя канавы, нѣсколько дюймовъ глубины, могутъ быть проведены обыкновеннымъ плугомъ; если такую канаву желаютъ сдѣлать пѣсколько шире, то употребляютъ, такъ называемый, канавный плугъ (ditch-plough), который имѣетъ особую лопасть, откидывающую вырѣзанную землю въ одну сторону. Когда такимъ образомъ работа исполнена въ грубомъ видѣ, окончательная отдѣлка канавы производится треугольнымъ скребкомъ, имѣющимъ различное устройство: онъ можетъ состоять или просто изъ деревянной доски, къ которой прибиты гвоздями двѣ старыя желѣзныя лопаты, образующія острый уголъ,—или изъ треугольника большихъ размѣровъ, образованнаго двумя желѣзными полосами, прикрѣпленными къ деревянному брусу; полосы должны образовать острый уголъ; плугъ тянется лошадьми, причемъ работникъ стоитъ на деревянномъ брусѣ. Треугольный плугъ выравниваетъ дно канавы и отбрасываетъ землю по ея сторонамъ. Когда канава имѣетъ болѣе 6 футовъ ширины, тогда употребляется, такъ называемый, «боковой совокъ» (side-wiper), состоящій изъ длиннаго желѣзнаго лезвія, укрѣпленнаго подъ рамой, поставленной на четыре колеса: при движеніи впередъ онъ отгребаетъ вырѣзанную плугомъ землю въ одну сторону.

*) Irrigation in Western America, Egypt and Australia, by Honorable Alfred Deakin, M. P., Victoria.

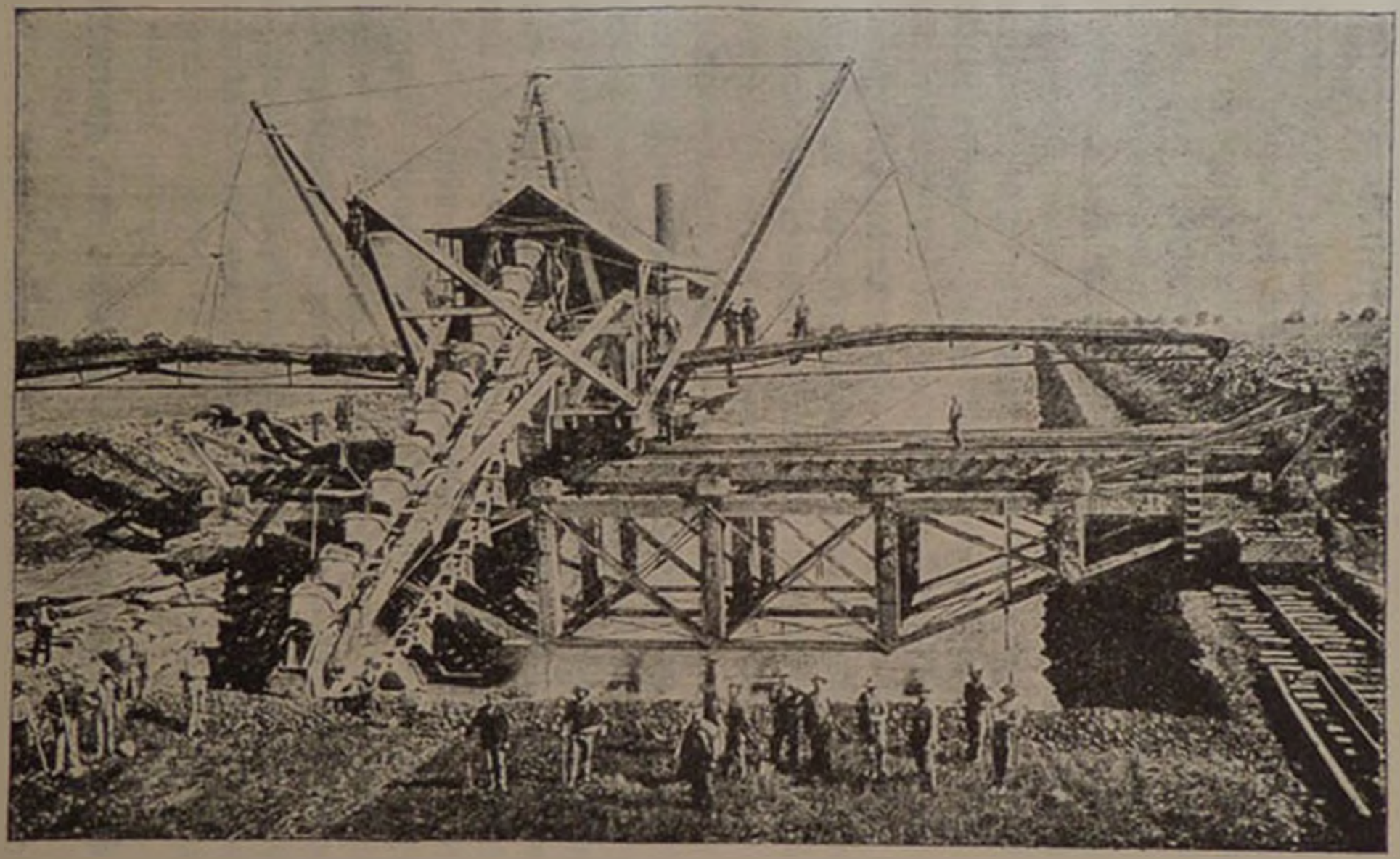
Въ слабыхъ грунтахъ и для широкихъ канавъ употребляютъ довольно сложную машину, которая не только взрываетъ землю, но и отбрасываетъ ее на берега канавы, на разстояніе отъ 10 до 12 футовъ въ каждую сторону въ количествѣ отъ 40 до 70 куб. саженъ въ день. Наиболѣе совершенная машина для этой цѣли, называемая «скребкомъ» (skraper) и хорошо извѣстная въ Викторіи (Австралійская провинція) подъ названіемъ «черпака» (scoop), употребляется иногда, будучи поставлена на колеса, иногда волокомъ и весьма удобна для управленія; машина на колесахъ предпочтительна для длинныхъ канавъ; при крутыхъ боковыхъ откосахъ лучше работаетъ машина на саняхъ. Вообще, выборъ машины зависитъ отъ качества грунта, а также и отъ длины и поперечнаго сѣченія канавы.

Для неглубокихъ канавъ, въ легкихъ грунтахъ, можетъ быть съ большимъ успѣхомъ употребляемъ «поперечный скребокъ» (buck-scraper); онъ состоитъ изъ деревянной доски толщиною въ 2 дюйма, длиною отъ 6 до 9 футовъ и 15 дюймовъ высотой: доска прикрыта снаружи стальною полосой, спущенной на два дюйма отъ нижняго края доски, а сзади нея устроена платформа, на которой стоитъ работникъ. Поперечный скребокъ можетъ быть поставленъ на колеса или тянется волокомъ парою лошадей: онъ не отбрасываетъ земли въ сторону, какъ другія машины, но сгребаетъ ее впередъ и въ опытныхъ рукахъ работаетъ съ большимъ успѣхомъ, конечно, при слабомъ грунтѣ.

Въ Сѣверной Калифорніи для вырытія канала былъ принятъ машинный способъ работы посредствомъ спеціальной землечерпательницы, построенной обществомъ San Francisco Bridge Company. Эта землечерпательница была употреблена для проведенія главнаго канала въ 6 миль длиной, 15 футовъ глубиной и шириной на днѣ 60 футовъ, а по верху 100 футовъ. Заявленная вышеупомянутой компаніей подрядная цѣна была на 30.000 долларовъ ниже всѣхъ другихъ предложеній. Конструкція машины и способъ работы показанъ на чертежѣ 158.

Машина эта была изобрѣтена, спроектирована и построена обществомъ Bridge Company для исполненія взятаго имъ подряда, оказалась прекрасно приспособленною къ работѣ и во всѣхъ отношеніяхъ представляетъ большой шагъ впередъ.

Мѣстныя условія дѣлали невозможнымъ употребленіе обыкно-



Черт. 158. — Землечерпательница Общества Jan-Francisco Bridge Company.

венныхъ способовъ выкапыванія земли вслѣдствіе грунтовой воды стоявшей лѣтомъ на два, а зимой отъ 5 до 7 футовъ выше дна канала. Это же обстоятельство заставляло устроить пути для движенія машины не по дну, а по берегамъ.

Машина состояла изъ трехъ деревянныхъ ширенгельныхъ фермъ, связанныхъ между собою и поставленныхъ концами на трехъ парахъ прочныхъ платформъ, движущихся по обоимъ берегамъ канала по желѣзнымъ дорогамъ, непосредственно за которыми лежатъ кавальеры для отрываемой земли. По верху фермъ двигалась землечерпательница, поставленная на рельсахъ, расположенныхъ поперекъ канала, по которымъ можетъ быть передвигаема землечерпательница. Вся эта платформа со всѣми находящимися на ней устройствами можетъ быть подвигаема по путямъ обоихъ береговъ каждый разъ на восемь или на десять футовъ впередъ посредствомъ проволочныхъ канатовъ, прикрѣпленныхъ къ неподвижнымъ точкамъ, или якорямъ, расположеннымъ на обоихъ берегахъ въ разстояніи отъ 100 до 200 футовъ впереди машины. Землечерпательница можетъ быть передвигаема по поперечному пути, лежащему на платформѣ, также посредствомъ проволочныхъ канатовъ, навиваемыхъ на барабаны при помощи паровой машины. Когда землечерпательница углубила одно мѣсто поперечнаго профиля канала,—ее передвигаютъ дальше, опускаютъ черпаковую раму и углубляютъ слѣдующіе участки канала. Отрываемая земля принимается ящикомъ съ наклоннымъ и подвижнымъ дномъ, съ котораго она падаетъ на конвейеры, складывающіе землю въ кавальеры то на одномъ, то на другомъ берегу, для чего стоитъ только наклонить ящикъ въ другую сторону, на которой находится конвейеръ, относящій землю въ кавальеръ другого берега. Работа землечерпанія, передвиженіе машины и управленіе конвейерами сосредоточено въ одной общей паровой машинѣ, помѣщенной сзади черпаковой рамы на общей платформѣ всего механизма.

§ 52. Вода ирригаціонныхъ каналовъ какъ двигатель.

Во Франціи, Испаніи и Италіи гораздо чаще пользуются водою ирригаціонныхъ каналовъ для производства механической работы, чѣмъ въ Индіи и Америкѣ.

Относительно Италіи можно указать случай употребленія силы воды для орошенія земель, лежащихъ выше канала *).

Три канала: Ротто, съ расходомъ 565 куб. ф. въ сек., Чиліано съ расходомъ 1766 куб. ф. въ сек. и Иврея, съ расходомъ 600 куб. ф. въ сек., проложены одинъ надъ другимъ на крутомъ склонѣ холма. Вода верхняго канала Ивреи—въ порядкѣ, въ которомъ они названы, питаетъ каналъ Чиліано, а вода изъ Чиліано, падая въ Ротто съ высоты въ 21 ф., даетъ силу достаточную для развитія механической работы, передающей воду изъ канала Иврея на вершину холма, на 62 фута выше этого канала и на 130 ф. выше канала Чиліано. Съ вершины холма вода распредѣляется для орошенія окружающаго плоскогорья, лежащаго на 164 фута выше всѣхъ водныхъ источниковъ. Первоначальное устройство подъема воды стоило 140.000 долларовъ, по затѣмъ было прибавлено еще 20.000, чтобы количество подымаемой воды достигло 25 куб. ф. въ сек. Расходы содержанія невелики; но если капитализировать плату за воду, взносимую правительству, то общая стоимость приспособленій достигаетъ 200.000 долларовъ, или около 8.100 долларовъ за куб. футъ воды въ секунду.

На каналѣ Крапонъ, во Франціи, имѣющемъ расходъ отъ 350 до 500 куб. ф. въ сек., поставлены 33 мельницы.

На Марсельскомъ каналѣ существуютъ 107 мельницъ, причемъ движеніе воды развиваетъ до 2.000 лошадиныхъ силъ. На этомъ каналѣ почти 20% общаго дохода получается съ доставляемой паденіемъ воды работы, причемъ платятъ 40 долл. за лошадиную силу въ годъ. Отработавшая вода возвращается въ каналъ въ нижнемъ его теченіи. Въ то время, когда вода не требуется для орошенія, ее отдаютъ, какъ движущую силу, по 5 долл. за лошадиную силу въ мѣсяцъ.

На Вердонскомъ каналѣ, во Франціи, нѣкоторое время тому назадъ, существовали водяные двигатели около всѣхъ перепадовъ, развивавшіе до 2.000 лошад. силъ и отдававшіеся въ наемъ по 40 долларовъ за силу въ годъ.

Двигатели, поставленные на каналѣ Хепаресъ, въ Испаніи, получаютъ отъ теченія воды до 3.630 лошад. силъ въ теченіи 9 мѣсяцевъ и 1.450 лошад. силъ въ остальное время года.

---

*) Irrigation in Western America, Egypt and Italy by the Hon. Alfred Deakin, M. P.

§ 53. Подъемъ воды помпами.

Опасаясь разрушенія каменнаго барража, пересѣкающаго два рукава Нила нѣсколько ниже Каира—вершины Нильской дельты, египетское правительство въ 1885 году заключило контрактъ съ Бельгійскимъ Обществомъ Орошенія на устройство подъема 2.604 куб. ф. въ сек. за годовую плату 210.000 долл. двумя группами паровыхъ насосовъ въ теченіи 30 лѣтъ. Барражъ былъ впослѣдствіи исправленъ, но контрактъ остался въ силѣ, и высокая годовая плата показываетъ, какъ цѣнится вода въ Египтѣ, и какъ затруднительно получить ее.

Въ Египтѣ, вообще, очень развита система механическаго подъема воды изъ каналовъ на поля, частью вслѣдствіе неправильнаго начертанія нѣкоторыхъ каналовъ, а частью вслѣдствіе ихъ засоренія. Въ 1864 году, по показаніямъ Figari Bey, число водоподъемныхъ деревянныхъ колесъ съ норіями, называемыхъ *сакіэ*, въ среднемъ и нижнемъ Египтѣ достигало 50.000: при колесахъ употреблялось до 100.000 работниковъ и 200.000 быковъ, и съ помощью ихъ орошалось $4^1/_2$ милліона экровъ. Водоподъемныя колеса бываютъ разнаго устройства и стоятъ, вмѣстѣ съ норіей и колодцемъ, до 150 долл. каждое; одно колесо, по большей части, достаточно для орошенія пяти экровъ и даже десяти, если работать днемъ и ночью, имѣя трехъ буйволовъ и двухъ рабочихъ въ каждой смѣнѣ.

Въ сообщеніи Figari Bey, вѣроятно, пропущены паровыя помпы, такъ какъ 20 лѣтъ позже почти 2.000 паровыхъ помпъ работали въ нижнемъ Египтѣ, несмотря на высокую цѣну угля, отъ 10 до 20 долл. за тонну. Теперь уголь можно купить въ Александріи по 5 долларовъ.

Стоимость работы паровой помпы можетъ быть опредѣлена около $1^1/_2$ доллара на экръ, но наемная цѣна колеблется отъ 2 до 5 долл. Если плата взимается натурою, то хлопкомъ отдаютъ $^1/_3$ урожая, а рисомъ $^1/_4$ урожая, такъ какъ рисъ требуетъ больше воды. Десяти-сильная помпа обыкновенно достаточна для орошенія 100 экровъ въ сезонъ. Въ Египтѣ также употребляется очень много, такъ называемыхъ, *шадуфовъ*, или журавлей, которые требуютъ работы 6 людей для орошенія 1-го экра хлопчатника или сахарнаго тростника, или же 2-хъ экровъ ячменя.

Горизонтальныя водоподъемныя колеса съ норіями (*сакіэ*) и болѣе первобытные *шадуфы* (журавли или чигири) работаютъ безъ перерывовъ, для того, чтобы поддерживать въ сыромъ видѣ тонкій слой плодоноснаго ила, осажденнаго при разливѣ Нила. Если этотъ илъ высохнетъ, то, подъ вліяніемъ горячихъ лучей солнца, онъ свертывается въ тоненькія трубочки и затѣмъ, разсыпаясь въ порошокъ, теряетъ свою плодоносную силу. Поэтому орошеніе должно начинаться непосредственно за стокомъ рѣчныхъ водъ, и колеса, и журавли работаютъ день и ночь, требуя для этого десятки тысячъ головъ скота и рабочихъ. Стоимость этого труда не можетъ быть оцѣнена.

Недостатокъ точной статистики не даетъ возможности надлежащимъ образомъ оцѣнить стоимость ирригаціонной воды, а также и вліяніе орошенія на цѣнность земли въ Египтѣ. Въ 1880 году было отмѣнено 28 различныхъ таксъ на воду, и еще нѣкоторыя были и послѣ того отмѣнены, но современную таксу можно считать отъ 5 до 10 долларовъ за экръ, а въ верхнемъ Египтѣ она иногда составляетъ болѣе 20% валового годового дохода. Больше милліона орошаемыхъ экровъ въ Египтѣ принадлежатъ правительству и отдаются въ наемъ феллахамъ маленькими участками; впрочемъ, часть земли отдается мѣстнымъ начальникамъ, или шейхамъ, которые имѣютъ и собственные участки, величиною отъ 1.000 до 2.000 экровъ. Арендаторы правительства, кромѣ обыкновенной арендной платы, обязаны уплачивать также «земельный налогъ» (land-tax) отъ 1 до 8 долларовъ за экръ; этотъ налогъ, въ сущности, составляетъ плату за воду, такъ какъ онъ не взимается, если поля не требуютъ орошенія; если къ этому прибавить необходимость труда для подъема воды горизонтальными колесами съ норіями и чигирями и обязательную работу на барщинѣ въ теченіи четырехъ мѣсяцевъ, то вполнѣ понятно, что земледѣлецъ не получаетъ почти никакого барыша.

Средняя цѣнность земли въ верхнемъ Египтѣ равна 60 долл. за экръ, а въ нижнемъ отъ 100 до 125 долл. Но нерѣдко она превышаетъ 100 долл. въ верхнемъ и 300—350 долл. въ нижнемъ Египтѣ. Вообще, цѣнность земли настолько разнообразна, что арендная плата колеблется отъ $^1/_2$ до 50 долларовъ за экръ. Рабочихъ рукъ много, и онѣ дешевы — поденная плата не превышаетъ 32 центовъ и падаетъ иногда до 14 центовъ,—но съ другой стороны,—употребляемыя земледѣльческія орудія совершенно примитивны; полевой плугъ и

теперь имѣетъ то же устройство, какое можно видѣть на рисункахъ пирамидъ, существующихъ тысячелѣтія.

§ 54. Содержаніе ирригаціонныхъ каналовъ.

Неудовлетворительное устройство ирригаціи въ Америкѣ было уже указано выше: теперь надо прибавить, что и содержаніе ирригаціонныхъ каналовъ точно такъ же неудовлетворительно въ этой странѣ. Необходимыя исправленія рѣдко производятся въ надлежащемъ размѣрѣ и надлежащимъ способомъ: водяныя растенія, камышъ и даже деревья выростаютъ въ каналахъ и составляютъ препятствіе для теченія воды: въ нѣкоторыхъ мѣстахъ капалы почти совсѣмъ засорены, а въ другихъ берега ихъ размыты. Вода теряется въ огромномъ количествѣ черезъ поврежденные банкеты и черезъ течь около пріемниковъ. Есть мѣста, гдѣ вода изъ каналовъ образуетъ разливы, безполезно испаряясь и просачиваясь въ почву; продольный уклонъ и боковые откосы каналовъ оставлены на произволъ судьбы, а въ случаѣ большихъ прорывовъ въ банкетахъ, ихъ задѣлываютъ какъ попало, не обращая вниманія на качество матеріаловъ, употребляемыхъ для починки. Смытые перепады остаются часто невозстановленными, и уровень воды понижается до тѣхъ поръ, пока теченіе не пророетъ себѣ новаго ложа.

Для надлежащаго содержанія канала въ исправности онъ долженъ быть закрываемъ для исправленій, по крайней мѣрѣ, одинъ разъ въ годъ, причемъ дно его очищается отъ осадковъ до первоначальнаго уровня, а откосы исправляются съ очисткой ихъ отъ водяныхъ растеній и тростника; вмѣстѣ съ тѣмъ производится полный ремонтъ всѣхъ искусственныхъ сооруженій; при такомъ способѣ каналъ потребуетъ наименьшихъ расходовъ на его содержаніе въ полной исправности.

Для наблюденія за исправнымъ состояніемъ канала весьма полезно имѣть вдоль его линіи телефонъ и хорошую дорогу по одному изъ береговъ. Инженеръ или лицо, завѣдывающее каналомъ, долженъ ежедневно получать свѣдѣнія о количествѣ воды, входящей черезъ головной шлюзъ и выходящей черезъ всѣ выпускныя отверстія, а также о всѣхъ поврежденіяхъ какъ въ главномъ, такъ и въ распредѣлительныхъ каналахъ.

Въ Индіи, Египтѣ и Италіи ирригаціонные каналы закрываются, по крайней мѣрѣ, разъ въ годъ, на время необходимое для починки, очистки отъ наносовъ, которое въ нѣкоторыхъ каналахъ Индіи достигаетъ шести недѣль. Каналъ Naviglio Grande, въ Италіи, закрывается два раза въ годъ. Нѣкоторые маленькіе каналы въ Индіи закрываются даже нѣсколько разъ, какъ. напр.. каналъ Palkhed, который въ періодъ 1889—90 г. потребовалъ очистки 6 разъ. Здѣсь кстати будетъ упомянуть о замѣчаніяхъ инженера Walter H. Graves относительно содержанія каналовъ въ исправности *).

«Если на желѣзныхъ дорогахъ, говоритъ онъ, можетъ быть допущена нѣкоторая неисправность въ состояніи пути и подвижного состава безъ непосредственной остановки движенія, то это не можетъ имѣть мѣста въ ирригаціонной системѣ, гдѣ поврежденіе въ головныхъ сооруженіяхъ и въ главныхъ каналахъ сразу уничтожаютъ весь успѣхъ предпріятія.

«Поврежденія каналовъ происходятъ отъ слѣдующихъ причинъ: 1) Каналъ повреждается, помимо случайныхъ причинъ, постепеннымъ размытіемъ дна и береговъ или отложеніемъ наносовъ. 2) Атмосферическія явленія служатъ постояннымъ источникомъ поврежденій; при обыкновенныхъ условіяхъ ихъ значеніе замѣчается послѣ долгаго промежутка времени, но сильныя бури и ливни могутъ повлечь за собой очень большія поврежденія. По самому характеру начертанія канала, онъ долженъ болѣе или менѣе пересѣкать всѣ потоки на мѣстности, по которой онъ проложенъ. Если приняты всѣ мѣры для пропуска верховыхъ водъ отъ ливня чрезъ каналъ помощью сифоновъ, желобовъ и пр., то разрушеніе отъ этихъ причинъ значительно уменьшается. Но, вообще, этими мѣрами почти всегда пренебрегаютъ, во многихъ случаяхъ тамъ, гдѣ уклонъ мѣстности достаточенъ, не дѣлаютъ верхового банкета для канала, такъ что всѣ верховыя воды прямо изливаются въ каналъ, что очень часто влечетъ за собою постоянное исправленіе канала. 3) Каналъ, а особенно его берега весьма часто повреждаются скотомъ, если берега не огорожены.

«Что касается искусственныхъ сооруженій, то прежде всего надо упомянуть о возможности поврежденій въ головномъ шлюзѣ, кото-

*) Irrigation and Agricultural Engineering in Transactions of the Denver Society of Civil Engineers for june, 1886.

рый подвергается сильному напору воды во время паводковъ въ рѣкѣ и обыкновенно не имѣетъ безусловно прочной конструкціи, такъ какъ устройство вполнѣ прочнаго шлюза обходится очень дорого. Затѣмъ, конструкція всѣхъ искусственныхъ сооруженій постепенно разрушается подъ вліяніемъ атмосферическихъ перемѣнъ, особенно деревянныя части, которыя, при перемѣнномъ горизонтѣ воды, быстро гніютъ и могутъ служить не болѣе шести или восьми лѣтъ. Наконецъ, деревянныя искусственныя сооруженія — какъ это ни странно съ перваго взгляда—нерѣдко разрушаются пожаромъ.

«Расходы на ремонтъ канала много зависятъ отъ устройства хорошаго надзора и отъ внимательности и опытности лица, завѣдывающаго сооруженіями. Напримѣръ, на одномъ изъ самыхъ большихъ каналовъ въ Колорадо долго не была замѣчена течь въ банкетахъ около головного шлюза, почему наконецъ образовался такой прорывъ, который повелъ за собою разрушеніе всего шлюза, стоившаго много тысячъ долларовъ. Въ этомъ случаѣ, какъ и во многихъ другихъ, послѣдствія дурного надзора были приписаны дурному исполненію инженерами ихъ дѣла. Это произошло отъ того, что въ Колорадо существуетъ обычай выбирать завѣдывающихъ каналами изъ всѣхъ классовъ общества, но только не изъ инженеровъ, которые, однако, наиболѣе приспособлены къ этому дѣлу.

«Въ Индіи ирригаціонные каналы находятся подъ надзоромъ инженеровъ Департамента общественныхъ работъ. На ихъ обязанности лежитъ не только наблюденіе за распредѣленіемъ воды, но и исправленіе всѣхъ поврежденій. Чтобы имѣть постоянныя свѣдѣнія о количествѣ воды, которымъ можно располагать для орошенія, имѣются многочисленные футштоки, или водомѣры, отмѣтки которыхъ записываются инженерами собственноручно въ особую книгу, и копія этихъ отмѣтокъ ежедневно посылается въ контрольное отдѣленіе. Кромѣ того, инженеръ имѣетъ власть мирового судьи по охраненію канала, что, къ сожалѣнію, непримѣнимо въ Америкѣ. Приведемъ еще слова, относящіяся къ содержанію каналовъ вообще, взятыя изъ Roorkee Treatise on Civil Engineering. «Обыкновенно думаютъ, что послѣ постройки канала нѣтъ никакой цѣли держать при немъ инженера, имѣющаго опытность и спеціальное образованіе, но это совершенно ошибочно. Хотя уже не нужно возводить большихъ сооруженій, но всегда является надобность въ нѣкоторыхъ

второстепенныхъ, которыя требуютъ не меньшей опытности и большой точности. Въ дѣлѣ этомъ есть много чисто научныхъ вопросовъ, еще неразъясненныхъ, каковы, напримѣръ, вопросы о наиболѣе вѣрныхъ формулахъ для опредѣленія расхода большихъ массъ воды въ открытыхъ каналахъ, о расходѣ чрезъ водосливы, потери воды отъ фильтраціи и испаренія, вліянія скорости теченія на количество увлекаемыхъ наносовъ. Кромѣ того, наблюдающему инженеру приходится имѣть дѣло съ большими рѣками и считаться съ опасными горными потоками; наконецъ, ему необходимо внимательно слѣдить за состояніемъ плотинъ и шлюзовъ и производить весьма важныя ремонтныя работы, иногда въ весьма короткій срокъ, на который можно закрыть каналъ. Нельзя оставить безъ постояннаго вниманія и малыя оросительныя канавы, которыя могутъ требовать или дальнѣйшаго развитія, или улучшенія, а также слѣдуетъ постоянно наблюдать за правильнымъ стокомъ воды съ мѣстности, безъ чего можетъ явиться застой воды и малярія. Кромѣ того, едва-ли кто-либо можетъ считать незаслуживающимъ вниманія такое положеніе, которое даетъ совершенно независимое управленіе огромной массой воды, доставляющей въ годъ доходъ отъ 200.000 до 300.000 долларовъ и служащей источникомъ благосостоянія страны вчетверо больше этой суммы. Инженеръ, завѣдывающій ирригаціей, долженъ имѣть общее понятіе о земледѣліи своего округа, знать время, когда разные виды растеній требуютъ большаго орошенія сообразно съ качествами почвы. Если онъ любитъ лѣсное хозяйство, для него представляется обширное поле дѣятельности въ устройствѣ насажденій по берегамъ канала, причемъ онъ можетъ принести пользу странѣ, введя новыя породы деревьевъ. Затѣмъ онъ можетъ обратить вниманіе на утилизацію паденія воды для развитія механической работы, что, несомнѣнно, потребуется при постепенномъ заселеніи мѣстности. Инженеръ, который считаетъ для себя недостаточной такую обширную дѣятельность, пусть лучше ищетъ себѣ занятій по другой отрасли техники. Онъ не долженъ поступать на службу по ирригаціи, если не имѣетъ призванія къ хлопотливой работѣ на открытомъ воздухѣ во всякое время года; онъ долженъ не разсчитывать на удовольствія общественной и домашней жизни, но привыкнуть къ долгимъ днямъ одиночества въ своей конторѣ на берегахъ канала».

§ 55. Способы орошенія.

Всѣ способы орошенія могутъ быть соединены въ 4 группы:
1) орошеніе затопленіемъ мѣстности;
2) орошеніе бороздами или канавами;
3) подпочвенное орошеніе посредствомъ трубъ
и 4) поливка.

Изъ этихъ 4-хъ способовъ будутъ разсмотрѣны только два первыхъ, такъ какъ только они примѣняются при устройствѣ орошенія въ большомъ размѣрѣ.

Для орошенія затопленіемъ земля дѣлится на участки, огражденные валиками; размѣры участковъ весьма разнообразны: въ Индіи они иногда не превышаютъ 400 кв. футовъ, между тѣмъ какъ въ Египтѣ они часто бываютъ въ нѣсколько квадратныхъ миль.

Нижеслѣдующее описаніе способовъ орошенія составлено, главнымъ образомъ, по статьямъ инженера O'Meara объ орошеніи въ сѣверо-западномъ Колорадо и Alfred Deakin объ орошеніи въ Америкѣ, помѣщенныхъ въ Minutes of Proceedings of the Institution of Civil Engineers 1883 г.

Затопленіе.

Затопленіе представляетъ самый легкій, самый простой и самый дешевый способъ орошенія. При этомъ способѣ вода напускается, для покрытія водою обработаннаго участка земли, на нѣкоторую высоту, въ зависимости отъ рода растеній и качества почвы: хотя при этомъ расходуется много излишней воды, но этого способа нельзя избѣгнуть при культурѣ хлѣбныхъ злаковъ.

Главнѣйшая задача состоитъ въ томъ, чтобы земля была покрыта водою равномѣрно. Это требуетъ нѣкоторой предварительной работы для устраненія на орошаемой поверхности всѣхъ возвышеній и неровностей, для того, чтобы слой воды былъ на всей площади одинаковъ, чѣмъ достигается наибольшая экономія воды. Затѣмъ надо раздѣлить землю на маленькіе участки, окруженные валиками, и проложить въ каждый участокъ водопроводныя трубы изъ распредѣлительныхъ каналовъ: вмѣсто трубъ, могутъ быть устроены деревянные

шиты или какія-нибудь другія простыя приспособленія. Устройство огражденныхъ участковъ имѣетъ три цѣли: 1) удержать воду на опредѣленномъ пространствѣ; 2) сдѣлать возможнымъ прекращеніе затопленія, какъ только участокъ получитъ достаточное количество воды; и 3) уменьшить неравномѣрность пропитыванія почвы, которая, несомнѣнно, явится при протеканіи воды по большому протяженію.

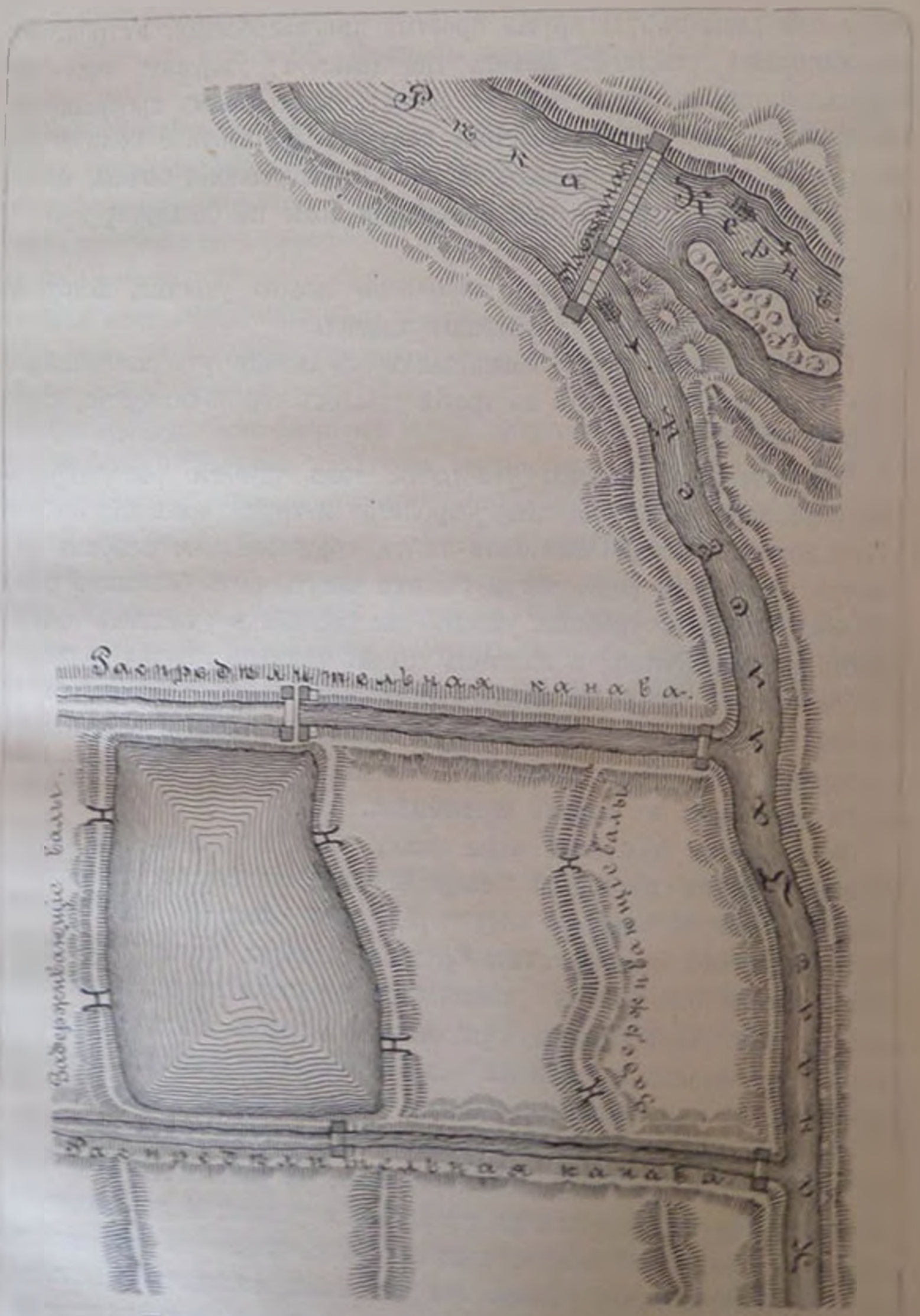
Чертежъ 159 показываетъ наполненіе водою участка, который расположенъ третьимъ отъ главнаго канала.

При затопленіи двухъ ближайшихъ къ каналу участковъ избытокъ воды можетъ стекать на третій участокъ черезъ отверстія, сдѣланныя въ валикѣ.

Чѣмъ меньше размѣры участковъ, тѣмъ удобнѣе равномѣрное распредѣленіе воды, но зато устройство и трудъ орошенія обходятся дороже. Когда мѣстность почти горизонтальна, и почва не быстро всасываетъ воду, тогда участки могутъ быть большихъ размѣровъ. Наиболѣе удобный уклонъ для большихъ участковъ одинъ дюймъ на 100 футовъ, и въ этомъ случаѣ размѣръ участка долженъ сообразоваться только съ количествомъ воды, которая можетъ быть къ нему доставлена: это необходимо, потому что весьма трудно контролировать количество притекающей воды, и можетъ быть нанесенъ вредъ растеніямъ въ случаѣ ея избытка.

Весь объемъ требуемой воды можетъ быть впускаемъ на одинъ участокъ черезъ нѣсколько отверстій или, наоборотъ, нѣсколько участковъ могутъ получать воду черезъ одно отверстіе. Въ первомъ случаѣ участокъ можетъ имѣть большіе размѣры, потому что затопленіе идетъ быстрѣе, и уменьшается неравномѣрное поглощеніе воды почвой. Такъ какъ не существуетъ точныхъ данныхъ относительно способности поглощенія воды различными почвами, то размѣры участка приходится опредѣлить путемъ опыта.

Когда паденіе мѣстности очень мало, тогда можно устраивать, какъ это дѣлается въ Колорадо, мелкія канавы, на разстояніи отъ 50 до 100 футовъ другъ отъ друга, по направленію уклона. Когда мѣстность спускается не очень полого, канавы пролагаются въ направленіи діагональномъ къ линіи уклона или зигзагами, и тогда устройствомъ мѣстами маленькихъ дамбъ все поле затопляется безъ напрасной потери воды. Наконецъ, если уклонъ очень великъ и неравномѣ-



Черт. 156. — Общій видъ оросительной системы.

рень, то валики слѣдуетъ расположить по линіямъ одной высоты т. е. по горизонталямъ, и тогда затопленіе происходитъ по ярусамъ. Когда верхній ярусъ наполненъ, то вода пускается въ слѣдующій за нимъ и т. д.

На чертежѣ 160 показанъ участокъ земли, раздѣленный валиками, причемъ каждое отдѣленіе можетъ получить воду изъ идущихъ по обѣимъ сторонамъ участка распредѣлительныхъ каналовъ. Чер-

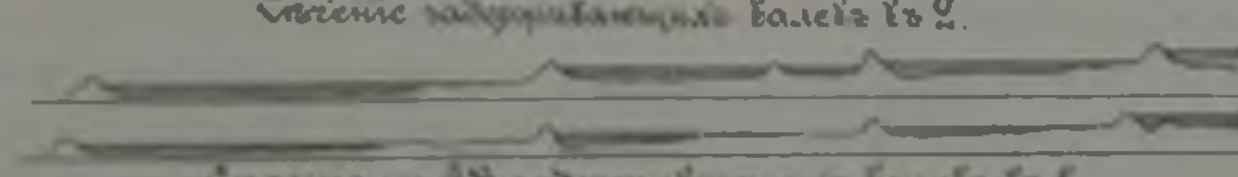
Черт. 160.



Черт. 161.

Черт. 162.

Черт. 163.



Черт. 164.

План системы орошенія.

тежъ 161 показываетъ поперечное сѣченіе главнаго канала, чертежъ 162—поперечное сѣченіе распредѣлительной канавы, а чертежи 163 и 164—профили мѣстности съ показаніемъ валиковъ.

Валики должны имѣть закругленную вершину и пологіе откосы, чтобы не затруднять обработки земли. Примѣненіе діагональныхъ бороздъ и валиковъ даетъ хорошіе результаты, даже на очень бугристой мѣстности. Посредствомъ ихъ въ Колорадо одинъ работникъ можетъ оросить двадцать пять акровъ въ день. Отсутствіе задерживающихъ валиковъ при крутомъ уклонѣ почвы можетъ повлечь за собою размытіе поверхности сильнымъ теченіемъ воды, причемъ обра-

зуются глубокія рытвины, и, кромѣ того, быстрое теченіе уноситъ изъ почвы частицы грунта, необходимыя для питанія растеній.

Вообще, при системѣ орошенія затопленіемъ, необходимо наблюдать, чтобы на затопляемый участокъ поступало воды именно столько, сколько требуется, и чтобы вода поглощалась равномѣрно и не имѣла силы теченія достаточной для того, чтобы размывать поверхность почвы. Несоблюденіе этого правила привело къ тому, что многія поселенія въ Ютѣ (Utah) были покинуты, и земля оставалась необработанной до тѣхъ поръ, пока орошеніе не было устроено сообразно правиламъ науки.

Число затопленій и высота воды бываютъ весьма разнообразны, въ зависимости отъ сорта растеній и качествъ почвы. Если почва глинистая, то орошеніе должно дѣлаться часто, но небольшимъ количествомъ воды; при песчаной почвѣ, напротивъ, необходимо сразу большое количество воды, но въ большіе промежутки времени. Впрочемъ, въ этомъ отношеніи имѣетъ вліяніе также глубина залеганія и характеръ подпочвы. Вообще, очень трудно дать какія нибудь опредѣленныя указанія,—какъ надо поступать въ каждомъ частномъ случаѣ: иногда достаточно трехъ дюймовъ воды, а иногда отъ 5 до 10 дюймовъ для одного затопленія. Число поливокъ всего лучше опредѣляется ростомъ растеній, и опытный земледѣлецъ долженъ знать ихъ потребность въ водѣ и удовлетворять ее своевременно, но отнюдь не допуская избытка орошенія. Впрочемъ, среднія данныя по этому предмету будутъ приведены ниже въ § 58. Въ Колорадо, гдѣ воду расходуютъ болѣе безпорядочно, чѣмъ въ какомъ либо другомъ штатѣ, считается, по основательнымъ даннымъ, вполнѣ достаточнымъ 14 дюймовъ на весь сезонъ.

Если грунтъ имѣетъ свойство затвердѣвать съ поверхности и удерживать влагу, то для пшеницы достаточно двухъ затопленій: одного передъ пашаньемъ и слѣдующаго, когда пшеница начинаетъ колоситься. Если поливка производится послѣ посѣва, то пшеница орошается одинъ разъ тогда, когда начинаетъ давать усы, и второй разъ, когда зерно нальется молокомъ. Вообще, если поливка не предшествуетъ пашанью, то нужно отдалять ея время, насколько возможно.

Иногда пшеницу затопляютъ три и даже четыре раза, но надо дѣлать это очень осторожно, такъ какъ всякій избытокъ воды даетъ

на первый раз. Чѣмъ меньше употреблено воды, тѣмъ зерно будетъ лучше. Полковникъ Стивенсонъ даетъ слѣдующія описанія орошенія въ Utah *):

«Каждый фермеръ имѣетъ собственный ирригаціонный каналъ, отдѣляющійся отъ главнаго и идущій обыкновенно по верхней сторонѣ каждаго поля. Поле разбито маленькими бороздами, идущими на разстояніи фута или нѣсколько далѣе другъ отъ друга и направленными или вдоль поля, или поперекъ, или діагонально, какъ того требуетъ уклонъ мѣстности. Въ эти борозды впускается вода, причемъ впускъ производится во столько бороздъ сразу, на сколько хватаетъ воды, и когда вода пройдетъ всю длину этихъ бороздъ, то она направляется въ слѣдующія.

«Такова общепринятая система поливки, но, при глинистой почвѣ, поперекъ поля, по линіямъ равной высоты, дѣлаются маленькіе валики, около 6 дюйм. высотою, которые задерживаютъ теченіе воды до тѣхъ поръ, пока она не покроетъ всего отгороженнаго участка; затѣмъ вода, переливаясь черезъ валикъ, наполняетъ слѣдующій участокъ, и т. д. Это необходимо для того, чтобы вода успѣла впитаться въ глинистую почву, но, при почвѣ легкой и пористой, такой способъ приведетъ къ излишней тратѣ воды».

Затопленіе въ Индіи.

Въ Индіи, а также въ Египтѣ, затопленіе представляетъ наиболѣе употребительный способъ орошенія: однако, въ Индіи затопленіе производится иногда не прямымъ впускомъ воды изъ ирригаціоннаго канала, а подъемомъ этой воды изъ канала, поверхность котораго ниже поверхности орошаемаго поля. Это, конечно, требуетъ ручной работы, и потому количество употребляемой воды гораздо меньше. На каналѣ Soee, въ Бенгаліи, въ 1889—90 годахъ земли, орошаемыя съ подъемомъ воды, составляли 3,7%, общаго количества орошаемыхъ земель; на каналѣ Mazafargarh—2,9%, и на каналѣ Shahpur Inundation—даже 15%. Большая часть этихъ случаевъ относится къ каналамъ, орошающимъ земли періодически

*) Irrigation Statistics of the Territory of Utah, by Colonel Charles L. Stevenson, C. E.

(§ 2, стр. 2), причемъ плата за воду взимается въ размѣрѣ $^1/_4$ платы за орошеніе прямымъ впускомъ воды.

Въ виду экономіи, получаемой при поливкѣ подъемомъ, и крайней нужды въ водѣ въ Индіи, нѣсколько лѣтъ тому назадъ предполагали устранять все орошеніе такимъ способомъ, чтобы заставить земледѣльцевъ расходовать воду только въ предѣлахъ дѣйствительной необходимости.

Орошеніе канавами.

Посѣвы гороха и разныхъ сортовъ картофеля нельзя орошать затопленіемъ: въ этомъ случаѣ орошеніе производится канавами или бороздами, проложенными въ разстояніи 4—10 фут. другъ отъ друга; такой способъ признанъ также наиболѣе экономичнымъ и полезнымъ для виноградниковъ и фруктовыхъ садовъ. Направленіе канавъ избирается сообразно уклону мѣстности, такъ, чтобы канавы получали уклонъ отъ 1 до 3 дюймовъ на каждыя 100 футовъ длины.

При орошеніи канавами, расходъ воды меньше, чѣмъ при затопленіи, такъ какъ нѣтъ надобности, чтобы вода покрывала всю поверхность грунта между канавами. Глубина канавъ или бороздъ должна соотвѣтствовать глубинѣ корней растеній, и тогда весь нужный для жизни растеній грунтъ будетъ получать достаточную степень влажности.

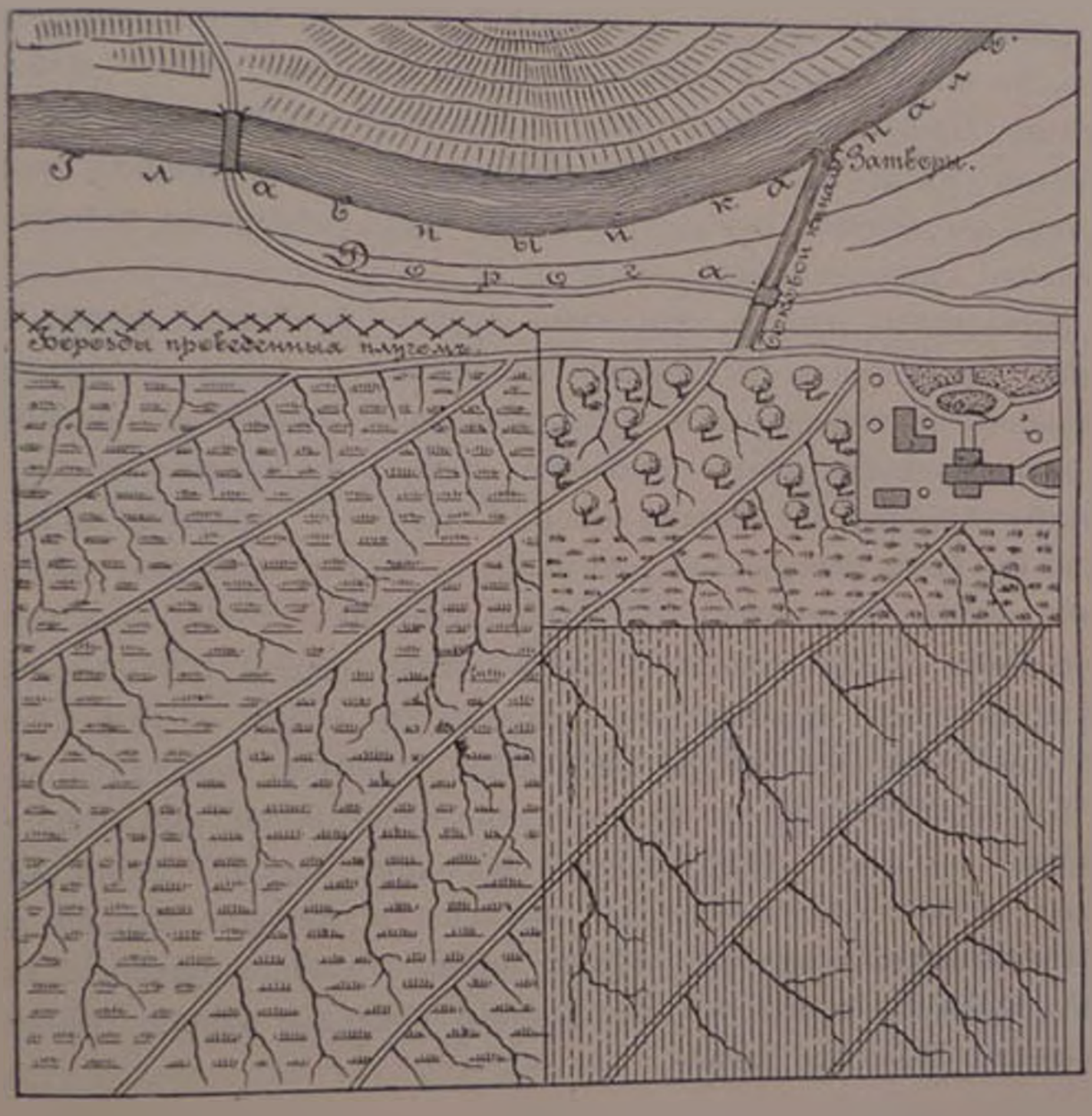
Если предпочитается устройство глубокихъ и узкихъ бороздъ, то онѣ проводятся на основаніи тѣхъ же правилъ, какъ и обыкновенныя канавы, но ихъ лучше замѣнять орошеніемъ желобами или трубами, о чемъ будетъ сказано впослѣдствіи.

На чертежѣ 165 показанъ способъ орошенія канавами *).

При орошеніи затопленіемъ, поверхность почвы спекается подъ дѣйствіемъ солнечныхъ лучей и затѣмъ трудно впитываетъ воду: орошеніе канавами устраняетъ это явленіе, и вода свободно просачивается черезъ грунтъ къ корнямъ растеній. Въ фруктовыхъ садахъ затопленіе влечетъ за собою у деревьевъ образованіе корней весьма близко къ поверхности земли, что ослабляетъ дерево и вызываетъ необходимость болѣе частаго орошенія.

*) Irrigation, by W. H. Graves, C. E. Transactions of Denver Society of Civil Engineers, 1886.

Для орошенія фруктовыхъ садовъ канавы или борозды идутъ вдоль рядовъ деревьевъ, причемъ иногда вокругъ стволовъ дѣлаются ямки, чтобы вода легче просачивалась къ корнямъ; эти ямки слѣдуетъ покрывать сухими листьями для уменьшенія скорости высыханія грунта. Однако, общее, въ этомъ случаѣ, правило состоитъ въ



Черт. 165. — Планъ системы орошенія при помощи бороздъ, проводимыхъ плугомъ.

томъ, что, вмѣсто ямокъ, стволъ дерева окружается валикомъ, который не допускаетъ воду къ стволу ближе 3 — 4 футовъ.

Апельсинныя деревья орошаются 3 или 4 раза въ лѣто, виноградники — одинъ, много 2 раза, и даже часто вовсе не орошаются. начиная со второго или третьяго года послѣ посадки черенковъ. Относительно другихъ плодовыхъ деревьевъ нельзя дать никакихъ

точныхъ указаній; все зависитъ отъ мѣстныхъ обстоятельствъ, климата, качества почвы и даже личнаго каприза хозяина.

Количество воды, расходуемой для орошенія фруктовыхъ садовъ и виноградниковъ, колеблется въ еще большихъ предѣлахъ, чѣмъ при орошеніи полей. Помимо мѣстныхъ условій, бываютъ случаи, что хозяева двухъ смежныхъ садовъ, разведенныхъ на мѣстностяхъ съ одинаковымъ уклономъ, расходуютъ не одинаковое количество воды: въ одномъ саду въ два и даже въ три раза больше, чѣмъ въ другомъ. Чтобы достигнуть наилучшихъ результатовъ, слѣдуетъ внимательно слѣдить за состояніемъ деревьевъ и давать имъ воду только въ томъ количествѣ, которое необходимо для сохраненія ихъ въ совершенно здоровомъ видѣ.

Несомнѣнно, однако, что чѣмъ лучше обработана почва, тѣмъ меньше требуется воды: хорошо обработанная почва удерживаетъ влажность въ теченіи болѣе долгаго времени, потому что испареніе съ ея поверхности идетъ медленнѣе, и вода проникаетъ въ нее на большую глубину. По словамъ маіора Corbett'a *), орошеніе въ Индіи могло бы быть значительно уменьшено, если бы почва вспахивалась болѣе глубоко. Туземный плугъ разрыхляетъ почву только на нѣсколько дюймовъ съ поверхности, а ниже лежитъ твердая плотная земля, препятствующая дальнѣйшему просачиванію воды; поэтому тонкій поверхностный слой быстро высыхаетъ и требуетъ новаго орошенія.

Въ послѣднее время явилось много поклонниковъ зимняго и осенняго орошенія. При такомъ орошеніи, хорошо пропитанная водою почва болѣе удобна для пашанья и требуетъ меньше воды въ теченіи лѣтняго времени; но это мнѣніе возникло, кажется, главнымъ образомъ, вслѣдствіе замѣченнаго вреднаго вліянія слишкомъ обильнаго орошенія лѣтомъ.

§ 56. Количество воды, нужное для орошенія.

Количество воды, необходимой для орошенія извѣстнаго пространства земли, во всѣхъ странахъ, гдѣ говорятъ по англійски, выражаютъ техническимъ терминомъ duty of water **), подразумѣвая

*) Professional Papers on Indian Engineering.

**) Duty of water не имѣетъ соотвѣтствующаго русскаго термина.

подъ этимъ число экровъ, которые могутъ быть орошены тѣмъ объемомъ воды, который получается отъ безпрерывнаго притока одного кубическаго фута воды въ секунду. Такимъ образомъ, если расходъ воды составляетъ 10 кубич. футовъ въ секунду, и его оказывается достаточно для орошенія 8.000 экровъ, то duty of water (полезная масса воды) соотвѣтствуетъ 200 экрамъ. На практикѣ duty of water колеблется между 35 и 2.200 экровъ на куб. футъ воды въ секунду.

Duty of water можетъ быть также выражено толщиною слоя воды, если количествомъ ея, нужнымъ для орошенія, покрыть одновременно весь орошаемый участокъ; оно можетъ быть также выражено и кубическою мѣрою воды на экръ.

Потребность въ водѣ бываетъ весьма разнообразна и зависитъ, вообще, отъ нижеслѣдующихъ обстоятельствъ:

1) Характера почвы и подпочвы.
2) Вида поверхности почвы:
3) Глубины грунтовыхъ водъ:
4) Количества выпадающаго дождя:
5) Температуры и силы испаренія:
6) Системы орошенія:
7) Времени, въ теченіи котораго земля была орошена:
8) Сорта растеній:
9) Количества плодоноснаго ила въ водѣ:
10) Опытности завѣдывающаго орошеніемъ:
11) Способа платы за воду: сообразно площади орошаемой земли или по количеству употребленной воды: послѣдній способъ всегда уменьшаетъ количество расходуемой воды.

Кромѣ того, надо принимать въ разсчетъ также и неизбѣжную потерю воды, которая происходитъ на всемъ протяженіи ирригаціонной сѣти.

Каждый куб. футъ воды—говоритъ нижеперъ Beresford *)—получаемый при началѣ главнаго канала, расходуется слѣдующимъ образомъ:

1) на потерю отъ просачиванія въ грунтъ и на испареніе при

*) Professional Papers on Indian Engineering. Vol. V. Second Series.

проходѣ по главному каналу до начала распредѣлительныхъ каналовъ.

2) на потерю, отъ тѣхъ же причинъ, по длинѣ распредѣлительныхъ каналовъ до начала оросительныхъ канавъ;

3) на потерю, отъ тѣхъ же причинъ, по длинѣ оросительныхъ канавъ до выхода на поля;

4) на безполезную трату воды отъ неопытности и невнимательности земледѣльцевъ при орошеніи полей несоотвѣтствующимъ образомъ и въ излишнемъ количествѣ;

5) на дѣйствительное орошеніе земли.

При устройствѣ и управленіи орошеніемъ необходимо стремиться увеличить расходъ воды по 5-му пункту и уменьшить по предыдущимъ.

Въ Америкѣ, въ тѣхъ случаяхъ, когда водопроводная сѣть состоитъ изъ каналовъ съ земляными берегами, duty of water невелико. Изъ помѣщенной ниже таблицы видно, что кубическаго фута воды въ секунду достаточно въ Индіи для орошенія 200 экровъ, тогда какъ въ Америкѣ, въ среднемъ, нѣтъ и половины этого количества. Впрочемъ, нѣкоторая разница обусловливается тѣмъ обстоятельствомъ, что въ Америкѣ орошеніе устроено почти на дѣвственной почвѣ, между тѣмъ какъ въ Индіи земля была орошаема въ теченіи многихъ столѣтій, и, кромѣ того, количество выпадающаго въ Индіи дождя больше, чѣмъ въ безводныхъ мѣстностяхъ Америки. Въ Индіи, прежде устройства правильной ирригаціи, орошеніе уже производилось изъ колодцевъ *).

Нижеслѣдующая таблица составлена по разнымъ источникамъ и включаетъ данныя, приводимыя инженеромъ A. D. Foote, въ его отчетѣ объ орошеніи пустынныхъ земель въ Айдаго.

*) Мы выше видѣли, какъ инженеръ A. E. Forrest, простымъ улучшеніемъ распредѣлительныхъ каналовъ, достигъ того, что въ одномъ изъ участковъ Ганжескаго канала повысилъ duty of water до 400 экровъ. Нѣтъ основанія сомнѣваться въ томъ, что тѣ же цифры можно достигнуть и во многихъ мѣстностяхъ Америки. Но мѣрѣ того, какъ площадь орошаемой земли возрастетъ, возрастаетъ и цѣна воды, а при этихъ условіяхъ пользующіеся орошеніемъ должны поддерживать всѣ каналы въ порядкѣ, а также производить поливку ночью, чтобы беречь воду и не выпускать на поля болѣе воды, чѣмъ строго необходимо для сохраненія жатвъ.

ТАБЛИЦА XVIII

Duty of water, выраженное количествомъ земли, орошаемой однимъ куб. фут. воды въ секунду, въ различныхъ странахъ.

Названія каналовъ.	Названія странъ.	Количество акровъ.	Имена наблюдателей и замѣтки.
Eastern Jumna. . . .	Индія.	306	E. B. Dorsey.
Western Jumna.	„	240	F. C. Danvers.
Ganges.	„	232	E. B. Dorsey.
Upper-India	„	267	E. B. Dorsey.
India средняя	„	250	Lieut. Scott Moncrieff.
Bari Doab.	„	155	F. C. Danvers.
Madras (рисъ).	„	66	George Gordon.
Tanjore (рисъ).	„	40	Roorkee Treat. Civ. Eng.
Swat River 1888—89. .	„	216	Revenue Rep. of the Irrig. Depart.
Swat River 1889—90. .	„	177	Punjab, 1889—90.
Western Jumna 1888—89.	„	143	„ 1889—90.
Western Jumna 1889—90.	„	179	„ 1889—90.
Bari Doab 1888—89. . .	„	201	„ 1889—90.
Bari Doab 1889—90. . .	„	227	„ 1889—90.
Sirhind 1888—89. . . .	„	180	„ 1889—90.
Sirhind 1889—90. . . .	„	180	„ 1889—90.
Chenab 1888—89. . . .	„	151	„ 1889—90.
Chenab 1889—90. . . .	„	151	„ 1889—90.
Nira 1888—89	„	186	Bombay Report. 1889—90.
Genil	Испанія.	240	E. B. Dorsey.
Elche	„	1.072	George Higgin.
Lorca.	„	2.200	George Higgin.
Jucar (рисъ)	„	35	George Higgin.
Henares.	„	157	George Higgin.
Valencia.	„	242	E. B. Dorsey.

Названія каналовъ.	Названія странъ.	Количество верстъ.	Имена наблюдателей и замѣтки.
Forez	Франція.	140	Transactions I. C. E. vol. 65.
South of France . . .	„	70	George Wilson.
Sefi. или Lower Nile .	Египетъ.	350	London Times 18 Sept. 1877.
Sefi. или Lower Nile .	„	274	Russian Pasha 1883.
Northern Peru.	Перу.	160	E. B. Dorsey (безъ дождей).
Northern Chili.	Чили.	190	E. B. Dorsey (безъ дождей).
Lombardy	Италія.	90	Baird Smith (включая рисъ).
Piedmont.	„	60	Baird Smith (включая рисъ).
Marcite	„	1—18	Columbani and Brioschi.
Sefi. Southern France .	Франція.	60	Lieut. Scott Moncrieff.
Sefi, Victoria	Австралія.	200	The Hon. Alfred Deakin.
Sweetwater, San Diego .	Калифорнія.	500	William Fox — Орошеніе трубами.
Pomona, San-Bernardino.	„	500	William Fox — Орошеніе трубами.
Ontario	„	500	William Fox — Орошеніе трубами.
California	„	80-150	Каналы съ земляными берегами.
San-Diego	„	1.500	James D. Schuyler.
Utah territory	Юта.	100	C. L. Stevenson.
Colorado.	Колорадо.	100	Nettleton.
Cache la Poudre. . . .	„	193	Prof. Mead.
Colorado.	„	55	P. O'Meara.

§ 57. Орошеніе трубами.

Экономія воды при орошеніи можетъ быть достигнута четырьмя способами:

1) продажей воды по объему, отпускаемому для орошенія;

2) проводомъ воды до орошаемой мѣстности въ каналахъ съ непроницаемыми берегами и дномъ, и еще лучше—посредствомъ трубъ;

3) Непрерывностью орошенія, т. е. чтобы оно производилось ночью такъ же, какъ и днемъ;

разумнымъ употребленіемъ воды безъ излишняго расхода.

Проведеніе воды трубами представляется соотвѣтствующимъ только при небольшомъ расходѣ ея для ирригаціи: при большомъ расходѣ. обыкновенные каналы будутъ болѣе экономичны. если не относительно сбереженія воды. то отпосительно сбереженія расходовъ на ихъ устройство.

Если четыре вышесказанныхъ условія будутъ соблюдены, то полезная масса воды. особенно для фруктовыхъ садовъ, значительно увеличится. и. слѣдовательно, тѣмъ же количествомъ воды можно будетъ оросить гораздо большее пространство.

Употребленіе трубъ, сдѣланныхъ изъ листового желѣза, бетонныхъ. глиняныхъ глазированныхъ, деревянныхъ съ желѣзными муфтами. а также открытыхъ желобовъ изъ асфальта или бетона и резервуаровъ. облицованныхъ асфальтомъ и бетономъ,—все болѣе и болѣе увеличивается въ южной Калифорніи. Орошеніе трубами было также примѣнено съ большимъ успѣхомъ въ Bear Valley, Pomona. Ontario, Riverside. San-Bernardino, Los Angeles и многихъ другихъ мѣстностяхъ южной Калифорніи. Это доказываетъ, что цѣнность устройства такой системы уравновѣшивается огромною экономіей въ водѣ: кромѣ того, получается удобство контроля за распредѣленіемъ воды. и общее управленіе орошеніемъ гораздо проще, чѣмъ при системѣ открытыхъ каналовъ.

Инженеръ F. Eaton говоритъ по поводу орошенія трубами слѣдующее *):

Полезная масса воды значительно увеличилась при замѣнѣ оросительныхъ канавъ трубами.

Удобства, которыя представляютъ трубы при распредѣленіи воды. даютъ значительную экономію въ расходахъ; въ нѣкоторыхъ случаяхъ потребность въ водѣ сократилась до половины и даже до одной трети прежняго расхода. Каналъ San-Gabriel служилъ для орошенія 2.000 экровъ, а теперь онъ можетъ орошать 12.000 экровъ; на каждыя 10 экровъ расходуется для овощей и всякаго рода хлѣбныхъ растеній $^1/_{50}$ куб. фута въ секунду. Конечно, это количество въ нѣкоторыхъ случаяхъ измѣняется въ зависимости отъ ка-

*) Irrigation in the United States. by Richard J. Hinton. U. S. Department of Agriculture.

чества почвы. Если подпочва легко пропускаетъ воду, то орошеніе требуетъ меньше воды.

Устройство орошенія трубами обошлось отъ 15 до 50 долларовъ на экръ. Большею частью были употреблены трубы изъ листового желѣза, толщиною въ $^1/_{16}$ дюйма: цементныя трубы стоили бы не дешевле, и укладка ихъ болѣе затруднительна. Трубы, діаметромъ въ 1 дюйма, не должны быть дѣлаемы изъ желѣза толще $^1/_{16}$ дюйма. Трубы асфальтируются, но, конечно, покрытіе мѣстами отваливается, и трубы разъѣдаются ржавчиной. Несмотря на это обстоятельство и на то, что мы не можемъ наблюдать за состояніемъ трубъ и возобновлять ихъ окраску, онѣ сохраняются довольно долго, а именно отъ 15 до 16 лѣтъ, въ грунтѣ, гдѣ нѣтъ минеральныхъ солей. Въ Pasadena были положены въ 1873 году трубы толщиною $^1/_{18}$ дюйма, и онѣ сохранились до настоящаго времени (1892).

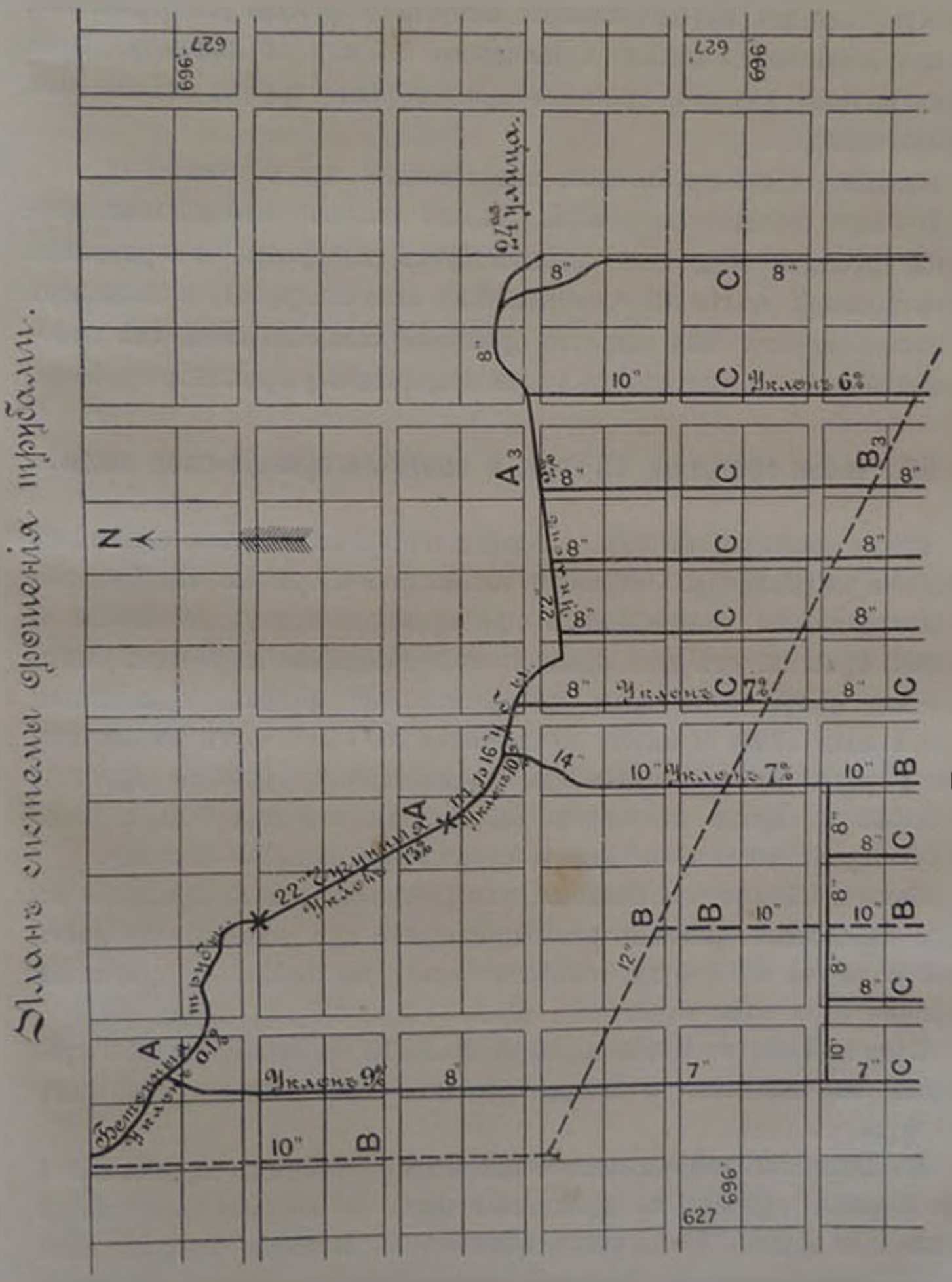
Нижеслѣдующее описаніе заимствовано изъ статьи инженера F. E. Trask, главнаго инженера компаніи по улучшенію земли въ Онтаріо.

Участокъ земли въ Онтаріо, площадью 11.000 экровъ, орошается трубами изъ балки San-Antonio. На прилагаемомъ чертежѣ 166 показана только сѣверная часть участка, причемъ A, A, A^1, обозначаютъ главную линію водопровода, B, B, B^3—вспомогательную главную трубу, и C, C, C — распредѣлительныя трубы. Весь участокъ раздѣленъ на прямоугольныя поля въ 696 футовъ длиною и 627 фут. шириною, т. е. площадью около 10 экровъ.

Общій уклонъ мѣстности идетъ на юго-востокъ и измѣняется отъ $^1/_8$ въ сѣверномъ концѣ до $^1/_{100}$ въ южномъ концѣ участка.

Главная труба A, A, A^1 доставляетъ воду изъ балки и идетъ вокругъ подножія холма и, развѣтвляясь на востокъ и западъ, снабжаетъ распредѣлительныя трубы C, C, C. Дополнительная труба B, B, B^1 беретъ воду изъ главной трубы у подножія холма и пересѣкаетъ поля діагонально: она назначена для снабженія водою распредѣлительныхъ трубъ C, C, C, на разстояніи нѣсколькихъ миль отъ ихъ начала, чтобы пополнить расходъ воды, сдѣланный на этомъ протяженіи. Напримѣръ, распредѣлительная труба A^1, B^3 орошаетъ четыре поля, прежде чѣмъ достигнетъ точки B^3, и въ этомъ мѣстѣ получаетъ воду изъ дополнительной трубы B, B, B^3 для орошенія земли, лежащей южнѣе B^3. Распредѣлители C, C, C не подвержены

внутреннему напору воды: они проложены параллельно другъ другу и имѣютъ среднюю длину около 6 миль. Каждая труба назначается



Планъ системы оросительныхъ прудовъ.

Черт. 166. — Планъ системы орошенія трубами.

для орошенія одного ряда полей и проходитъ по нему въ разстояніи 3 футовъ отъ границы сосѣдняго ряда. Діаметры трубъ и ихъ

уклона выполнена на чертеже, затем по ему уклону постепенно уменьшается до $^1/_{100}$ по диаметру трубы остается тот же. На этом участке, где по трубам двойного выпускного русла от оросителя, по мере истечения воды, диаметры их все более уменьшаются, и по этому выбор нужного диаметра для отдельной трубы опять-таки требует числа.

Большая часть труб была приготовлена из бетона.

Из числа общего заключения, можно сказать, что системы оросительных трубами, если они соответствуют местности и правильно проектированы, более экономичны, чем всякая другая, и поэтому предпочтительнее, если устройство оросительной сети, где только профиль местности допускает удобное применение оросительных трубами.

§ 58. Число орошений в год и соответствующий слой воды.

Число орошений в год и соответствующая толщина слоя воды должны быть различны в различных странах весьма разнообразных. Наибольшее количество воды употребляется при культуре хлопка в Индии и Египте. Другие культуры, требующие орошения трубами, как-то: сахарный тростник, индиго, рис, табак и другие, требуют меньше воды (daily of water) почти вдвое и втрое. Другие культуры, требующие орошения трубами, как-то: сахарный тростник, индиго, рис, табак и другие, требуют меньше воды (daily of water) почти вдвое и втрое.

Вообще, в Индии, употребляется для 12 орошений в год слой воды не менее 1,27 фута, а обыкновенно, для 12 орошений требуется слой воды более 1,5 фута.

Вообще, в Египте, дает слой 12 орошений, по 0,21 фута каждое, и общий годовой слой составляет 2,5 фута.

В Египте, где главная масса воды употребляется в виде 6 орошений, общее количество воды составляет 2,5 фута.

В Египте, где главная масса воды употребляется в виде 6 орошений, общее количество воды составляет 2,5 фута.

часть земли занята рисовыми плантаціями, на кубическій футъ воды въ секунду приходится только отъ 13 до 20 экровъ.

Около новаго Ронскаго канала, во Франціи, бываетъ двадцать орошеній въ теченіи лѣта, по одному въ недѣлю, причемъ общая толщина слоя воды составляетъ одинъ метръ, или 3,28 фута. Въ южной Франціи орошеніе начинается 1 апрѣля и кончается 30 сентября.

Количество воды, нужное для орошенія, исчисляется здѣсь въ одинъ литръ (0,0353 куб. фута) непрерывнаго снабженія въ теченіи шести мѣсяцевъ на гектаръ (2,471 экра). Это количество воды соотвѣтствуетъ толщинѣ слоя въ $62^1/_4$ дюйма и расходуется на 14 орошеній, слоемъ по $4^1/_2$ дюйма, или 20 орошеній, слоемъ по 3 дюйма, или 13 орошенія, слоемъ по $1^1/_2$ дюйма каждое. Для числа орошеній нѣтъ общаго правила въ южной Франціи: оно измѣняется въ большихъ предѣлахъ, въ зависимости отъ качества почвы и уклона мѣстности.

Опыты на каналѣ Baree Doab, въ Индіи, показали, что средняя толщина слоя въ 0,24 фута, исчисляемая на всю поверхность, достаточна для полнаго орошенія мѣстной почвы, состоящей изъ суглинка, а для песчаной земли требуется 0,31 фута; слѣдовательно, потребность въ водѣ равна 10.454 куб. футамъ на экръ (0,24 × × 43.560).

Въ сухое время года пшеница требуетъ пяти орошеній: одно — для приготовленія земли къ обработкѣ, въ размѣрѣ 10.500 куб. футовъ на экръ, и четыре орошенія во время роста пшеницы, по 8.000 куб. футовъ каждое, а всего 42,500 куб. футовъ воды, что соотвѣтствуетъ слою меньше одного фута. Въ Мадрасѣ дается 6.000 куб. ярдовъ воды на одинъ экръ рисовыхъ плантацій, что соотвѣтствуетъ толщинѣ слоя въ 3,7 фута.

На одно орошеніе въ Колорадо берется слой воды толщиною въ 1 футъ, и орошеніе производится 3 раза, а въ исключительно сухіе годы 4 раза.

Профессоръ Джорджъ Давидсонъ, на основаніи лучшихъ авторитетовъ, принимаетъ толщину слоя воды отъ 10 до 12 дюймовъ для культуры пшеницы, ячменя и кукурузы въ Калифорніи, при томъ условіи, чтобы орошеніе производилось 4 раза, слоями по $2^1/_2$ дюйма, или 3 раза по 4 дюйма. Наименьшая цифра почти соотвѣтствуетъ количеству дождя, выпадающаго въ Калифорніи ($10^1/_2$ дюй-

мовъ), и когда дождь идетъ въ соотвѣтствующее время, то хорошая жатва вполнѣ обезпечена и безъ орошенія.

Генералъ Scott Moncrieff дѣлаетъ слѣдующія замѣчанія относительно орошенія въ Индіи:

«Для произрастанія пшеницы въ холодный сезонъ достаточно четырехъ орошеній, и только рисъ и сахарный тростникъ необходимо орошать иногда двѣнадцать разъ. Практическіе опыты въ сѣверо-западныхъ провинціяхъ Индіи показываютъ, что въ зимніе мѣсяцы— декабрь, январь и февраль — достаточно одного кубическаго фута воды въ теченіи 24 часовъ для орошенія 4,57 экра необработанной земли передъ вспахиваньемъ; тотъ же расходъ достаточенъ для 5,64 экра земли, уже бывшей въ обработкѣ, и для всходовъ пшеницы. Эти цифры соотвѣтствуютъ толщинѣ слоя воды въ 5,1 и 4,1 дюйма. Для сѣверной Индіи, гдѣ почва вообще легкая, можно принять, что однимъ кубическимъ футомъ воды въ секунду, въ теченіи 24 часовъ, хорошо орошается 5 экровъ. Затѣмъ можно принять промежутокъ между двумя орошеніями равнымъ 50 днямъ; такимъ образомъ, одинъ кубич. футъ воды въ секунду, считаемый въ теченіи цѣлаго года, достаточенъ для орошенія 250 экровъ, что соотвѣтствуетъ 0,28 литра (0,009886 куб. фута) на гектаръ (2,47 экра), и это количество воды доставляется съ избыткомъ каналомъ Eastern Jumna.

«Хотя такой расходъ исчисляется при началѣ канала, и вода, протекающая почти 300 миль, пока не достигнетъ орошаемыхъ полей, утрачивается отъ фильтраціи и испаренія въ количествѣ около 20%, но эта потеря можетъ быть непринимаема въ соображеніе, и указанная весьма высокая полезная масса воды вполнѣ оправдывается дѣйствительностью. Изъ всей площади въ 250 экровъ, орошаемыхъ на Eastern Jumna Canal однимъ куб. футомъ въ секунду, 18% занято рисомъ и почти столько же сахарнымъ тростникомъ (оба растенія требуютъ обильной поливки); 50% занято пшеницей и ячменемъ, а остальная часть земли разными растеніями, орошаемыми только одинъ или два раза. Общее годовое количество дождя здѣсь равно 40 дюймамъ, и большая его часть выпадаетъ въ іюнѣ, іюлѣ и августѣ».

§ 59. Орошеніе кругооборотомъ.

Вода предоставляется для орошенія тремя способами:

1) Черезъ отверстіе опредѣленной величины.

2) Сообразно площади орошаемой земли и сорту растеній.

3) Посредствомъ кругооборота орошенія.

Въ послѣднемъ случаѣ устанавливается извѣстный періодъ кругооборота орошенія для всѣхъ земель, лежащихъ около оросительнаго канала. сообразно качеству земли и сорту растеній: напримѣръ. рисъ требуетъ болѣе частаго орошенія, чѣмъ пшеница. Въ системѣ кругооборота каждый землевладѣлецъ получаетъ, въ теченіи извѣстнаго числа часовъ, весь объемъ воды, протекающей по каналу. Поэтому понятно, что система кругооборота можетъ примѣняться только для каналовъ съ небольшимъ расходомъ воды, и что она должна. для экономическаго дѣйствія, допускать орошеніе полей не только днемъ. но и ночью.

Очевидно, что количество воды. которое отпускается, при системѣ кругооборота, каждому владѣльцу. прямо пропорціонально расходу воды въ каналѣ и числу часовъ (или частей дня), въ теченіи которыхъ онъ получаетъ воду, и обратно пропорціонально числу дней кругооборота. Отсюда можно выразить отношеніе этихъ величинъ слѣдующей общей формулой:

$$Q = \frac{Q_1 T}{N}, \text{ и } T = \frac{NQ}{Q_1}$$

гдѣ:

Q — обозначаетъ количество воды, слѣдуемое каждому владѣльцу, по разсчету непрерывнаго притока воды.

T — число часовъ (или частей дня), въ теченіи которыхъ онъ получаетъ право на весь расходъ воды въ каналѣ.

Q_1 — расходъ воды въ каналѣ въ кубическихъ футахъ въ секунду или въ другихъ установленныхъ мѣрахъ.

N — число дней, составляющихъ періодъ кругооборота.

Примѣръ. Положимъ, что періодъ кругооборота 10 дней, и что каналъ даетъ 20 куб. футовъ въ секунду. изъ которыхъ потребитель имѣетъ право на $^1/_{20}$ кубич. фута воды въ секунду. Если онъ же-

лаетъ замѣнить постоянное орошеніе кругооборотомъ, то число часовъ, въ теченіи которыхъ онъ получаетъ всю воду въ каналѣ, опредѣлится по формулѣ:

$$T = \frac{NQ}{Q_1} = \frac{10 \times 1}{20} = 0{,}5,$$

то есть, владѣлецъ получаетъ весь расходъ воды въ каналѣ въ теченіи 0,5 дня, или 12 часовъ. Какъ только этотъ срокъ кончается, закрываютъ впускное отверстіе, и вода обращается на другой участокъ.

§ 60. Связь орошенія съ лѣсоводствомъ.

Вмѣстѣ съ устройствомъ орошенія должно быть обращено вниманіе на сохраненіе лѣсовъ и на устройство новыхъ лѣсонасажденій, по возможности, въ обширныхъ размѣрахъ. Давно слѣдовало положить предѣлъ безпощадному истребленію лѣсовъ въ Америкѣ, особенно около истоковъ рѣкъ, и если это не будетъ сдѣлано, то многія мѣстности, нынѣ плодородныя, превратятся въ угрюмыя пустыни. Обширный, хорошій лѣсъ составляетъ какъ бы запасный резервуаръ воды, которая хотя медленно, но вѣрно поддерживаетъ теченіе въ ручьяхъ и рѣкахъ. Правительство заботится объ устройствѣ искусственныхъ водохранилищъ, а между тѣмъ дозволяетъ, для выгоды немногихъ людей, уничтожать естественныя водохранилища — лѣса.

Нѣкоторыя мѣстности въ Персіи, которыя, еще въ историческія времена, прокармливали густое населеніе и приносили большіе доходы, представляютъ нынѣ безплодныя пустыни, потому что жители не заботились о сохраненіи лѣсовъ: лѣсъ истреблялся также огромными арміями во время безчисленныхъ и продолжительныхъ войнъ, веденныхъ въ этихъ мѣстностяхъ. По истребленіи лѣсовъ дождь, выпадавшій прежде равномѣрно въ теченіи года, началъ идти неправильно, вслѣдствіе чего бывали то продолжительныя засухи, то страшныя наводненія, приносившіе больше вреда, чѣмъ пользы. Земля уже не могла давать хорошій и вѣрный урожай, населеніе стало уменьшаться, и, наконецъ, вся мѣстность обратилась въ пустыню.

Въ Америкѣ цѣлая армія лѣсопромышленниковъ (wood cutters)

занимается истребленіемъ лѣсовъ, забывая, что истребленный лѣсъ не возстановится въ теченіи жизни многихъ поколѣній.

Относительно южной части Индіи, инженеръ Allan Wilson *) говоритъ, что въ прежнія времена, когда водохранилища содержались исправно, производилась посадка деревьевъ въ обширныхъ размѣрахъ, растительность привлекала муссонъ, приносившій дождь: нынѣ всѣ сооруженія разрушились, и муссонъ появляется только случайно и съ малымъ количествомъ дождя. Почти каждый годъ получаются извѣстія о сильныхъ наводненіяхъ въ этой странѣ, и причиною такого явленія оказывается, несомнѣнно, истребленіе лѣса.

Нѣсколько лѣтъ назадъ правительство Индіи поняло важность сохраненія лѣсовъ и учредило лѣсной департаментъ; польза, принесенная уже этимъ департаментомъ, признается въ Индіи всѣми, кто только обращалъ вниманіе на этотъ предметъ.

Здѣсь будетъ умѣстно привести извлеченіе изъ книги B. E. Fernow, по вопросамъ лѣсного хозяйства **).

«Лѣсное хозяйство имѣетъ въ виду двѣ цѣли:

1) Пользоваться лѣсомъ для полученія необходимыхъ матеріаловъ съ такимъ разсчетомъ, чтобы вырубленные лѣсные участки могли возобновить свою растительность.

2) Сохранить и даже, по возможности, улучшить естественныя условія существованія лѣсонасажденій. Въ первомъ случаѣ, мы относимся къ лѣсу, какъ къ пахатному полю, съ котораго собираемъ жатву, разсчитывая, что земля принесетъ ее вновь. Какъ при земледѣліи мы стремимся получить наиболѣе обильную жатву, такъ и въ лѣсоводствѣ на первомъ планѣ должно стоять полученіе лѣсныхъ матеріаловъ наилучшаго качества и въ наибольшемъ количествѣ.

«Во второмъ случаѣ мы смотримъ на лѣсъ не только съ точки зрѣнія его доходности, но и какъ на покровъ поверхности почвы, который, при извѣстныхъ условіяхъ и обстоятельствахъ, имѣетъ весьма важное значеніе для общей пользы.

«Благопріятное вліяніе лѣсной растительности сказывается прежде всего въ предупрежденіи размыванія поверхности почвы и въ замед-

*) On Irrigation in India, in Transactions of the Institution of Civil Engineers. Vol. XXVII. 1867—1868.

**) What is Forestry, by B. E. Fernow, Chief of the Division of Forestry. U. S. Department of Agriculture.

ленiи быстраго стока съ нея воды; кромѣ того, лѣсъ, перехватывая вѣтеръ, уменьшаетъ быстроту испаренiя и даетъ возможность водѣ глубже впитаться въ почву. Все это имѣетъ вліяніе на климатъ, и потому желательно сохранить нѣкоторыя части естественныхъ лѣсонасажденій и способствовать ихъ появленію въ другихъ мѣстахъ. Благопріятное вліяніе лѣса зависитъ отъ густоты листвы и механическаго препятствія, которое представляютъ ими деревьевъ стоку воды: всѣ породы деревьевъ пригодны съ этой точки зрѣнія, и лѣсное хозяйство должно состоять лишь въ сохраненіи естественныхъ условій, предоставляя остальное благотворному дѣйствію природы. Согласно съ этимъ, въ прежнее время защитники охраны лѣсовъ въ Америкѣ полагали, что достаточно оберегать лѣсъ отъ огня, скота и топора, для того чтобы наши горы сохранили навсегда свою растительность.

«Однако, будетъ ли раціонально и дѣйствительно необходимо отнять у человѣка пользованіе обширною площадью земли, для того чтобы обезпечить благодѣтельное вліяніе лѣса? Въ нѣкоторыхъ мѣстностяхъ, можетъ быть, и трудно соединить охрану лѣсовъ съ извлеченіемъ изъ нихъ дохода, но почти всегда раціональное лѣсное хозяйство можетъ соединить обѣ цѣли, и правильная вырубка лѣса не только не препятствуетъ сохраненію растительности, но, въ разумныхъ рукахъ, еще улучшитъ ее. Сохраненіе лѣсовъ на горахъ и способъ хозяйства для извлеченія изъ нихъ дохода естественно согласуются между собою, потому что сплошная вырубка на крутыхъ склонахъ повлечетъ за собою осушеніе и размытіе поверхности почвы, а возобновленіе растительности потребуетъ затѣмъ большихъ усилій.

«Изъ всего вышеизложеннаго видно, что сохраненіе лѣсной растительности вовсе не исключаетъ возможности полученія дохода, и что обѣ цѣли могутъ быть достигнуты вмѣстѣ, такъ какъ, охраняя лѣсъ, мы можемъ получить изъ него наибольшее количество цѣнныхъ матеріаловъ. Первая цѣль имѣетъ только вліяніе на способы, которыми достигается вторая».

§ 61. Количество выпадающаго дождя.

Въ отношеніи сельскаго хозяйства имѣетъ значеніе не общее количество выпадающаго дождя, а та его часть, которая выпадаетъ во время сельско-хозяйственнаго сезона, и ея распредѣленіе въ теченіи

этого времени. Въ большинствѣ мѣстностей, гдѣ устроено искусственное орошеніе, вовсе нѣтъ недостатка въ годовомъ количествѣ дождя, но онъ выпадаетъ въ несоотвѣтствующее время, что и вызываетъ необходимость орошенія. Въ тѣ годы, когда въ Индіи бываетъ голодъ, дождя выпадало достаточно для полевой растительности, если бы распредѣленіе его по мѣсяцамъ было соотвѣтственно.

Инженеръ Alfred Deakin говоритъ слѣдующее *):

«Безплодныя мѣстности Соединенныхъ Штатовъ, по опредѣленію маіора Powell'я, включаютъ тѣ земли, гдѣ количество выпадающаго дождя менѣе 20 дюймовъ въ годъ. На огромномъ пространствѣ, гдѣ искусственное орошеніе получило наибольшее развитіе, среднее количество дождя бываетъ отъ 10 до 12 дюймовъ, хотя въ нѣкоторыхъ случаяхъ оно значительно удаляется отъ этихъ цифръ: въ сѣверной Калифорніи и въ горахъ по восточной ея границѣ количество дождя достигаетъ 40 дюймовъ, между тѣмъ какъ въ пустыняхъ южной Калифорніи выпадаетъ всего 4 дюйма. Въ западномъ Канзасѣ бываетъ нерѣдко 20 дюймовъ дождя, но онъ идетъ такъ неправильно, что фермеры, которые разсчитываютъ только на дождь, теряютъ во время засухъ больше, чѣмъ получаютъ дохода въ благопріятные годы. Предполагаютъ, что количество выпадающаго дождя въ западныхъ штатахъ постепенно увеличивается, подобно тому, какъ это уже замѣчено въ долинѣ Миссисипи: но этотъ вопросъ вовсе нельзя считать рѣшеннымъ, и правительственный инженеръ штата Колорадо полагаетъ, что оффиціальныя данныя не подтверждаютъ вышесказаннаго положенія. Единственныя положительныя данныя, приводимыя въ защиту этого предположенія, состоятъ въ указаніи, что глубина Соленаго озера въ Юта увеличивается, и что роса замѣчалась въ Greeley, въ сѣверномъ Колорадо, явленіе совершенно небывалое до устройства ирригаціи.

«Необходимость искусственнаго орошенія вызывается не только малымъ годовымъ количествомъ дождя, но и тѣмъ временемъ, въ теченіи котораго онъ идетъ. Въ нѣкоторыхъ частяхъ Дакоты и Миннезоты, гдѣ дождя бываетъ, въ среднемъ, до 20 дюймовъ, сельское хозяйство можетъ существовать безъ искусственнаго орошенія, тогда какъ въ нѣкоторыхъ мѣстностяхъ Техаса, при томъ же количествѣ

*) Irrigation in Western America. Egypt and Italy. by the Hon. Alfred Deakin, M. P. of Victoria.

дождя, хозяйство безъ искусственнаго орошенія совершенно невозможно. Это происходитъ, потому что въ Дакотѣ, во время сельскохозяйственнаго сезона, выпадаетъ почти 75% годового количества дождя, а въ Техасѣ только 50%. Измѣненіе въ распредѣленіи дождя замѣчается дальше по направленію отъ сѣвера къ югу: въ Канзасѣ 65% выпадаетъ весною и лѣтомъ, а въ Санъ-Діего, на крайнемъ югѣ, половина всего количества, 9 дюймовъ, выпадаетъ весною, безъ пользы для земледѣлія. Въ Дакотѣ, а также въ Іовѣ и Номинѣ есть мѣстности, гдѣ устроена ирригація, но ихъ значительно меньше, чѣмъ въ штатахъ, лежащихъ къ югу, гдѣ количество дождя не меньше, но распредѣленіе его несоотвѣтственно росту хлѣбныхъ злаковъ.

«Если бросить взглядъ на карту распредѣленія дождей въ провинціи Викторіи, въ Австраліи, то можно видѣть, что почти половина ея можетъ быть причислена къ безводнымъ мѣстностямъ или къ тѣмъ маловоднымъ, гдѣ искусственное орошеніе безусловно необходимо. Долины на сѣверномъ склонѣ прибрежнаго горнаго хребта и обширная равнина, обнимающая весь сѣверо-западъ провинціи, а также мѣстности, непосредственно лежащія къ сѣверу и западу отъ порта Филлипа, и восточный берегъ Джипсландіи — имѣютъ недостаточное годовое количество дождя. Но эти земли все-таки не могутъ быть названы безводными пустынями по сравненію съ западной Америкой. Въ послѣдней орошаемыя мѣстности южной Калифорніи имѣютъ гораздо болѣе жаркій и сухой климатъ, сходный съ климатомъ Алжира, а не южной Австраліи и не южной Европы. Тамъ не выпадаетъ дождя и не появляется травы въ теченіи нѣсколькихъ сельско-хозяйственныхъ сезоновъ, между тѣмъ какъ въ Викторіи, въ мѣстности за Лебединными горами, весьма нерѣдко бываетъ хорошій урожай травы, несмотря на то, что дождя выпадаетъ 10 дюймовъ и даже меньше.

«Но въ Викторіи количество дождя также недостаточно, чтобы обезпечить урожай, и, кромѣ того, дождь выпадаетъ неравномѣрно и въ несоотвѣтствующее время. Недостатокъ дождя наиболѣе опасенъ во время созрѣванія хлѣбныхъ злаковъ, въ концѣ весны или въ началѣ лѣта. По среднимъ даннымъ за четыре года, въ Horsham дождя выпадаетъ 16 дюйм., а въ Kerong около 10 дюймовъ, изъ которыхъ въ первомъ нѣсколько болѣе, а во второмъ нѣсколько менѣе 25% выпадаетъ въ сентябрѣ, октябрѣ и ноябрѣ. Если бы количество дождя

въ этотъ періодъ было больше, то фермеры сѣверной части Викторіи могли бы надѣяться на постоянный урожай; а теперь жатва погибаетъ каждые два или три года. Такимъ образомъ, относительно количества выпадающаго дождя, Викторія находится въ лучшихъ условіяхъ, чѣмъ западные штаты Сѣверной Америки, за исключеніемъ Канзаса: при устройствѣ же искусственной ирригаціи, количество доставляемой воды можетъ быть уменьшено, а въ нѣкоторые исключительные годы вовсе не представится надобности въ орошеніи. Такія обстоятельства встрѣчаются и въ Сѣверной Америкѣ, но очень рѣдко, и потому они не измѣняютъ вышесказаннаго общаго взгляда. Впрочемъ, для того, чтобы сравненіе Австраліи и Америки могло быть сдѣлано совершенно правильно, необходимо имѣть свѣдѣнія о количествѣ дождя, выпадающаго въ Викторіи въ теченіи достаточнаго числа лѣтъ; затѣмъ, надо изслѣдовать почву во многихъ мѣстностяхъ, потому что опытъ Америки показываетъ, что сухая почва, совершенно безплодная при обыкновенныхъ условіяхъ, можетъ давать превосходные урожаи при хорошемъ орошеніи и послѣ обработки въ теченіи нѣсколькихъ лѣтъ. Нужно также опредѣлить количество воды, требуемой для орошенія, въ зависимости отъ температуры, и потерю отъ испаренія: послѣднее еще не опредѣлено точно во многихъ штатахъ, хотя удостовѣрено, что во многихъ безводныхъ мѣстностяхъ оно бываетъ свыше 6 дюймовъ въ годъ.

«Находясь въ лучшихъ условіяхъ, сравнительно съ Америкой, Викторія во всякомъ случаѣ стоитъ ниже Индіи, Италіи и Франціи, гдѣ дождя выпадаетъ вдвое больше. Поэтому естественно является мысль о необходимости устройства въ Викторіи искусственнаго орошенія, и не только тамъ, гдѣ дождя выпадаетъ очень мало, но и въ другихъ мѣстностяхъ, гдѣ количество дождя и его распредѣленіе не могутъ вполнѣ обезпечить урожай».

Въ статистическомъ обозрѣніи по орошенію Индіи за 1887—88 годъ говорится, по поводу годичнаго количества выпадающаго дождя, слѣдующее:

«Нерѣдко утверждаютъ, что выгодность устройства ирригаціонной системы въ какой-либо мѣстности можетъ быть измѣряема количествомъ выпадающаго тамъ дождя. Несомнѣнно, что количество дождя должно быть принимаемо въ соображеніе, но нельзя оставить безъ вниманія и многихъ другихъ условій, которыя могутъ имѣть такое

же. и даже можетъ быть большее, вліяніе на доходность предпріятія. Напримѣръ, въ Бомбеѣ дождей очень мало, а въ Мадрасѣ они обильны; между тѣмъ, въ первомъ случаѣ—искусственное орошеніе совершенно не окупается, а во второмъ—оно наиболѣе доходно. Еще болѣе поразительный случай можно видѣть въ самой провинціи Мадрасъ. Каналъ Cauvery, орошающій обширную площадь и приносящій большій процентъ дохода, чѣмъ какая бы то ни было другая ирригаціонная система въ Индіи, идетъ по мѣстности, гдѣ среднее годовое количество дождя равно 53,9 дюйма. Другой каналъ. Kurnool, который совершенно бездоходенъ, проходитъ по мѣстности, въ разстояніи 300 миль отъ канала Cauvery, гдѣ количество выпадающаго дождя только 28,9 дюйма, т. е. почти вдвое меньше. Причина такой разницы необъяснима по даннымъ о количествѣ выпадающаго дождя: но она вполнѣ понятна, если принять въ соображеніе общія климатическія условія. Климатъ Мадраса позволяетъ получать съ полей двѣ и даже три жатвы риса въ годъ, что невозможно при рѣзкихъ измѣненіяхъ температуры въ Бенгаліи».

ТАБЛИЦА XIX. Статистическія

Растительность.	Мѣстность.	Количество дождя во время сельскохозяйств. сезона.	Размѣръ искусственнаго орошенія.	Общее количество дождя и орошенія.	Число орошеній.
		Дюймы	Дюймы.	Дюймы.	
Хлѣбн. злаки, пшеница, овесъ.	Нижній Бенгалъ, Патна .	2,21	9	11,21	2 до 4
" " " "	Южная Индія, Мадрасъ . .	7,33	9	16,33	2 до 4
" " " "	Пенджабъ, Лагоръ	4,29	—	4,29	—
" " " "	Пьемонтъ, Сѣв. Италія . . .	17,50	—	17,50	—
" " " "	Устье Роны, Франція . . .	6,30	5	11,30	1 до 3
" " " "	Дебреценъ, Венгрія	14,26	—	14,26	—
" " " "	Алжиръ, Испанія	6,00	—	6,00	—
" " " "	Іоркширъ, Англія	12,73	—	12,73	—
" " " "	Дублинъ, Ирландія	13,04	—	13,04	—
" " " "	Миннесота, Сѣвер. Штаты . .	10,35	—	10,35	—
" " " "	Верхнее Миссури	11,23	—	11,23	—
" " " "	Нижнее Миссури	13,00	—	13,00	—

Затѣмъ, большое вліяніе имѣетъ распредѣленіе дождя по временамъ года, качество почвы, способъ ея обработки и еще многія другія обстоятельства. Все это далеко не всегда принималось въ соображеніе, и оттого многія ирригаціонныя сооруженія не оказались настолько выгодными, какъ предполагалось.

По этому поводу можно привести также слѣдующее извлеченіе изъ журнала Engineering News отъ 11 мая 1889 года:

«Нѣтъ другой мѣстности въ Калифорніи, гдѣ населеніе такъ бы хлопотало объ устройствѣ орошенія, какъ въ Colusa County, гдѣ дождя выпадаетъ 30 дюймовъ въ годъ. Тамъ существуетъ два рода земель, требующихъ орошенія: одни, которыя могутъ давать жатву безъ орошенія, но удваиваютъ урожай при правильномъ орошеніи. въ размѣрѣ около кубическаго фута въ секунду на 150 экровъ въ теченіи сельско-хозяйственнаго сезона; другія земли не даютъ ничего безъ искусственнаго орошенія».

Нижеслѣдующая таблица взята изъ статьи инженера P. O'Meara въ Transactions of the Institution of Civil Engineers, vol. LXXIII.

данныя по ирригаціи.

Ирригаціонный сезонъ.	Средняя влажность воздуха.	Средняя температура по Цельсію.	Авторы данныхъ.	Замѣтки.
Отъ Ноября до Апр. включ.	60,2	21	Allan Wilson	Дождев. таблицы Блэндфорда.
„ Дек. до Апр. включ. .	65,6	27	„ „	„ „ „
„ Окт. до Марта включ.	51,0	17	—	„ „ „
„ Апр. до Іюля включ. .	—	—	Полк. Baird Smith . .	—
„ Апр. до Авг. включ. .	—	—	George Wilson	—
„ Марта до Іюля включ.	—	—	—	Дождевыя таблицы Chiolich.
„ „ „ „	—	—	George Higgin	—
„ Февр. до Іюля включ.	—	10	—	Дождев. таблицы Breadmore.
„ „ „ „	—	—	—	„ „ „
„ Мая до Іюля включ. .	—	—	—	Оффиціальн. данныя о количествѣ выпадающ. дождя.
„ „ „ „	—	—	—	Оффиціальн. данныя о количествѣ выпадающ. дождя.
„ „ „ „	—	—	—	Оффиціальн. данныя о количествѣ выпадающ. дождя.

Растительность.	Мѣстность.	Количество дождя во время сельскохозяйств. сезона.	Размѣръ искусственнаго орошенія	Общее количество дождя и орошенія.	Число орошеній.
		Дюймы.	Дюймы.	Дюймы.	
Хлѣбн. злаки. пшеница, овесъ.	Верхнее Миссисипи	11,25	—	11,25	—
„ „ „ „	Колорадо, Poudre Valley . .	5,67	43	48,67	3
„ „ „ „	Колорадо, Fort Collins . . .	4,50	—	4,50	—
Рисъ, первая жатва	Нижній Бенгалъ, Патна . .	25,33	26	51,33	Неопр.
„ вторая жатва	„ „ „ . .	30,14	40	70,44	„
„ первая жатва	Южная Индія, Мадрасъ . .	10,31	26	36,31	„
„ вторая жатва	„ „ „ . .	38,06	40	78,06	„
Рисъ	Валенсія, Испанія	7,29	139	146,29	„
„	Пьемонтъ. Сѣв. Италія . . .	25,19	62	87,19	100
Горный рисъ	Іеддо, Японія	51,00	—	51,00	—
Сахарный тростникъ	Нижній Бенгалъ, Патна . .	45,83	60	105,83	Неопр.
„ „	Южная Индія, Мадрасъ . .	48,56	60	108,56	„
„ „	Раникетъ, Ниж. Гималаи . .	48,56	—	48,56	—
„ „	Ямайка	40,80	—	40,80	—
„ „	Наталь, Южн. Африка . . .	38,78	—	38,78	—
„ „	Остр. Маврикія	47 до 90	—	47 до 90	—
Картофель	Колорадо, Poudre Valley . .	6,00	6	12,00	2
„	Дублинъ, Ирландія	16,00	—	16,00	—
Лѣтнія кормовыя травы .	Колорадо, Poudre Valley . .	6,00	43	49,00	Неопр.
„ „ „ . .	Южная Франція	9,00	60	69,00	„
„ „ „ . .	Италія	22,00	42	64,00	18
„ „ „ . .	Дублинъ, Ирландія	8,22	—	8,22	—
Люцерна, или Альфальфа . .	Устья Рона	9,00	37,5	46,50	Неопр.
„ „ „ . .	Колорадо.	6,00	5	11,00	„
Indian Corn.	Сѣв. Италія	22,00	23,58	45,58	6
„ „	Добречинъ, Венгрія	12,79	Неопред.	12,79	Неопред.
„ „	Наталь. Южн. Африка . . .	24,59		24,59	
Хлопчатникъ	Цент. Индія. Сутни	43,00		43,00	
Joár, или Joseph's Corn. . .	Колорадо, Greeley	6,00	—	6,00	—
„ „ „ . .	Цент. Индія	33,48	—	33,48	—
Виноградники	Калифорнія. Сань-Бернардино.	2,00	3—12	5 до 15	2 до 4
Апельсинныя рощи	Калифорнія, Riverside	10,05	10	20,05	Неопр
„ „	„	10,05	0,5	10,55	„
„ „	Дурбанъ. Наталь.	49,74	—	49,74	—

Сельско-хозяйственный сезонъ.	Средняя влажность воздуха.	Средняя температура по Цельсію.	Авторы данныхъ.	Замѣтки.
Отъ Мая до Іюля включ.	—	—	—	Оффиціальн. данныя о количествѣ выпадающ. дождя.
„ „ „ „	—	—	Авторъ	
„ „ „ „	—	—	Prof. Blount	
„ Іюня до Авг. включ.	73,0	30	Allan Wilson	—
„ Авг. до Дек. включ. .	57,0	21½	W. W. Hunter . .	—
„ Іюня до Авг. включ. .	60,0	30	Allan Wilson	—
„ Авг. до Дек. включ. .	69,0	27	W. W. Hunter . . .	139 — относится къ числу даваемой и неупотребимой воды.
„ Марта до Сент. включ.	—	21½	George Higgin	
„ Марта до Авг. включ.	—	—	Полк. Baird Smith . .	Взято годовое количество дождя.
„ „ „ „	—	—	Gen. Gen. Van Buren .	
„ Янв. до Дек. включ. .	59,0	25½	Allan Wilson	—
„ „ „ „	65,0	28½	» »	—
„ „ „ „	—	16	Полк. Greathead . . .	—
„ „ „ „	—	—	Геологич. Общество .	Руководство по Геологіи.
„ „ „ „	—	—	«Natal Colon.» Окт., 79 г.	—
Неизвѣстно.	—	—	Авторъ	—
Отъ Апр. до Авг. включ.	—	—	»	Дождев. таблицы Breadmore.
„ Февр. до Авг. включ.	—	—	»	Одно орошеніе общимъ наводненіемъ.
„ Апр. до Авг. включ. .	—	—	»	
Неизвѣстно.	—	—	George Wilson . . .	Дождев. таблицы Breadmore.
„	—	—	Полк. Baird Smith . .	—
Отъ Марта до Іюня включ.	—	—	—	Шесть общихъ затопленій.
Неизвѣстно.	—	—	George Wilson	4 общихъ затопленія въ 3-мъ и послѣдующихъ годахъ.
„	—	—	«Colorado Farmer» . .	
Отъ Апр. до Іюля включ.	—	—	Полк. Baird Smith . .	—
„ „ „ „	—	—	—	Chiolich.
„ Сент. до Дек. включ.	—	—	Авторъ	Отчетъ Ботаническаго сада въ Дурбанѣ.
„ Іюня до Сент. включ.	65,0	29	Полк. Greathead . . .	Для черной хлопчатобумажной почвы.
„ Мая до Авг. включ. .	—	—	«Colorado Farmer» . .	
„ Іюня до Авг. включ. .	63,0	29½	George Higgin	Imperial Gazetter. vol. IV. p. 80.
—	—	—	Отчетъ	—
„ Мар. до Мая и въ Окт.	—	—	—	Орошеніе затопленіемъ. Приведено годов. количество дождя.
„ Марта до Сент. включ.	—	—	»	Подпочвенное орошеніе.
„ „ „ „	—	—	»	Взято годовое количество дождя.
„ „ „ „	—	—	—	

§ 62. Испареніе воды.

Въ странахъ, гдѣ ирригація устроена въ обширныхъ размѣрахъ, наблюденія надъ количествомъ испаряющейся воды показываютъ, что сила испаренія колеблется въ довольно ограниченныхъ предѣлахъ. Нижеприведенныя данныя изъ опытовъ и наблюденій въ Америкѣ, Италіи, Франціи, Испаніи, Италіи, Индіи и Египтѣ доказываютъ это.

По даннымъ правительственнаго инженернаго департамента въ Калифорніи, среднее годовое испареніе у Кингсбургскаго моста, въ графствѣ Tulare, составляетъ 3,85 фута, въ томъ случаѣ, когда сосудъ поставленъ въ рѣку, и—4,96 фута, если сосудъ находится на воздухѣ. Слѣдовательно, средняя испаряемость въ день составляетъ въ первомъ случаѣ $^1/_6$ дюйма, а во второмъ около $^3/_{16}$ дюйма. Наибольшее испареніе бываетъ въ августѣ—$^1/_8$ общаго годового количества, или почти $^1/_3$ дюйма въ день. Въ тѣ мѣсяцы, когда орошеніе производится въ наибольшемъ размѣрѣ, испареніе составляетъ: въ мартѣ—$^1/_{12}$, въ апрѣлѣ—$^1/_{12}$ и въ маѣ—$^1/_5$ дюйма въ день.

Инженеръ Walter H. Graves говоритъ *):

«Размѣръ испаренія представляетъ почти постоянную величину.

. . . . . .

«Наблюденія и опыты, сдѣланные мною въ различныхъ частяхъ Колорадо, показываютъ, что испареніе можно считать отъ 0.088 до 0.16 дюйма въ день во время оросительнаго сезона».

Такой размѣръ испаренія, можетъ быть, покажется слишкомъ малымъ; поэтому приведемъ результаты наблюденій въ другихъ странахъ.

Полковникъ Baird Smith, въ своемъ сочиненіи объ ирригаціи въ Италіи, назначаетъ размѣръ ежедневнаго испаренія для сѣверной Италіи и центральной Франціи отъ $^1/_{12}$ до $^1/_9$ дюйма; въ болѣе южныхъ мѣстностяхъ, подъ вліяніемъ жаркаго вѣтра, испареніе увеличивается и достигаетъ $^1/_5$ или $^1/_6$ дюйма въ день.

Общее ежегодное испареніе въ окрестностяхъ Мадрида, въ Испаніи, было опредѣлено въ 1867 г. въ 65 дюймовъ **). Въ іюлѣ того же года.

*) Irrigation and Agricultural Engineering in Transactions of the Denver Society of Engineers. 1886.

**) Irrigation in Spain, by George Higgin, M. Inst. C. E., in Transactions of the Institution of Civil Engineers. Vol. XXVII. 1867—68.

по отчетамъ королевской обсерваторіи, испареніе составляло $13^1/_2$ дюймовъ, или меньше $^1/_2$ дюйма въ день, а въ маѣ того же года оно было только $^1/_4$ дюйма въ день.

Въ 1867 г. іюль былъ самый жаркій мѣсяцъ, и испареніе въ теченіи этого мѣсяца для канала Henares, расходующаго 105 куб. ф. въ секунду, было не болѣе $^3/_4\,^0/_0$ общаго количества воды.

Инженеръ W. W. Culcheth [1]) говоритъ, что, по его изслѣдованіямъ, на Гангесскомъ каналѣ, въ сѣверной Индіи, потерю воды отъ испаренія съ орошенной поверхности почвы можно принять около $^1/_4$ дюйма въ день.

Наблюденія доктора Murray Thompson [2]) во время жаркаго сезона въ сѣверной Индіи, когда дулъ особенно горячій вѣтеръ, показали, что средняя величина испаренія составляетъ $^1/_2$ дюйма въ 24 часа.

Въ Деканѣ, въ Гайдерабадѣ, испареніе съ поверхности резервуара было опредѣлено 0,165 дюйма въ день. Въ Нагпурѣ [3]) общій размѣръ испаренія съ октября 1872 года по іюнь 1873 г.—былъ 4 фута: слѣдовательно, средняя величина, для періода въ 242 дня, составляетъ 0.198 дюйма, или около $^1/_5$ дюйма въ день.

Полковникъ Fyfe [4]) принимаетъ для большихъ резервуаровъ въ Индіи, площадью около 2 кв. миль, общее годовое испареніе около 3 футъ въ Деканѣ и нѣсколько меньше въ округѣ Concan.

Маіоръ Allan Cunningham [5]) производилъ въ теченіи 25 мѣсяцевъ наблюденія надъ размѣромъ испаренія въ Гангесскомъ каналѣ въ 1876—79 годахъ. Онъ нашелъ, что въ нѣкоторыхъ мѣстностяхъ испареніе очень мало, какъ, напримѣръ, $^1/_{10}$ дюйма въ день, около Roorkee. Но все-таки, какъ среднюю величину испаренія, для Индіи надо принять около $^1/_2$ дюйма. Наблюдаемая незначительность испаренія вызвала подозрѣніе, что на мѣстность поступала вода изъ какихъ-нибудь другихъ источниковъ: но, разсмотрѣвъ подробно всѣ

---

[1]) Transactions of the Institution of Civil Engineers. Vol. LXXIX.

[2]) Professional Papers on Indian Engineering. Vol. V. Second Series.

[3]) The Nagpur Waterworks, by A. R. Binnie, M. Inst. Civ. Eng., in Transactions Institution of Civil Engineers. Vol. XXXIX.

[4]) Transactions Institution of Civ. Engineers. Vol. XXXIX. 1874—75

[5]) Recent Hydraulic Experiments in Transactions of the Institution of Civil Engineers. Vol. LXXI. 1883.

обстоятельства такого явленія и принимая въ соображеніе течь черезъ банкеты каналовъ, дождь, росу и тайное пользованіе водою. вышеупомянутые результаты можно признать правильными. Впрочемъ, дѣйствительная причина малой величины испаренія можетъ заключаться также въ низкой температурѣ воды канала, напримѣръ 22-го мая 1877 года, въ $2^1/_2$ часа по полудни, температура воздуха была 74° C. на солнцѣ и 41° въ тѣни; между тѣмъ температура воды была только 19° въ шлюзѣ и $18^1/_2$° въ каналѣ; наибольшая температура воды не превышала 24°. Это объясняется тѣмъ, что каналъ начинается отъ Гангеса. при самомъ выходѣ его изъ ущелья, гдѣ еще чувствуется вліяніе ледниковой воды, питающей рѣку. Далѣе, внизъ по теченію канала, размѣръ испаренія дѣлается больше: изъ 28 наблюденій. сдѣланныхъ около Roorkee, средняя величина испаренія опредѣлилась 0,1 дюйма, а по 12 наблюденіямъ около Kanhera. на растояніяхъ отъ 18 до $52^1/_2$ миль ниже головы канала, испареніе достигаетъ въ среднемъ 0,15 дюйма. Это, конечно, происходитъ отъ постепеннаго нагрѣванія воды солнечными лучами.

Если принять для разсчета величину испаренія около Roorkee, т. е. $^1/_{10}$ дюйма въ день, — то общее испареніе со всей площади канала и его вѣтвей, составляющей 487,000,000 кв. футъ, соотвѣтствуетъ расходу воды въ каналѣ 47 куб. футъ въ секунду, или не болѣе $^1/_{150}$ части общаго расхода, т. е., другими словами, расходу воды въ каналѣ въ теченіи 10 минутъ ежедневно.

Трудно установить какое-либо соотношеніе между силой испаренія и метеорологическими явленіями: главное значеніе здѣсь имѣетъ, очевидно, количество ледниковой воды, стекающей въ Гангесъ.

По наблюденіямъ инженера Lamairesse *) въ Пондишери, дневное испареніе можно принять отъ $^3/_{10}$ до $^1/_2$ дюйма.

Инженеръ Trautwine, изъ наблюденій въ тропическихъ странахъ, принимаетъ величину дневного испаренія въ $^1/_8$ дюйма; но онъ замѣчаетъ, что воздухъ въ этихъ странахъ насыщенъ влажностью.

Инженеръ Willcocks, въ своей книгѣ объ ирригаціи въ Египтѣ. говоритъ, что египетскій инженеръ Линантъ-Паша принимаетъ для верхняго Египта величину испаренія около $^1/_2$ дюйма въ день въ

*) The Irrigation of French India in Professional Papers on Indian Engineering. Volume I. Second Series.

теченіи цѣлаго года. Собственныя наблюденія Willcocks'a даютъ величину годового испаренія въ верхнемъ Египтѣ въ 6 футъ, а въ нижнемъ Египтѣ въ 2,4 фута въ годъ.

Нижеслѣдующая таблица, приводимая генераломъ Scott Moncrieff, показываетъ общія данныя относительно температуры и количества выпадающаго дождя въ Оранжѣ, 18 миль сѣвернѣе Авиньона, и въ Марсели, за періоды времени въ 30 и 32 годахъ.

ТАБЛИЦА XX.

Температура и количество дожля, выпадающаго на югѣ Франціи.

Мѣстность.	Средняя температура въ градусахъ Цельсія.			Высшая температура.	Низшая температура.	Годовое количество дождя въ дюймахъ.	Число дождливыхъ дней.
	Лѣто.	Зима.	Годовая.				
Оранжъ	21½	5	13	40	—15	26,6	96
Марсель	21	7½	15	30½	— 5½	12,8	59

Эта таблица наглядным образомъ показываетъ вліяніе моря на климатическія условія мѣстности: крайняя разность температуръ въ Марсели только 36°, а въ Оранжѣ 54° С. Годовое количество дождя, какъ оно ни мало, не указываетъ на тѣ страшныя засухи, отъ которыхъ страдаетъ эта часть Франціи, но въ Авиньонѣ случается, что въ теченіи трехъ самыхъ жаркихъ мѣсяцевъ, іюня, іюля и августа, не выпадаетъ ни капли дождя. Размѣръ испаренія на равнинахъ Лангедока, не въ далекомъ разстояніи отъ Авиньона, опредѣленъ въ 0,079 дюйма въ день, и эту величину можно, вѣроятно, принять для всего Прованса.

§ 63. Просачиваніе.

Потеря воды въ каналахъ и резервуарахъ отъ просачиванія, въ общемъ смыслѣ этого слова, происходитъ отъ поглощенія воды грунтомъ, фильтраціи воды черезъ банкеты и отъ вытеканія воды черезъ поврежденныя части береговъ. Въ послѣднемъ случаѣ, если течь значительна, берега канала и банкеты скоро будутъ окончательно разрушены.

Въ каждомъ новомъ каналѣ, проходящемъ по песчанистымъ грунтамъ, потеря воды отъ просачиванія бываетъ весьма значительна въ первое время; но постепенно грунтъ насыщается водою, и пористость его уменьшается отложеніемъ иловатыхъ и глинистыхъ частицъ. Дно канала находится въ тѣхъ же условіяхъ ,какъ всякій фильтръ, устраиваемый при водоснабженіи. Извѣстно, что песчаный слой, употребляемый въ фильтрахъ, долженъ быть по временамъ возобновляемъ, съ употребленіемъ новаго, чистаго, или стараго, промытаго, песку, иначе онъ перестаетъ дѣйствовать. потому что промежутки между частицами песка заполняются отлагающимся изъ воды иломъ. То же самое явленіе происходитъ и въ песчаномъ ложѣ канала, съ тою только разницею, что заполненіе промежутковъ происходитъ медленнѣе: текучая вода въ каналѣ не сразу осаждаетъ находящіяся въ ней частицы ила, но уноситъ ихъ частью дальше, къ орошаемымъ полямъ *).

Инженеръ Walter H. Graves, въ статьѣ, читанной въ обществѣ инженеровъ города Денвера, въ Колорадо, въ 1866 году, говоритъ:

«Потеря воды отъ просачиванія зависитъ, главнымъ образомъ, отъ качества почвы и постепенно уменьшается съ теченіемъ времени. Испареніе представляетъ почти постоянную величину, въ зависимости отъ географической широты и мѣстныхъ метеорологическихъ условій. Общая потеря воды отъ этихъ двухъ факторовъ въ старыхъ каналахъ составляетъ около 12%».

Инженеръ P. O'Meara, въ статьѣ, помѣщенной въ Minutes of Proceedings of Inst. Civ. Eng. за 1883 г., замѣчаетъ:

«Количество доставляемой для орошенія воды, исчисляемое въ верховьяхъ канала, постепенно уменьшается послѣ начала дѣйствія ирригаціонной системы, до тѣхъ поръ, пока не установится постоянное соотношеніе между потерей воды отъ просачиванія и испаренія и количествомъ воды, необходимымъ собственно для орошенія... Когда предполагаемая система орошенія въ Колорадо достигнетъ полнаго развитія, то весьма возможно, что потеря воды будетъ только отъ испаренія, и вода, утрачиваемая черезъ просачи-

*) Report on the proposed Works of the Tulare Irrigation District, California, by P. J. Flynn, C. E.

ваніе, вернется назадъ въ нижнія части оросительной сѣти почти въ томъ же объемѣ».

Инженеръ Boyd, президентъ управленія земледѣліемъ въ Колорадо, въ своемъ сообщеніи обществу гражданскихъ инженеровъ, заявляетъ:

«Въ распредѣлительномъ каналѣ, длиною 2 мили, съ расходомъ воды 6 куб. футовъ въ секунду, не менѣе одной десятой всего расхода теряется на просачиваніе и испареніе».

Инженеръ E. B. Dorsey, въ статьѣ, помѣщенной въ Transactions of the Am. Soc. C.E. vol. XVI 1887, указываетъ, что потеря воды отъ просачиванія и испаренія опредѣляется для нѣкоторыхъ каналовъ въ Колорадо до 50%; это, очевидно, слишкомъ много и происходитъ частью отъ дурныхъ качествъ почвы, а главнымъ образомъ отъ плохого устройства всѣхъ сооруженій. При обыкновенныхъ условіяхъ наибольшая потеря не превышаетъ 20% и уменьшается впослѣдствіи, когда дно и берега канала покроются осадками ила.

Инженеръ Джорджъ Андерсонъ *), который производилъ изслѣдованія на каналѣ High Line, въ Колорадо, въ серединѣ іюня 1886 года, нашелъ, что изъ 156 куб. футовъ воды въ секунду, проходящихъ черезъ головной шлюзъ, только 80 куб. футовъ остаются въ каналѣ, на растояніи 45 миль отъ головного шлюза, причемъ на всемъ этомъ протяженіи вода не берется на орошеніе. Это наблюденіе было сдѣлано въ самое жаркое и сухое время исключительно жаркаго лѣта въ Колорадо. Почва этого канала во многихъ мѣстахъ чрезвычайно водопроницаема; въ ней залегаютъ прослойки мелкаго песку, а тамъ, гдѣ каналъ проходитъ по скалистому грунту, скала имѣетъ много трещинъ; кромѣ того, линія канала имѣетъ большія кривизны, что оказываетъ также большое вліяніе на потерю воды. Можно надѣяться, что положеніе дѣла постепенно улучшится вслѣдствіе заполненія пустотъ и трещинъ иломъ, но все-таки врядъ ли можно разсчитывать на потерю менѣе 25%.

Въ статьѣ инженера C. Greaves **) утверждается, что просачиваніе черезъ обыкновенный грунтъ бываетъ въ три раза меньше.

*) Transactions of the American Society of Civil Engineers. Volume XVI, 1887.
**) Transactions of the Institution of Civil Engineers. Vol. XLV, 1876.

чѣмъ черезъ песокъ, но зато испареніе съ поверхности песчаной почвы въ четыре раза меньше.

Инженеръ G. F. Ritso, описывая орошеніе Кентерберійской равнины въ новой Зеландіи, говоритъ *):

«Въ каналахъ, проведенныхъ по напосной почвѣ, потеря отъ просачиванія не велика, такъ какъ осажденіе ила дѣлаетъ почву водопепроницаемой».

Для канала Martesana, въ Италіи, съ расходомъ 981 куб. футъ въ секунду, при длинѣ 28 миль, потеря воды, отъ просачиванія, испаренія и незаконнаго пользованія, составляетъ 3,75 куб. фута въ секунду на каждую милю длины канала. Въ этой цифрѣ, слѣдовательно, является новый факторъ—незаконное пользованіе.

Итальянскіе инженеры исчисляютъ, что въ Ломбардіи, при орошеніи затопленіемъ слоемъ воды въ 4 дюйма, отъ $^1/_3$ до $^1/_2$ всего количества воды впитывается въ почву. Эти данныя относятся къ орошенію при кругооборотѣ въ 14 дней. Вода, оставшаяся непоглощенною, возвращается въ каналы низшаго уровня и употребляется на орошеніе нижележащихъ земель.

Потеря воды въ Марсельскомъ каналѣ, во Франціи, отъ просачиванія, испаренія и нахожденія въ осадочныхъ бассейнахъ, была опредѣлена въ 58 куб. футовъ воды въ секунду, что составляетъ 16% общаго расхода 353 куб. фута.

Ribera опредѣлилъ общую потерю отъ испаренія и просачиванія для канала Изабеллы, въ Испаніи, дно и берега котораго обдѣланы каменной кладкой, только въ 2%.

Nadault de Buffon принимаетъ среднюю потерю отъ испаренія и просачиванія въ 15%, не указывая, однако, какимъ мѣстнымъ условіямъ соотвѣтствуетъ такая потеря.

При проектированіи канала изъ рѣки Роны, во Франціи, съ расходомъ 2000 куб. фут. въ секунду, предполагалось, что $^1/_6$ этого расхода будетъ потеряна отъ просачиванія, испаренія и другихъ причинъ.

При проектированіи канала Agra, въ Индіи, принималась потеря отъ поглощенія воды грунтомъ и просачиванія въ 0,23 куб. фута въ секунду на каждыя 100 куб. футовъ общаго расхода и на каждую милю длины канала.

*) Transactions of the Institution of Civil Ingineers. V. LXXIV. 1883.

Послѣ постройки водохранилища Ashti Tank, въ Индіи, наблюденія показали, что изъ общаго количества воды 1.348.192.450 куб. футовъ потеря отъ испаренія, просачиванія и прониканія въ подпочву составляетъ 233.220.240 куб. футовъ, или около 18%.

Въ отчетѣ по ирригаціи Бомбейскаго президентства, за 1889—1890 годъ, исчисляется потеря воды въ вышеуказанномъ водохранилищѣ слоемъ въ 7,08 фута, и затѣмъ приводятся данныя относительно потери воды въ небольшихъ капалахъ: для канала Palkhed, длиною 14,87 мили, потеря составляетъ 0,14 куб. фута въ секунду на милю, или около 48% всего расхода: для канала Ojhar Támbat (1,75 мили длины) потеря была 0,49 куб. фута въ секунду, или около 30%.

Указанныя потери очень велики, и онѣ бываютъ весьма рѣдко въ тѣхъ капалахъ, вода которыхъ несетъ илъ и которые работаютъ уже нѣсколько лѣтъ.

Для Гангесскаго канала, несущаго, по крайней мѣрѣ, 6000 куб. футовъ въ секунду, была опредѣлена полковникомъ Brownlow потеря воды до 20% во время засухи въ октябрѣ 1868 года. Brownlow полагаетъ, что потеря въ 20% отъ поглощенія воды грунтомъ во время засухи не можетъ считаться большою, но что продолжительное снабженіе канала большимъ количествомъ воды должно, черезъ нѣкоторое время, значительно уменьшить потерю, такъ какъ грунтъ будетъ насыщенъ водою.

При первоначальномъ проектѣ Гангесскаго канала, его расходъ былъ принятъ въ 6750 куб. футовъ, причемъ была назначена потеря въ 1000 куб. футовъ въ секунду на испареніе, просачиваніе и потребности судоходства.

Инженеръ J. S. Beresford изъ опыта въ Индіи выводитъ заключеніе, что старые каналы имѣютъ большую полезную массу воды чѣмъ новые, т. е., другими словами, въ нихъ бываетъ меньше потери воды отъ просачиванія въ грунтъ.

Инженеръ Sir B. Baker *) замѣчаетъ слѣдующее: «Въ легко проницаемой водою почвѣ Египта невозможно удержать воду въ рѣкахъ и каналахъ возвышеніемъ береговъ, потому что вода проникнетъ на поверхность почвы подземнымъ путемъ. Удостовѣрено,

*) Transaction of the Institution of Civil Engineers. Vol. LXXIII, 1883.

что рѣчная вода просачивается въ грунтъ въ теченіи недѣли на разстояніе 1 мили отъ берега, а въ колодцѣ, на разстояніи одной мили отъ берега, замѣчаются колебанія, соотвѣтствующія колебаніямъ горизонта воды въ рѣкѣ, но на недѣлю позже. Подобное обстоятельство представило бы большое затрудненіе при устройствѣ дренажа въ Лондонѣ, и если бы приливъ и отливъ происходили не въ періодъ 12 часовъ, а въ теченіи недѣли, то большая часть низменныхъ мѣстностей Лондона испытывала бы большія неудобства отъ прониканія въ грунтъ приливной воды. Но въ короткій періодъ прилива вода не успѣваетъ проникнуть далеко и произвесть разрушительное гидростатическое давленіе на основаніе фундаментовъ зданій, расположенныхъ около рѣки.

§ 64. Стокъ воды.

(Дренажъ орошаемой мѣстности).

Стокъ воды съ орошаемой мѣстности происходитъ обыкновенно самъ собою, если только естественныя линіи стока оставлены свободными и не преграждены ирригаціонными или какими нибудь другими искусственными сооруженіями. Но есть мѣстности, которыя, при своихъ естественныхъ условіяхъ, подвергаются наводненіямъ во время сильныхъ дождей, и въ такихъ случаяхъ, при устройствѣ ирригаціи, необходимо принять мѣры для обезпеченія свободнаго стока воды: безъ этого устройства ирригація не достигнетъ своей цѣли, а мѣстность сдѣлается нездоровою.

Въ Америкѣ, къ сожалѣнію, даже при сравнительно недавнемъ устройствѣ ирригаціи, не обращали достаточнаго вниманія на сохраненіе естественныхъ линій стока воды и нерѣдко пересѣкали ихъ оросительными канавами, въ которыя поступала стекающая съ выше лежащей мѣстности вода. Вмѣстѣ съ тѣмъ, размѣры этихъ каналовъ не были увеличены соотвѣтствующимъ образомъ, и они не могли пропустить всю собирающуюся въ нихъ воду.

Если вода не можетъ стекать свободно съ поверхности и изъ подпочвы, то грунтъ насыщается водою и принимаетъ болотистый характеръ. Застой воды приноситъ вредъ растительности и порождаетъ различныя болѣзни и эпидеміи. Такія явленія существуютъ во многихъ ирригаціонныхъ округахъ Америки, наглядно показывая

весь вредъ, происходящій отъ этого. Наименьшее зло, приносимое застоемъ воды, заключается въ появленіи сорныхъ травъ, а затѣмъ многіе участки приходится оставлять невоздѣланными. Такимъ образомъ, земледѣлецъ несетъ денежные убытки и вмѣстѣ съ тѣмъ подвергается болѣзнямъ.

При устройствѣ оросительной системы, не обращая вниманія на необходимость обезпечить свободный стокъ воды, весьма легко превратить мѣстность въ такую, какую мы видимъ въ окрестностяхъ естественныхъ болотъ. Поэтому, въ будущемъ придется устраивать весьма цѣнныя сооруженія, чтобы устранить недостатки первоначальнаго проекта. Въ прошлые годы, когда наука не давала еще точныхъ данныхъ для проектированія оросительныхъ сооруженій, подобныя ошибки могли имѣть мѣсто, но въ настоящее время онѣ не имѣютъ никакого оправданія.

При перестройкѣ канала Western Jumna, въ 1820 г., первоначальное дурное расположеніе канала было сохранено. Вмѣсто того, чтобы проложить его по линіямъ водораздѣловъ, его провели по склонамъ, гдѣ, пересѣкаясь съ линіями естественнаго стока воды, онъ сдѣлался причиною появленія болотъ въ такихъ мѣстахъ, которыя совершенно пригодны для культуры. Этимъ онъ отнялъ у бѣднаго и несущаго тяжелые налоги народа необходимую для него землю и, кромѣ того, вызвалъ появленіе болѣзней и эпидемій.

Излишнее насыщеніе почвы водою въ нѣкоторыхъ случаяхъ дѣлаетъ ее болотистою и потому непригодною для культуры, а въ другихъ производитъ выщелачиваніе (т. е. вымываніе находящихся въ грунтѣ минеральныхъ солей), причемъ выносимыя на поверхность соли образуютъ на ней особый налетъ, называемый *alkali* въ Америкѣ и *reh* въ Индіи, дѣлающій почву негодною для культуры.

Земледѣліе въ Египтѣ въ настоящее время сильно страдаетъ отъ излишняго насыщенія почвы водою и недостатка дренажа. Инженеръ W. Willcocks *) говоритъ по этому предмету слѣдующее:

«Размѣры главныхъ каналовъ несоотвѣтственно велики, и во время половодья въ рѣкѣ каналы принимаютъ такое огромное количество воды, что вся оросительная сѣть подвергается полному

*) Irrigation in Lower Egypt in Transactions of the Institution of Civil Engineers. Vol. LXXXVIII, 1886—87.

затопленію, и только нѣкоторыя, болѣе высокія, части мѣстности остаются вић воды, въ видѣ острововъ; это служитъ причиною выщелачиванія почвы, которое постепенно увеличивается на всемъ пространствѣ культурныхъ земель».

Въ Калифорніи есть много мѣстностей, гдѣ еще нѣсколько лѣтъ тому назадъ чувствовался большой недостатокъ въ водѣ; между тѣмъ, теперь является уже необходимость въ осушеніи мѣстности. Въ послѣдніе годы требуется все меньшее и меньшее количество воды, чтобы обозначить жатву, потому что подпочва вполнѣ пропиталась водою. То же самое замѣчается и въ Колорадо. Нынѣшній G. G. Anderson *) говоритъ:

«Необходимость правильнаго устройства стока воды одновременно съ сооруженіемъ ирригаціонной сѣти становится все болѣе наглядною въ Колорадо. Въ рѣдкихъ случаяхъ удается съ успѣхомъ соединить орошеніе съ дренажемъ, и, къ сожалѣнію, надо указать на большіе, постоянно увеличивающіеся участки земли, гдѣ во время оросительнаго сезона появляются болота стоячей воды и, вмѣстѣ съ ними, болѣзненность. Нѣтъ сомнѣнія, что бывающая въ концѣ года тифозная эпидемія имѣетъ связь съ этимъ обстоятельствомъ, и потому въ санитарныхъ видахъ необходимо устроить дренажъ мѣстности въ возможно скоромъ времени».

Чтобы орошеніе не приносило вреда, необходимо принять всѣ мѣры для сохраненія естественныхъ сточныхъ канавъ, поддерживая ихъ въ чистотѣ, а также углубляя ихъ, уширяя и устраняя крутыя извилины. Слѣдуетъ ежегодно очищать ихъ отъ заносовъ и отъ зарослей камыша и травы, для того, чтобы онѣ могли свободно пропускать скопляющуюся въ нихъ воду.

Много было предложеній, сдѣланныхъ преимущественно теоретиками, относительно устройства подпочвеннаго дренажа совмѣстно съ оросительной сѣтью. Такъ, напримѣръ, инженеръ H. Scougall **) говоритъ: «Чтобы продотвратить выщелачиваніе пашихъ земель, вода для орошенія должна быть употребляема съ крайнею бережливостью, и ни одной капли не должно быть употреблено болѣе, чѣмъ без-

*) The Construction, Maintenance and Operation of Large Irrigation Canals, in Transactions of the Denver Society of Civil Engineers and Architects, Vol I.

**) The Construction of Canals for Irrigation Purposes, read before the Polytechnic Society of Utah, March, 1891.

условно необходимо для растительности»... Все это совершенно вѣрно, но далѣе онъ продолжаетъ: «Не можетъ быть хорошей системы орошенія безъ устройства дренажа, и для этой цѣли должны быть устроены дренажныя трубы отъ 18 до 36 дюймовъ ниже поверхности земли, способныя удалить изъ почвы весь избытокъ воды».

Очень можетъ быть, что всякую систему орошенія нельзя считать совершенной безъ подпочвеннаго дренажа, но несомнѣнно также, что врядъ ли есть страна въ мірѣ, которая могла бы съ выгодою окупить расходы на устройство подпочвеннаго дренажа, особенно такого, какъ предлагаетъ инженеръ Scougall. Конечно, это возможно въ исключительно небольшой ирригаціонной сѣти, но не тогда, когда рѣчь идетъ о сооруженіяхъ подобныхъ каналу Agra въ Индіи, или каналу Calloway въ Калифорніи. Изъ статистическаго обозрѣнія по ирригаціоннымъ сооруженіямъ Индіи, за 1887—88 г., видно, что въ этотъ годъ была закончена въ Индіи ирригація, имѣвшая въ своемъ составѣ 5.520 миль главныхъ каналовъ и 17.155 миль распредѣлительныхъ каналовъ, назначенныхъ для орошенія свыше 10.000.000 экровъ. Кромѣ того, небольшія оросительныя сѣти занимали площадь около 2.000.000 экровъ. Слѣдовательно, всей орошаемой земли было свыше 12.000.000 экровъ, и, конечно, устройство подпочвеннаго дренажа на такой площади надо считать дѣломъ совершенно невозможнымъ съ финансовой точки зрѣнія. Для большихъ округовъ подпочвенный дренажъ обошелся бы дороже, чѣмъ ирригаціонная сѣть, состоящая изъ открытыхъ каналовъ. Поэтому, единственнымъ способомъ удаленія избытка воды, съ экономической точки зрѣнія, остается поддержаніе въ исправности естественныхъ линій стока воды и ихъ улучшеніе по всей длинѣ до впаденія въ рѣки.

§ 65. Невыгоды ирригаціи.

(Выщелачиваніе почвы. Вліяніе на санитарныя условія).

Главныя возраженія, которыя дѣлаются противъ устройства ирригаціи, заключаются въ томъ, что она производитъ выщелачиваніе почвы и ухудшаетъ санитарныя условія мѣстности, но оба эти недостатка въ значительной степени устраняются, если при орошеніи употребляется только то количество воды, какое необходимо для растеній, и не допускается пропитываніе водою подпочвы. Однако,

данныя относительно полезной массы воды при орошеніи (duty of water) въ Америкѣ показываютъ, что воды расходуется слишкомъ много; точно также замѣчено все болѣе и болѣе распространяющееся выщелачиваніе почвы не только въ Америкѣ, но и въ Индіи, и въ Египтѣ.

Въ журналѣ Engineering News, отъ 26 февраля 1887 г., была помѣщена слѣдующая замѣтка:

«Профессоръ Hilgard (Калифорнійскаго университета) предостерегаетъ жителей американскаго побережья Тихаго океана относительно послѣдствій отъ употребленія избытка воды при орошеніи. Онъ совѣтуетъ обратить вниманіе на необходимость подпочвеннаго дренажа, указывая на примѣръ равнинъ Fresno, Tulare и Kern, гдѣ прежде не встрѣчалось сырой почвы на глубинѣ 30 и 40 футовъ ниже поверхности, и гдѣ теперь можно найти воду на глубинѣ отъ 3 до 5 футовъ. Вслѣдствіе этого корни деревьевъ и винограда могутъ распространяться только вблизи поверхности почвы, и сюда же выносятся соли, накопившіяся въ грунтѣ въ теченіи вѣковъ. Профессоръ предлагаетъ изданіе закона, опредѣляющаго расположеніе и систему устройства оросительныхъ каналовъ».

Если вода имѣетъ соотвѣтствующія качества, то скопившіяся на поверхности земли выщелоченныя соли могутъ быть устранены, затопленіемъ земли слоемъ воды въ нѣсколько дюймовъ и сохраненіемъ затопленія въ теченіи нѣсколькихъ дней; затѣмъ надо спустить стоявшую воду и впустить чистую, повторяя такую операцію до тѣхъ поръ, пока поверхность грунта совсѣмъ не освободится отъ соляныхъ частицъ.

Относительно вліянія ирригаціи на санитарныя условія мѣстности было высказано нѣсколько противорѣчивыхъ мнѣній, и потому лучше всего привести мнѣнія по этому предмету, заимствованныя изъ разныхъ источниковъ.

Докторъ H. S. Orme, членъ Палаты Общественнаго Здравія въ Калифорніи, говоритъ слѣдующее *):

«Вліяніе орошенія земледѣльческихъ полей, собственно въ Калифорніи, на общественное здравіе заслуживаетъ внимательнаго

*) Appendix to the Eighth Biennial Report of the State Board of Health, California.

изученія, и такъ какъ относительно характера этого вліянія получаются весьма противорѣчивыя свѣдѣнія, то необходимо собрать точныя данныя о всѣхъ мѣстныхъ условіяхъ каждаго орошаемаго участка, о температурѣ и влажности воздуха, о качествѣ почвы и ея дренированіи.

«Хотя орошеніе въ Калифорніи существуетъ со времени основанія тамъ миссій францисканскими монахами, т. е. болѣе столѣтія, но его устройство весьма мало опирается на указанія науки, и, какъ кажется, довольствуются по настоящее время только проводомъ воды къ орошаемой мѣстности, не заботясь о выработкѣ раціональной системы орошенія.

«Орошеніе производится весьма разнообразными способами, но всѣ они могутъ быть сведены къ двумъ типамъ: 1) Орошеніе затопленіемъ и 2) орошеніе трубами. О второмъ типѣ нѣтъ надобности говорить, такъ какъ онъ существуетъ въ весьма ограниченныхъ размѣрахъ. Относительно перваго типа различные безпристрастные авторитеты не вполнѣ согласны между собою. Напримѣръ, для графствъ Los Angeles, Ventura, Santa Barbara, San-Bernardino и San-Diego, гдѣ орошеніе существуетъ почти сто лѣтъ, всѣ свидѣтельства сводятся къ тому, что нѣтъ существенной разницы въ распространеніи маляріи для орошаемыхъ мѣстностей, сравнительно съ мѣстностями, гдѣ не существуетъ орошенія. Отчеты по другимъ мѣстностямъ Калифорніи, напротивъ, указываютъ значительное усиленіе болотной лихорадки при расширеніи ирригаціи, и оба обстоятельства такъ связаны между собой, что нельзя оставить безъ вниманія ихъ соотношеніе. Впрочемъ, не трудно объяснить разницу выводовъ. Въ Los Angeles и другихъ долинахъ крайней южной Калифорніи почва, вообще, состоитъ изъ песчанаго или гравелистаго суглинка на неопредѣленную глубину, и вода при орошеніи или проникаетъ глубоко въ грунтъ, или же, если уклонъ мѣстности значителенъ, быстро стокаетъ, едва насытивъ верхній слой почвы. Въ такихъ случаяхъ, мѣстность, конечно, свободна отъ маляріи. Въ другихъ мѣстностяхъ, имѣющихъ наносный грунтъ и уклонъ недостаточный для быстраго стока воды, почва почти постоянно остается насыщенной водою, что неизбѣжно влечетъ за собою появленіе болотныхъ лихорадокъ въ жаркое время года. Если же эти мѣстности имѣютъ и безъ того сырую, богатую остат-

ками гніющихъ растеній почву, которая остается болотистою и зимою, во время дождей, а лѣтомъ, сверхъ того, орошается искусственно, то являются маляріійныя болѣзни рѣзко выраженнаго характера; эти болѣзни особенно свирѣпствуютъ лѣтомъ, когда температура высока, и испареніе сильно. Впрочемъ, установленъ фактъ, что зараженію маляріей много способствуетъ употребленіе для питья и домашняго хозяйства нечистой воды; и жители даже завѣдомо нездоровыхъ мѣстностей гораздо рѣже заболѣваютъ, если пьютъ только чистую воду».

Относительно вреднаго вліянія ирригаціи въ Индіи на общественное здравіе, въ журналѣ Engineer, отъ 23-го іюня 1871 года, помѣщена слѣдующая замѣтка:

«Установлено, что, по мѣрѣ развитія ирригаціи, вмѣстѣ съ нею появляются тяжелыя маляріійныя болѣзни, и, если только докторъ Cutliffe, въ своемъ отчетѣ за 1869 годъ «О санитарныхъ условіяхъ земель, орошаемыхъ каналами Ganges и Jumna», не очень ошибается — то является вопросъ, что больше способствовало увеличенію смертности въ періодъ извѣстнаго числа лѣтъ: — болѣзненность появляющаяся отъ развитія ирригаціи, или случайные голодные годы?

«Въ нѣкоторыхъ мѣстностяхъ подпочвенный дренажъ могъ бы быть легко устроенъ, и исполненіе этого весьма желательно для улучшенія санитарныхъ условій. Въ настоящее время принимаются только мѣры для облегченія стока воды съ поверхности почвы, и если эти мѣры не будутъ началомъ работъ по устройству подпочвеннаго дренажа, то нельзя ожидать существеннаго улучшенія ирригаціи въ Индіи съ санитарной точки зрѣнія».

Выше было уже указано, что устройство подпочвеннаго дренажа въ Индіи немыслимо въ финансовомъ отношеніи, ни въ настоящее время, ни даже впослѣдствіи.

Относительно вреднаго вліянія ирригаціи мы имѣемъ недавнія свѣдѣнія доктора W. W. Hunter, который хорошо знаетъ Индію *).

«Въ нѣкоторыхъ случаяхъ устройство ирригаціи было причиной уменьшенія народонаселенія, и во многихъ мѣстностяхъ Индіи оно спасаетъ народъ отъ голода цѣною опустошенія деревень маляріей»

*) Life of Lord Mayo, page 326. Vol. 2.

Подобное же мнѣніе высказываетъ инженеръ G. G. Burke, тоже имѣющій большую опытность относительно ирригаціонныхъ работъ въ Индіи *). Онъ говоритъ:

«Орошеніе и дренажъ должны работать вмѣстѣ; но много ли инженеровъ видѣли это? Я, лично, никогда не видѣлъ правильной системы дренажа. Во многихъ мѣстностяхъ Европы и почти во всей Индіи во время ирригаціоннаго сезона, когда каналы наполнены, низко лежащія земли становятся болотистыми и порождаютъ болѣзни и эпидеміи. Нѣтъ сомнѣнія, что нездоровый климатъ странъ, гдѣ ирригація устроена въ обширныхъ размѣрахъ, зависитъ, главнымъ образомъ, отъ необезпеченія стока воды съ орошаемой мѣстности».

§ 66. Стоимость ирригаціи на экръ въ различныхъ странахъ.

Въ Америкѣ, какъ общее правило, стоимость орошенія входитъ въ цѣнность земли, и постоянный расходъ на ирригацію для землевладѣльцевъ заключается только въ поддержаніи каналовъ въ исправности.

Въ Индіи напротивъ: правительство остается собственникомъ главныхъ каналовъ и продаетъ воду землевладѣльцамъ.

Изъ статистическаго обозрѣнія по ирригаціи въ Индіи за 1887—1888 г., можно видѣть, что подать, уплачиваемая за воду для орошенія, весьма разнообразна для различныхъ мѣстностей и различныхъ сортовъ растеній. Иногда она назначается отдѣльно на каждое орошеніе, иногда оптомъ на нѣсколько мѣсяцевъ, но, вообще, она назначается за все время орошенія поля до начала жатвы. За исключеніемъ особенныхъ случаевъ, подать колеблется отъ 10 центовъ за экръ рисовыхъ полей въ нѣкоторыхъ частяхъ Бенгала и Синда, до 8 долларовъ въ Бомбейскомъ президентствѣ за экръ сахарныхъ плантацій. Средній размѣръ подати около 1,2 доллара на экръ (рупія принята равною 40 центамъ).

Въ финансовомъ отчетѣ по ирригаціи въ Пенджабѣ, за 1889—1890 г., указано, что средняя подать за этотъ годъ для канала Western Jumna была около 1 доллара на экръ.

---

*) Transactions of the Institution of Civil Engineers, Vol. LXXIII, 1883.

ТАБЛИЦА XXI.

Стоимость орошенія на акръ въ различныхъ странахъ.

Мѣстность.	Страна.	Плата въ доллярахъ на акръ.	Источники.
Каналъ Ganges	Индія.	1,12	F. C. Danvers. Trans. I. C. E. vol. 33.
„ Eastern Jumna.	„	1,16	„ „ „ „
„ Western Jumna.	„	1,20	„ „ „ „
„ Baree Doab . .	„	1,17	„ „ „ „
Индія (вообще) для риса.	„	2,50	C. I. Burke. Trans. I. C. E. vol. 73.
Мадрасъ	„	3,00	J. B. Morse „ „ „
Сѣверо-западныя провинціи	„	1,25	„ „ „ „
Каналъ Soonkasela . .	„	3,00	I. B. Latham. Tr. I. C. E. vol. 34.
Цейлонъ	„	0,50	I. B. Morse. Trans. I. C. E. vol. 73.
Нижній Египетъ . . .	Египетъ.	5,00	Gen. Scott Moncrieff. 19th Century—Febr. 1885.
Каналъ Alpines	Франція.	отъ 2 до 3	G. Wilson. Trans. I. C. E. vol. 101.
Роонскій каналъ. . . .	„	10,00	Engineering. 29 іюня 1877.
Марсельскій каналъ .	„	6,50	G. Wilson. Trans. I. C. E. vol. 51.
Вердонскій каналъ. .	„	5,50	„ „ „ „
Каналъ Henares. . . .	Испанія.	7,25	„ „ „ „
Каналъ Esla	„	5,75	„ „ „ „
Колорадо.	Америка.	отъ $1^1/_2$ до 3	R. I. Hinton. Irrig. in the U. S.
Невада, Truckee Valley.	„	5,00	Сообщилъ Инж. A. D. Foote.

§ 67. Годовой доходъ на кубическій футъ воды въ секунду.

Нижеслѣдующее извлеченіе взято изъ книги Alfred Deakin *).

Въ Los Angeles, въ Калифорніи, вода продается по единицѣ называемой *head*, и, вслѣдствіе неточности измѣреній, эта единица колеблется отъ 2 до 4 куб. футовъ въ секунду; она оцѣнивается въ 2 долл. за день и $1^1/_2$ долл. за ночь, въ теченіи лѣта.

Такая цѣна установлена въ предѣлахъ городской черты, а внѣ ея—цѣна вдвое выше; зимою плата за воду равна половинѣ лѣтней. Въ Оранжѣ, въ южной Калифорніи, и въ селеніяхъ, расположенныхъ въ окрестностяхъ этого города, стоимость потока, съ расходомъ

*) Irrigation in Western America, Egypt and Italy.

около 2 куб. футовъ въ секунду, опредѣлена въ $2^1/_2$ доллара за 24 часа ($1^1/_2$ долл. въ день, и 1 долл. въ ночь), а зимою $1^1/_2$ доллара за 24 часа. Въ Riverside кубическій футъ воды въ секунду стоитъ около 1,9 доллара за день и $1^1/_2$ доллара за ночь, или 3 доллара за 24 часа.

Вышеуказанныя цѣны за воду, колеблющіяся вслѣдствіе неодинаковыхъ условій продажи, не даютъ никакого основанія для общихъ выводовъ; поэтому, чтобы составить болѣе ясное понятіе о значеніи орошенія въ сельскомъ хозяйствѣ, гораздо лучше принимать въ соображеніе тотъ расходъ, который можетъ быть сдѣланъ съ выгодою для провода воды. Исчислено, что за проводъ 1 куб. фута воды въ секунду и за постоянное пользованіе имъ въ теченіи ирригаціоннаго сезона можно заплатить отъ 75 до 125 долларовъ на акръ для хлѣбныхъ полей и луговъ и 150 долларовъ для фруктовыхъ садовъ. Такую цѣну платили для отдѣльныхъ участковъ земель, предполагая расходовать воду въ предѣлахъ дѣйствительной необходимости. Если же предполагается безграничное и постоянное пользованіе водою, безъ отношенія къ площади орошаемой земли, то цѣнность 1 куб. фута въ секунду была бы въ южной Калифорніи, по крайней мѣрѣ, 10.000 долларовъ.

ТАБЛИЦА XXII.

Размѣръ дохода съ одного куб. фута воды въ секунду въ годъ въ различныхъ странахъ.

Названіе каналовъ.	Доллары.	Источники.
Ганнесскій 1866—67 г.	187	Russel Aitken. Trans. I. C. E. 1871—72.
„ 1867—68 г.	195	„ „ „ „
„ 1868—69 г. . . . . (годъ засухи).	262	„ „ „ „
Eastern Junna 1866—67 г. . . (годъ засухи).	261	„ „ „ „
Eastern Junna 1867—68 г. . . (годъ засухи).	260	„ „ „ „
Eastern Junna 1868—69 г. . . (годъ засухи).	326	„ „ „ „

Названіе каналовъ.	Доллары.	Источники.
Western Jumna	249	F. C. Danvers. (годъ засухи).
Baree Doab.	164	„ „ „
Гангесскій 1870—71 г.	220	Col. W. H. Greathead. Tr. I. C. E. vol. 35.
Eastern Jumna 1870—71 г. . .	295	„ „ „ „
Пьемонтскіе каналы	80	Col. Baird Smith.
Ломбардскіе каналы	75	„ „ „
Elche и Locra, въ Испаніи . .	11.000	G. Higgin. Trans. I. C. E. vol. 27.
Henares, въ Испаніи	1.875	„ „ „ „
Каналы въ Колорадо	33	H. M. Wilson. Trans. Am. S. C. E. 1890.

§ 68. Стоимость ирригаціонныхъ каналовъ на акръ орошаемыхъ ими земель и на расходъ въ одинъ кубическій футъ въ секунду.

Нижепомѣщенная таблица составлена по источникамъ, заслуживающимъ наибольшаго довѣрія, но, конечно, нельзя поручиться за ея точность, потому что стоимость каналовъ показана неодинаково въ разныхъ источникахъ. Она даетъ только приблизительное понятіе о стоимости ирригаціонныхъ сооруженій и, во всякомъ случаѣ, не можетъ служить для сравненія этой стоимости въ различныхъ странахъ, такъ какъ здѣсь имѣютъ большое вліяніе мѣстныя условія и качество исполненныхъ сооруженій. Напримѣръ, Гангесскій каналъ оцѣнается въ 2.187 долларовъ на расходъ въ одинъ куб. футъ въ секунду, а каналъ Orissa — только въ 1.000 долларовъ. Такая разница происходитъ, очевидно, вслѣдствіе того, что Гангесскій каналъ пересѣкаетъ нижніе отроги Гималаевъ и требовалъ, при устройствѣ, дорогихъ искусственныхъ сооруженій, между тѣмъ какъ Orissa идетъ по низменной мѣстности, уклонъ которой почти соотвѣтствуетъ уклону канала. Затѣмъ каналъ Henares въ Испаніи обошелся на куб. футъ въ секунду почти въ 12 разъ дороже канала Mussel Slough, въ Калифорніи, но, по качеству работъ, первый безконечно превосходитъ послѣдній, и въ окончательномъ счетѣ каналъ Henares можетъ считаться даже болѣе дешевымъ, такъ какъ его искусственныя сооруженія могутъ служить неопредѣленное число лѣтъ, и ремонтъ ихъ обходится очень дешево.

ТАБЛИЦА XXIII.

Стоимость ирригаціонныхъ каналовъ на акръ орошаемыхъ ими земель и на расходъ воды въ одинъ куб. футъ въ секунду.

Названіе каналовъ.	Страна.	Стоимость въ доллярахъ.	
		На акръ.	На куб. ф. воды въ секунду.
Western Jumna	Индія.	10,88	—
Eastern Jumna	—	6,11	—
Sutlej или Sirhind	„	26,50	1.765
Ganges (служитъ и для судоходства)	„	36,80	2.487
Ganges (несудоходный)	„	28,80	1.990
Barce Doab	„	35,00	2.330
Sone	„	32,00	2.170
Bellary Low Level	„	29,00	1.965
Tombaganoor	„	39,00	2.600
Orissa	„	15,00	1.000
Fort Morgan	Колорадо.	—	280
Del Norte	„	—	125
High Level	„	10,83	549
Uncompahgre	„	—	287
Cajon	Калифорнія.	59,33	1.025
Seventy-six	„	6,25	—
Santa Clara Valley Irrigation C°	„	9,63	549
Riverside	„	52,75	1.507
Mussel Slough	„	7,30	584
King's River, North Side	„	7,18	277
Idago Mining and Irrigation C°.	Айдаго.	2,16	189
Марсельскій	Франція.	—	4.305
Карпентрасскій	„	35,67	2.830
Верденскій	„	81,25	15.330
Хенарес (Неваг)	Испанія.	46,66	7.500

§ 69. Измѣреніе воды. Модули.

Весьма мало вѣроятія, чтобы вода приносила наибольшую пользу, т. е. чтобы она орошала какъ можно бо́льшую площадь, если она не будетъ продаваться *мѣрою*. При этомъ только условіи, въ интересахъ потребителя воды, будетъ пользованіе ею съ возможной экономіей.

Устройства, употребляемыя для измѣренія воды въ оросительныхъ каналахъ вообще, называются *модулями*, или измѣрителями.

Главнѣйшія условія, которымъ долженъ удовлетворять модуль, суть слѣдующія:

1) Чтобы онъ доставлялъ постоянное, неизмѣняющееся количество воды при измѣненіи глубины въ каналѣ или, все равно, при измѣненіи напора.

2) Чтобы, для доставленія постояннаго количества воды, онъ требовалъ возможно меньшаго напора.

3) Чтобы онъ не зависѣлъ отъ тренія, т. е. чтобы онъ, какъ можно менѣе, былъ подверженъ разстройству, и чтобы илъ и песокъ, находящіеся въ водѣ, не затрудняли бы его дѣйствія.

4) Чтобы онъ былъ дешевъ и такого простого устройства, чтобы обыкновенный механикъ или рабочій, знакомый съ этого рода работой, могъ бы устроить его и починить въ случаѣ поврежденія.

Весьма важно, чтобы въ модулѣ не было никакого сложнаго и скрытаго механизма или устройства, не только потому, что при этомъ поврежденія легче происходятъ, но потому еще, что отъ этого зависитъ наклонность модуля къ измѣненію въ напорѣ при трудности констатировать это измѣненіе лицомъ, наблюдающимъ за измѣрителемъ. Весьма важно также, чтобы измѣритель имѣлъ такое устройство, чтобы наблюденіе за исправностью его было доступно для лицъ, пользующихся водою, на тотъ конецъ, чтобы они могли имѣть возможность убѣдиться, что получаютъ то именно количество воды, за которое платятъ.

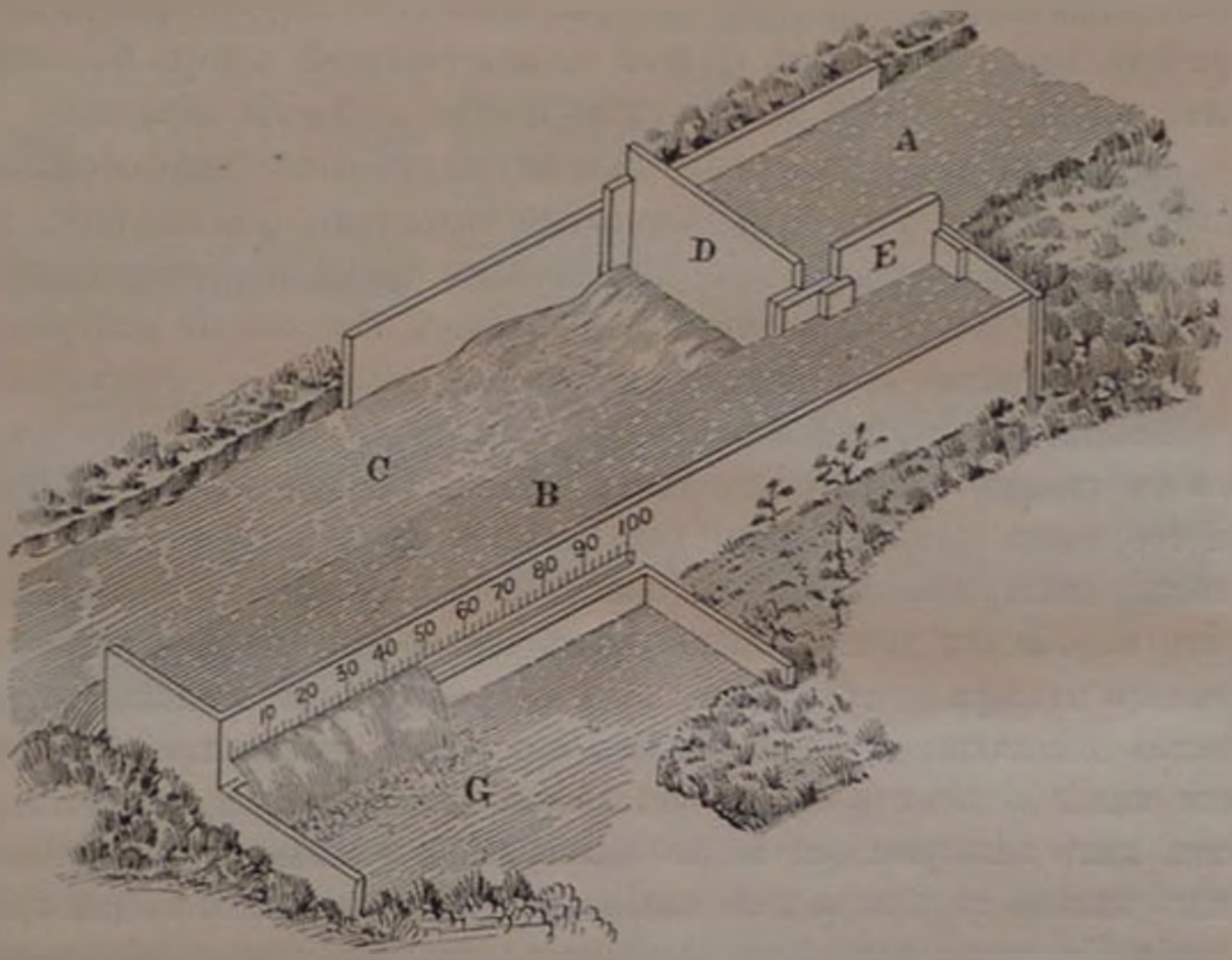
Г. А. Д. Футь, членъ Американскаго Общества Гражданскихъ Инженеровъ, изобрѣлъ измѣритель, который удовлетворяетъ большей части вышеупомянутыхъ условій. Здѣсь приводится его описаніе.

На черт. 167 буквой *A* означенъ главный каналъ, въ которомъ вставленъ щитъ *D*, направляющій часть воды въ ящикъ *B*, устроенный вдоль канала, отъ котораго онъ отдѣляется деревянной переборкой, верхнее горизонтальное ребро которой находится на такой высотѣ, чтобы имѣть желаемый напоръ надъ отверстіемъ, устроеннымъ въ другой переборкѣ ящика, параллельной первой. Вода, направляющаяся въ ящикъ *B*, поднимаясь надъ выпускнымъ отверстіемъ больше, чѣмъ требуется, немедленно сливается чрезъ переборку обратно въ каналъ, какъ чрезъ водосливъ. Если ящикъ *B* имѣетъ доста-

точную длину, а отдѣляющая его отъ канала переборка имѣетъ острую верхнюю кромку, то вся излишняя вода будетъ переливаться въ каналъ, и надъ отверстіемъ истеченія будетъ сохраняться одинъ и тотъ же напоръ.

Г. Футъ дѣлаетъ о своемъ модулѣ слѣдующія замѣчанія.

«Въ теченіи мѣсяца онъ отлично служилъ, причемъ рѣдко забивался и никогда не давалъ ощутительнаго измѣненія въ количествѣ



Черт. 167. — Видъ модуля А. Д. Фута.

доставляемой отверстіемъ воды. Все достоинство этого модуля заключается въ длинномъ водосливѣ, который возвращаетъ въ каналъ весь излишекъ воды и такимъ образомъ сохраняетъ надъ отверстіемъ истеченія практически одинъ и тотъ же напоръ.

«Я вполнѣ понимаю, что и это измѣреніе не вполнѣ точно и однообразно, но не надо забывать, что колебанія въ расходѣ воды измѣняются, какъ квадратный корень измѣненія въ напорѣ, и что, благодаря значительной длинѣ переливной переборки или, все равно, посредствующей камеры, или ящика *B*, измѣненіе въ напорѣ есть только ничтожная часть измѣненія въ расходѣ главнаго канала. Поэтому

дѣйствительный расходъ изъ отверстія истеченія будетъ очень приблизительно постояненъ.

«Въ главномъ каналѣ подпоръ, образуемый щитомъ, не долженъ быть больше одного или двухъ дюймовъ, потому что надо задерживать только немного болѣе воды, чѣмъ сколько желаемъ получить ея изъ отверстія. Щитъ или другое устройство въ каналѣ должно подпирать воду такимъ образомъ, чтобы толщина слоя воды, переливающагося чрезъ водосливную переборку камеры, была не болѣе четверти дюйма, причемъ поверхность воды во всей посредствующей камерѣ *B* должна быть ровно на четыре дюйма выше центра отверстія истеченія.

«Длинныя посредствующія камеры могутъ быть приспособлены тоже къ отпуску воды чрезъ открытый водосливъ, или вырѣзку, но измѣреніе гораздо точнѣе при отпускѣ воды чрезъ отверстіе, находящееся подъ напоромъ, и чѣмъ больше напоръ, тѣмъ точнѣе измѣреніе.

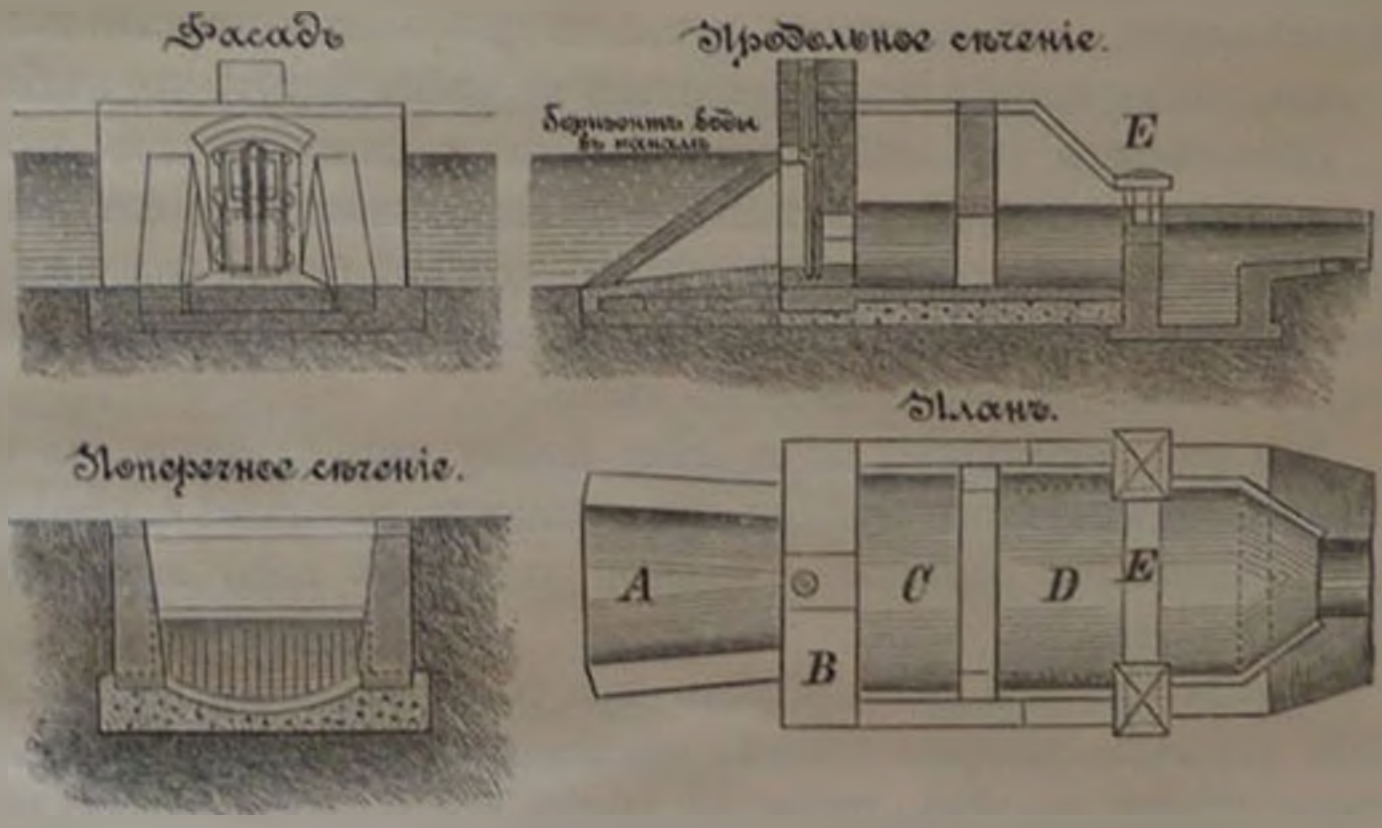
Преимущества описаннаго модуля заключаются въ слѣдующемъ.

Всякій, пользующійся модулемъ, естественно желаетъ примѣнить его къ своимъ обстоятельствамъ и цѣлямъ. Устройство и установка его очень дешевы, такъ какъ стоютъ всего отъ четырехъ до шести долларовъ. Его легко приспособить къ каналу, такъ какъ нѣтъ надобности точно устанавливать щитъ. Онъ не требуетъ особеннаго надзора до тѣхъ поръ, пока не требуется измѣненія въ количествѣ доставляемой воды. Затѣмъ, онъ можетъ доставлять большое или малое количество воды, что составляетъ важное преимущество, такъ какъ пользующіеся водою обыкновенно нуждаются въ постоянномъ маломъ токѣ воды и въ сильномъ токѣ воды только въ дни орошенія. Наконецъ, онъ рѣдко засоряется, такъ какъ плавающіе листья и трава легко переносятся теченіемъ чрезъ водосливную переборку. Затонувшіе листья могутъ иногда засорить водосливное отверстіе, но такъ какъ въ интересахъ пользующихся водою поддерживать его незасореннымъ, то они сами легко могутъ наблюдать за этимъ.

«Во всякомъ случаѣ, главнымъ преимуществомъ этого способа измѣренія воды, исключая его точность, представляется то обстоятельство, что пользующійся водою можетъ во всякое время, посредствомъ карманной измѣрительной линейки, убѣдиться въ томъ, что онъ получаетъ то количество воды, за которое платитъ».

Модуль, принятый на каналахъ Хенаресъ и Эсла въ Испаніи, показанъ на чертежѣ 168.

Вода измѣряется, переливаясь чрезъ тонкую пожеподобную пластинку *E*, куда притекаетъ изъ главнаго канала по распредѣлительному каналу *A* *), откуда она притекаетъ въ камеру *C* чрезъ щитъ, установленный въ раздѣлительной стѣнѣ *B*. Изъ *C* вода переходитъ во вторую камеру *D*, въ которой расположенъ водоизмѣрительный водосливъ въ *E*. Сообщеніе между двумя камерами *C* и *D* проис-



Черт. 108. — Типъ модуля на каналѣ Henares.

ходитъ чрезъ узкіе прорѣзы, такъ что вода притекаетъ къ водосливу съ весьма небольшой скоростью. Ширина водослива измѣняется отъ 3,28 до 6,56 фута, смотря по количеству воды, которое желаютъ пропустить. На стѣнѣ наружной камеры прикрѣплена шкала, нуль которой совпадаетъ съ кромкой водослива, и по этой шкалѣ всякій можетъ убѣдиться въ дѣйствительномъ количествѣ воды, поступающемъ изъ модуля въ оросительный каналъ. Управляя щитомъ шлюза, приставленный къ модулю сторожъ можетъ, съ величайшей точностью, опредѣлить нужную въ каждомъ случаѣ толщину переливающагося чрезъ водосливъ слоя воды. Этотъ модуль имѣетъ многія хорошія стороны. Система измѣренія основана на самыхъ опредѣленныхъ

*) На планѣ модуля крайняя обѣая часть — распредѣлительный каналъ *A* слѣдующая — камера *C*, слѣдующая за нею — камера *D*, а между нею и слѣдующей — водоизмѣрительный водосливъ *E*.

правилахъ гидравлики и даетъ весьма постоянные результаты. Модуль этотъ простъ и почти не подверженъ поврежденіямъ. Онъ годится для мутной воды, равно какъ и для чистой; онъ можетъ давать воду при самыхъ ничтожныхъ напорахъ,—обстоятельство весьма важное въ странахъ, имѣющихъ весьма малый уклонъ, гдѣ потеря нѣсколькихъ футовъ напора не давала бы возможности оросить весьма большія площади. Приставленное къ модулю лицо съ перваго взгляда можетъ видѣть, доставляется ли въ каналъ требуемое количество воды, и лица, пользующіяся водою, равнымъ образомъ могутъ это видѣть.

Единственное замѣчаніе, которое можно сдѣлать противъ этого устройства, заключается въ томъ, что всякое внезапное измѣненіе напора въ каналѣ повліяетъ на расходъ, который будетъ больше или меньше, чѣмъ онъ долженъ быть, смотря по обстоятельствамъ, пока сторожъ опять не возвратится на мѣсто.

Все это справедливо, но по этому поводу надо замѣтить, что въ хорошо управляемыхъ каналахъ почти никогда не можетъ случиться, чтобы произошло серьезное измѣненіе въ напорѣ воды въ теченіи двадцати четырехъ часовъ.

Всегда есть или долженъ быть при головномъ сооруженіи канала человѣкъ, котораго главная обязанность заключается въ томъ, чтобы слѣдить за тѣмъ, чтобы въ каналъ всегда доставлялось постоянно одно и то же количество воды. Если въ рѣкѣ случился наводокъ — онъ долженъ закрыть щиты; когда вода опускается — онъ долженъ открыть ихъ.

Вода, которая берется изъ каналовъ Хенаресъ и Эсла для различныхъ оросительныхъ каналъ, представляетъ всегда одно и то же количество. Единственный случай внезапнаго измѣненія въ напорѣ представляется во время линей, но противъ этого чрезъ каждую милю или двѣ мили сдѣланы водосливы или спускные шлюза, чрезъ которые стекаетъ вся излишняя вода, и если чрезъ модуль нѣкоторое время пройдетъ немного болѣе воды, то чрезъ это не произойдетъ никакого особаго неудобства.

Каналъ Кавура.

Извлечено изъ статьи г. Госса въ Zeitschrift des Architekten und Ingenieur-Vereins zu Hannover, томъ XIX.

Каналъ Кавура — величайшій ирригаціонный каналъ въ Европѣ. Онъ беретъ начало изъ р. По немного ниже Кивассо, пересѣкаетъ рѣки: Dora Baltea, Elvo, Cervo, Roasenda (всѣ три—притоки Сезіи), затѣмъ пересѣкаетъ рѣку Сезію повыше г. Верчелли и, пройдя къ сѣверу отъ г. Новары—оканчивается у р. Тичино (Тессино). Полная длина его 82,230 километра, а полное паденіе 21,73 метра или 0,264 метра на одинъ километръ.

Мысль объ этомъ каналѣ возникла въ 1844 году у геодезиста Росси въ Верчелли, а въ 1853 году былъ составленъ проектъ канала инженеромъ Нов. Въ 1862 году образовалось общество, которое взяло на себя постройку канала за сумму 53.100.000 лиръ или франковъ. Общество это состояло изъ англичанъ — подполковника Onslow, гг. Cargill, Hadow, Masterman, Bonnaire и Nicholls. Отъ этого общества г. Bonnaire взялъ на себя постройку канала за 17.786.366 лиръ, обязавшись окончить ее въ три года.

Когда приступили къ работамъ, обнаружилась большая ошибка въ количествѣ воды, которое предполагалось вывести изъ рѣки По для питанія этого канала. А именно, въ проектѣ было предположено брать изъ По 110 куб. метровъ въ секунду, въ то время, какъ при низкой водѣ рѣка эта могла дать каналу только 40 куб. метровъ въ секунду. Поэтому, съ перваго же шага, обнаружилась необходимость дополнить проектъ устройствомъ дополнительнаго питательнаго канала изъ рѣки Dora Baltea. Вслѣдствіе этого общество, взявшее на себя устройство канала, было объявлено въ 1866 году

несостоятельнымъ, а въ 1869 году были приняты для постройки канала новыя финансовыя основанія, при которыхъ участіе въ управленіи работами, было предоставлено какъ представителямъ акціонернаго общества, такъ и представителямъ правительства. Окончательная стоимость канала Кавура, разсчитаннаго на орошеніе 120.000 гектаровъ земли, составила 102.600.000 лиръ, и это увеличеніе первоначально исчисленной суммы произошло отъ многихъ дополнительныхъ работъ, въ томъ числѣ отъ устройства питательнаго канала изъ Доры Бальтеи и отвѣтвленія отъ главнаго канала, извѣстнаго подъ названіемъ канала Lomellino, а также отъ уплаты процентовъ на затраченные на это дѣло съ 1862 г. капиталы.

Съ назначеніемъ предсѣдателемъ акціонернаго общества г. Каранти, дѣла общества стали поправляться, и въ 1870 году было получено дохода до 885.841 лиръ, что, конечно, представлялось еще очень малымъ процентомъ на затраченный капиталъ.

Общее описаніе канала.

Каналъ Кавура начинается въ 100 метрахъ отъ точки пересѣченія р. По мостомъ, устроеннымъ у г. Кивассо на шоссейной дорогѣ изъ Турина въ Казале, причемъ дамбы канала примыкаютъ къ дамбамъ шоссе. Мѣсто для начала канала изъ р. По избрано очень удачно, такъ какъ, по урегулированіи выше лежащаго участка р. По, голова канала приходится въ вогнутой части рѣки, что предохраняетъ ее отъ засоренія, а прилегающія къ ней дамбы шоссе вполнѣ предохраняютъ ее отъ наводненія. Если бы взять начало канала выше, то пришлось бы пересѣчь каналомъ два притока По и, кромѣ того, взять начало канала въ участкѣ теченія рѣки, который представлялся неустойчивымъ вслѣдствіе раздѣленія здѣсь русла на нѣсколько рукавовъ.

Подпоръ воды рѣки По предполагалось достигнуть устройствомъ бетонной криволинейной плотины, обращенной выпуклостью къ верховой сторонѣ рѣки, которая держала бы воду р. По на $2^1/_2$ метра выше дна ея, углубляясь при этомъ ниже дна рѣки на 2 метра при толщинѣ плотины въ $2^3/_4$ метра. Въ связи съ предполагавшейся плотиной устроенъ спусковой шлюзъ для пропуска высокой воды мимо водопріемнаго шлюза, или регулятора, канала. Плотина

Черт. 169.


Продольный профиль канала Кавура


АЦЕЛЬО
СТРАМБИНО
ГИВАРОЛО
ДЖІОРДЖІО
КАВАЛЬЯ
БОРГОМАЗІО
ЧИЛІАНО
КАРМАГНОЛА
КАРМАГНОЛА
АРЕЗЗО
КАВУРА
ВІАНДРАТЕ
НОВАРА
ТРЕКАТЕ
КУДЖІОНО
БОЛЛАТЕ
СЕВИНЬО
КИЕРАССО
КАНАЛЪ
С ДЖУЛІАНО
БЕРЧЕЛЛИ
БОРГО ВЕРЧЕЛИ
АБІАТЕ ГРАССО
МИЛАНЪ
КРЕЩЕНТИНО
СТРОППІАНА
РЕББІО
ВИЛЛАВАНО
РОЗАТЕ
БИНАСКО
ТУРИНЪ
МОМБЕЛЛО
БАЛЬЗОЛА
МОРТАРА

эта, однако, не была сначала построена и замѣнена временнымъ сооруженіемъ до улучшенія финансовой стороны всего предпріятія.

Водопріемный шлюзъ, или регуляторъ, канала описанъ ниже подробнѣе. Отъ регулятора каналъ направляется на востокъ до рѣки Dora Baltea, которую каналъ пересѣкаетъ великолѣпнымъ каменнымъ акведукомъ, имѣющимъ 9 пролетовъ, каждый отверстіемъ въ 16 метровъ. Къ этому акведуку примыкаютъ огромныя дамбы, по которымъ каналъ проведенъ чрезъ низменную часть долины лѣваго берега рѣки Dora Baltea. За этой долиной каналъ принимаетъ сѣверовосточное направленіе и пересѣкаетъ множество каналовъ, выведенныхъ изъ р. Dora Baltea, затѣмъ пересѣкаетъ шоссе изъ Турина въ Новару, затѣмъ каналъ Ivrea и, наконецъ, желѣзную дорогу изъ Турина въ Миланъ близъ м. St. Germano. Затѣмъ, чтобы удобнѣе провести каналъ сифономъ чрезъ потокъ Elvo, каналъ направленъ нѣсколько къ сѣверу. Устроенный здѣсь сифонъ имѣетъ пять эллиптическихъ отверстій, которыхъ горизонтальная большая ось равна 5 метрамъ, а вертикальная малая ось — 2,5 метра. Полная длина этого сифона равна 177,5 метра. Отъ р. Эльво до р. Сезіи, на разстояніи около 11 верстъ, каналъ долженъ былъ пересѣчь еще четыре рѣки, а именно, кромѣ Эльво, еще рѣки Черво, Роазенда и Сезію и, кромѣ того, потокъ Маргіацца, и потому, для болѣе удобнаго перехода этихъ препятствій, пришлось много разъ измѣнять направленіе, т. е. вести каналъ по ломанной линіи. Кромѣ рѣки Эльво, черезъ каналъ проведена еще рѣка Сезія, т. е. каналъ проведенъ подъ нею сифономъ, а чрезъ остальныя рѣки—по акведукамъ. Акведукъ чрезъ р. Черво имѣетъ семь пролетовъ, каждый въ 15 метровъ, и полную длину въ 204 метра и, кромѣ того, насыпную дамбу, по которой проведенъ каналъ по длинѣ 2.518 метровъ. Акведукъ чрезъ р. Роазенда имѣетъ 3 отверстія по 9 метровъ, а акведукъ чрезъ Маргіаццу 3 отверстія по 4,8 метра въ свѣту. Сифонъ, которымъ проведенъ каналъ подъ р. Сезіей, имѣетъ длину 265 метровъ и состоитъ изъ пяти эллиптическихъ трубъ въ 5 метровъ въ поперечникѣ.

Отъ р. Сезіи до р. Тичино каналъ слѣдуетъ по восточному направленію и проходитъ сифонами въ 3 отверстія, по 5 метровъ въ свѣту, подъ р. Агонья, затѣмъ сифономъ такихъ же размѣровъ подъ р. Тердоппіо и на этомъ протяженіи пересѣкаетъ желѣзную дорогу изъ Новары въ Арону и большое число шоссейныхъ дорогъ,

которыя направляются къ сѣверу отъ Верчелли и Новары. Полная длина всего канала составляетъ 82,230 километра. Соединеніе канала и р. Тичино проектировано, но не приведено въ исполненіе.

Замѣчательна заботливость, съ которою устроено соединеніе канала съ пересѣкаемыми имъ водными потоками. При пересѣченіи съ рѣками Dora Baltea, Эльво, Черво, Сезія и т. д., устроены спускные шлюза частью для того, чтобы предупредить прорывъ банкетовъ при пониженіи воды въ каналѣ, а частью для того, чтобы быстрѣе спускать воду изъ канала въ рѣки на случай, когда приходится опорожнить каналъ.

Размѣры и уклонъ канала.

Дно канала у регулятора, или водопріемнаго шлюза, имѣетъ ширину 40 метровъ на протяженіи одного километра и затѣмъ до 9-го километра постепенно съуживается до 20 метровъ, каковую ширину (20 метровъ) сохраняетъ до 62,570 километра—пункта, въ которомъ отдѣляется отъ канала Roggia Busca. Отсюда до р. Тердоппіо ширина дна равняется 12,5 метровъ, и наконецъ отъ Тердоппіо до Тичино—ширина дна равна 7,5 метра.

Банкеты канала, имѣющіе наверху ширину 1,5 метра, возвышаются надъ дномъ канала на 3,8 метра на протяженіи до Roggia Busca, а отсюда до Тердоппіо на 3,5 метра, и, наконецъ, на протяженіи отъ этой рѣки до Тичино возвышеніе банкетовъ надъ дномъ канала равно 3,2 метра.

Откосы каналу приданы ординарные, т. е. 45°, и несмотря на то, что подпочва состоитъ изъ гравія, они хорошо держатся. Это можетъ быть объяснено тѣмъ обстоятельствомъ, что вода рѣки По насыщена большимъ количествомъ ила, который осаждается на откосы и укрѣпляетъ ихъ. Въ нѣкоторыхъ мѣстахъ, именно въ закругленіяхъ, тамъ, гдѣ откосы особенно сильно подвержены разрушительному дѣйствію теченія, они укрѣплены каменной наброской изъ вынутаго со дна канала гравія, покрытаго слоемъ бетона и цемента.

Параллельно каналу устроена проѣзжая дорога, шириною 3 метра, предназначенная только для служащихъ при каналѣ. Тамъ, гдѣ эта дорога необходима для мѣстнаго сообщенія—ей придана большая ширина.

Паденіе всего канала слѣдующее: отъ порога впускного шлюза, отмѣтка котораго надъ уровнемъ моря — 173,45 метра, дно канала опускается до р. Тичино (отмѣтка 151,72 метра) всего на 21.73 метра и составляетъ, такимъ образомъ, паденіе въ 0,264 метра на 1 километръ.

По профили канала можно видѣть, что отступленіе отъ этого средняго паденія очень мало, а именно: на первомъ километрѣ отъ впускного шлюза паденіе дано въ 0,5 метра на 1 километръ; далѣе на акведукѣ чрезъ р. Dora Baltea и прилегающей къ нему дамбѣ придано паденіе въ 0,36 метра на 1 километръ на разстояніи въ 2.300 метровъ и, наконецъ, бо́льшія паденія приданы участкамъ канала, лежащимъ непосредственно за акведуками и сифонами.

Характеръ и число главныхъ сооруженій канала.

Какъ сказано выше, откосы канала Кавура держатся очень хорошо.

Грунтъ на протяженіи канала состоитъ изъ слоя гравія, который покрытъ болѣе или менѣе толстымъ слоемъ глины. Когда въ каналѣ вода стоитъ низко, то можно видѣть, что откосы находятся точно въ такомъ же состояніи, какъ въ то время, когда рыли каналъ. Такой благопріятный результатъ долженъ быть приписанъ большому количеству влекомаго рѣкою Po ила, который отлагается на откосахъ.

Всѣ сооруженія канала Кавура возведены изъ кирпичной кладки. Наиболѣе подверженныя разрушенію части сооруженій выведены изъ тесаной кладки изъ прекраснаго гранита, добытаго въ предгорьяхъ Альповъ. Съ большимъ успѣхомъ и съ большими сбереженіями въ расходахъ употребляли для одежды нѣкоторыхъ частей гравій, добытый при отрывкѣ канала, покрывая его правильной кирпичной кладкой. Употребленный здѣсь кирпичъ весьма разнообразнаго свойства. Нѣкоторыя сооруженія выведены изъ такого непрочнаго кирпича, что надо предвидѣть скоро значительныя исправленія и даже перестройки. При общемъ распространеніи здѣсь кирпича, слѣдовало бы прибѣгать къ употребленію клинкера.

Употребленный здѣсь гидравлическій цементъ также не имѣетъ

той твердости камня, какую привыкли видѣть въ гидротехническихъ работахъ въ Германіи.

На каналѣ Кавура поражаетъ необыкновенно большое число переходовъ водныхъ потоковъ поверхъ канала или подъ дномъ канала, выражающееся въ такомъ же числѣ акведуковъ и сифоновъ. Это объясняется множествомъ существовавшихъ здѣсь потоковъ и водоотводныхъ каналовъ до сооруженія канала Кавура, почему, при сооруженіи послѣдняго, старались всячески избѣгать нарушенія существовавшаго здѣсь роднаго режима, которымъ очень дорожили владѣльцы орошенныхъ полей ниже новаго канала. Если бы не это обстоятельство, то во многихъ случаяхъ можно было бы избѣгнуть цѣлыхъ сооруженій, впуская воду изъ нѣкоторыхъ потоковъ въ каналъ и затѣмъ выпуская ее изъ канала, гдѣ нужно. Но, какъ сказано, землевладѣльцы боялись болѣе всего утраты воды и потому требовали устройства отдѣльныхъ сооруженій для проведенія къ нимъ воды тѣхъ потоковъ, которыми они прежде пользовались.

Въ соотвѣтственныхъ мѣстахъ устроены мосты при акведукахъ и сифонахъ. Вотъ краткій перечень сооруженій на каналѣ Кавура:

1 регуляторъ и спусковой шлюзъ съ плотиною въ головѣ канала,
2 желѣзнодорожныхъ моста,
9 мостовъ на шоссейныхъ дорогахъ,
15 мостовъ на общинныхъ дорогахъ,
38 мостовъ на полевыхъ дорогахъ,
8 мостовъ на канальныхъ дорогахъ при сифонахъ,
38 водопроводныхъ мостовъ, или акведуковъ, для провода канала Кавура чрезъ рѣки и для провода чрезъ каналъ Кавура пересѣкающихъ его потоковъ.
1 мостъ съ сифономъ.
11 мостовъ при акведукахъ на общинныхъ дорогахъ,
5 таковыхъ же на полевыхъ дорогахъ,
185 сифоновъ, изъ которыхъ 57 имѣютъ болѣе одного отверстія или пропуска,
2 сифона съ пятью пропусками,
8 большихъ спускныхъ шлюзовъ, изъ которыхъ 2 соединены съ сифономъ.
19 сторожевыхъ домовъ.

Не считая сооруженій на питательномъ каналѣ изъ р. Dora Baltea, всего на каналѣ Кавура находится:

118 мостовъ,
39 водопроводныхъ мостовъ,
197 сифоновъ,
8 спускныхъ шлюзовъ

и, слѣдовательно, *одинъ* мостъ на каждыя 0,7 километра длины канала, *одинъ* водопроводный мостъ на каждые 2,1 километра, *одинъ сифонъ* на каждыя 0,4 километра.

Очеркъ главнѣйшихъ сооруженій канала.

а) *Водопріемный шлюзъ* (регуляторъ). Шлюзъ этотъ построенъ близъ города Кивассо и поражаетъ своею грандіозностью и прекраснымъ исполненіемъ, указывающимъ въ то же время на значительную стоимость этой работы. Сооруженіе это состоитъ изъ трехъ этажей. Въ нижнемъ находятся щиты, закрывающіе отверстія шлюза, средній этажъ приноровленъ къ управленію щитами и помѣщенію ихъ, когда они подняты, а верхній этажъ, или галлерея, расположенная на уровнѣ мѣстнаго горизонта, приспособлена къ управленію, т. е. подъему и опусканію щитовъ. Сложное отверстіе шлюза равно 40 метрамъ. На концахъ его сдѣланы пристройки, въ которыхъ [illegible] жилье для сторожей и кладовыя для матеріаловъ и инструментовъ.

Порогъ шлюза находится на высотѣ [illegible] метра надъ уровнемъ моря, а самая низкая вода въ рѣкѣ По [illegible] на высотѣ [illegible] метра надъ порогомъ шлюза.

[illegible] отверстій, число которыхъ равно 2[illegible], [illegible] 1,5 метра и 2,2 метра въ высоту. Такимъ образомъ, [illegible] отверстій шлюза [illegible] 4[illegible] квадратныхъ метра, что, при количествѣ [illegible] воды, равномъ [illegible] куб. метровъ, [illegible] скорость въ [illegible] метра. При [illegible] постройки этого шлюза, скорость эта не можетъ считаться [illegible], и можно даже думать, что, не заботясь о ея [illegible], можно бы [illegible] [illegible].

Быки, раздѣляющіе шлюзныя отверстія, имѣютъ всего 0,4 метра толщины и устроены изъ превосходнаго гранита, изъ котораго тоже сдѣланы лещадки, перекрывающія шлюзныя отверстія.

Въ гранитныхъ быкахъ сдѣлано три ряда пазовъ. Изъ нихъ передній, обращенный къ подпертой водѣ, назначенъ для шандорныхъ брусьевъ; второй, или средній, для щитовыхъ затворовъ шлюзныхъ отверстій, а задній, приходящійся также внутри зданія, для второго ряда щитовыхъ затворовъ, устроенныхъ для предупрежденія опасныхъ случайностей. Эта, можно сказать, роскошь въ предпринятіи предохранительныхъ мѣръ оправдывается, однако, важностью сооруженія, отъ котораго зависитъ благосостояніе огромной площади орошенія.

Щиты поднимаются самыми простыми способами, какъ это объяснено въ трудѣ г. Флинна. Тутъ нѣтъ ни зубчатыхъ полосъ и колесъ, ни винтовъ, а просто прикрѣпленные къ щитамъ вертикальные стержни изъ полосового желѣза съ отверстіями, въ которыя вставляется однимъ рабочимъ ломъ для поднятія щита на извѣстную высоту въ то время, какъ другимъ рабочимъ вставляется ключъ изъ болтового желѣза въ другое отверстіе для поддержанія щита на извѣстной высотѣ въ то время, когда первый рабочій, вынувъ ломъ изъ перваго отверстія, вставляетъ его въ слѣдующее затѣмъ.

Такое простое устройство подъема щитовъ заслуживаетъ вниманія еще и потому, что опусканіе щитовъ собственнымъ вѣсомъ происходитъ само собою и весьма скоро.

Закрытое помѣщеніе надъ шлюзами обезпечиваетъ благопріятныя условія жизни сторожей, удобное управленіе щитами въ ночное и ненастное время, предохраняетъ деревянныя части затворныхъ приспособленій отъ преждевременнаго гніенія и, наконецъ, придаетъ законченный видъ всей постройкѣ. Въ Германіи, гдѣ климатъ суровѣе, такое расположеніе считалось бы роскошью, и нигдѣ не встрѣчается. Въ Венгріи, на каналѣ Бега, есть одинъ такой шлюзъ, но несравненно меньшихъ размѣровъ. Во Франціи и Испаніи тоже нѣтъ закрытыхъ шлюзовъ, но тамъ климатъ значительно мягче.

Рядомъ съ регуляторомъ канала Кавура устроенъ спускной шлюзъ для спуска воды изъ р. По и уменьшенія напора на регуляторъ. Этотъ спусковой шлюзъ имѣетъ только одинъ рядъ щитовыхъ отверстій. Ихъ всего девять, каждый шириною 1,65 метра въ свѣту и

высотою 3,34 метра. Порогъ этого спускового шлюза находится на 0,3 метра ниже порога регулятора, для того, чтобы влекомые по дну наносы, по возможности, менѣе попадали въ регуляторъ.

Водопроводные мосты, или акведуки.

Какъ сказано выше, большое число рѣкъ и потоковъ, пересѣкаемыхъ каналомъ Кавура, вызвало на немъ устройство многочисленныхъ водопроводныхъ мостовъ съ прилегающими къ нимъ длинными дамбами для провода канала чрезъ долины этихъ рѣкъ.

Изъ водопроводныхъ мостовъ болѣе замѣчательны акведуки чрезъ рѣки Dora Baltea, Cervo, Roasenda и Marchiazza. Эти акведуки построены одинаковымъ образомъ и отличаются между собою только своими размѣрами. Поэтому здѣсь приводится описаніе только акведука чрезъ Dora Baltea, какъ самаго значительнаго. Этотъ водопроводный мостъ устроенъ въ разстояніи 10.872 метра отъ регулятора канала у Кивассо. Водопроводный мостъ и примыкающія къ нему дамбы имѣютъ общую длину въ 2.318 метровъ.

Этотъ участокъ канала производитъ внушающее впечатлѣніе. Едва ли есть въ Европѣ такой участокъ канала, который проводилъ бы такую огромную массу воды, а именно около 100 куб. метровъ въ секунду по насыпи, возвышающейся на 7 метровъ надъ окружающею мѣстностью.

При паводкахъ въ р. Dora Baltea, которая вытекаетъ изъ предгорья Mont Rosa съ огромнымъ паденіемъ, увлекая съ собой большую массу голыша, особенно ярко выступаетъ характеръ этихъ двухъ пересѣкающихся водныхъ потоковъ: съ одной стороны — неограниченная сила бушующей и увлекающей камни воды, протекающей съ огромной скоростью сквозь отверстія водопроводнаго моста и стремящейся разрушить это грандіозное сооруженіе, а съ другой стороны — плавное и медленное теченіе высоко поднятой массы воды, предназначенной облагодѣтельствовать землевладѣльцевъ и безпрепятственно проходящей чрезъ широкую долину рѣки Dora Baltea.

Фундаментъ этого акведука устроенъ изъ бетоннаго слоя, окруженнаго шпунтовыми сваями. Девять арокъ водопровода имѣютъ, каждая, отверстіе въ 16 метровъ. Подъемъ арокъ 1,6 метра, толщина

свода у замка 0,77 метра. Своды сложены изъ кирпича, особенно тщательно обожженнаго и имѣющаго размѣры $0,32 \times 0,16 \times 0,9$ метра. Для другихъ частей сооруженія употребленъ кирпичъ обыкновенныхъ размѣровъ.

Въ нѣкоторыхъ мѣстахъ своды обнаруживаютъ довольно значительную фильтрацію, и если ея не остановить, то это можетъ принести большой вредъ сооруженію. Вѣроятно, при наполненіи канала своды нѣсколько осѣли, образовавъ незамѣтныя трещины, что и вызвало просачиваніе чрезъ нихъ воды. Пазухи сводовъ заполнены бетономъ и покрыты сверху слоемъ цемента. Внутренняя поверхность водопроводнаго ложа также покрыта слоемъ цемента отъ 6 до 7 миллиметровъ на всю высоту, по которой протекаетъ вода.

Парапеты водопроводнаго ложа, которое на акведукѣ имѣетъ ширину 20 метровъ, имѣютъ толщину 1.75 метра и высоту 3,7 метра, возвышаясь надъ поверхностью воды въ руслѣ на 0,3 метра, причемъ глубина ея равна 3,4 метра.

Для техника прилегающія къ этому акведуку дамбы представляютъ еще большій интересъ, чѣмъ самое сооруженіе. Дѣйствительно, проведеніе канала чрезъ долину, наполненную голышемъ и гравіемъ, на такой значительной длинѣ и на такой высотѣ представлялось чрезвычайно смѣлой работой, но, какъ бы то ни было, задача эта была вполнѣ разрѣшена, хотя вначалѣ, при наполненіи канала водою, были въ насыпяхъ значительныя фильтраціи.

Основаніе подъ насыпь сдѣлано изъ бетона, налитаго въ сдѣланную въ грунтѣ выемку, которая только въ двухъ мѣстахъ, гдѣ грунтъ оказался болѣе слабымъ, была ограждена каменными стѣнами, между которыми произведена насыпка дамбы. Стѣна эта сложена изъ полученнаго на мѣстѣ голыша съ прокладкой рядами кирпичной кладки.

Сифоны.

Условія мѣстности не допускали возможности провести поверхъ канала всѣ спускающіеся съ горъ рѣки и потоки посредствомъ водопроводныхъ мостовъ, и потому явилась необходимость, наоборотъ, провести каналъ подъ ложемъ рѣкъ Эльво, Сезія, Агонья и Тердоппіо.

Сифонъ, устроенный при такихъ условіяхъ подъ русломъ рѣки Сезія, является, можно сказать, торжествомъ инженернаго искусства. Сезія беретъ начало съ массива горы Розы и потому подвержена огромнымъ колебаніямъ уровня въ ней воды. Зимою и весною по ея широкому, усѣянному голышемъ руслу можно почти пройти пѣшкомъ, но лѣтомъ, когда таютъ снѣга, русло ея наполняется огромнымъ количествомъ мутной воды, увлекающей съ необыкновенной скоростью массу камней и наполняющей значительную часть долины.

При высокой водѣ по Сезіи протекаетъ 4.500 куб. метровъ въ секунду, т. е. почти такое количество, какъ въ Бременѣ—въ самую высокую воду, и проведеніе канала Кавура съ расходомъ воды около 100 куб. метровъ подъ этой массой воды представлялось дѣломъ весьма смѣлымъ.

При этой работѣ было обращено величайшее вниманіе на то, чтобы ложе рѣки Сезія. выше и ниже сифона. оградить дамбами и сдѣлать берега его неизмѣняемыми. и цѣль эта достигнута, несмотря на значительное паденіе и огромную скорость теченія.

Аналогичныя работы исполнены у сифона подъ р. Тердоппіо, при условіяхъ сходныхъ съ условіями р. Сезіи.

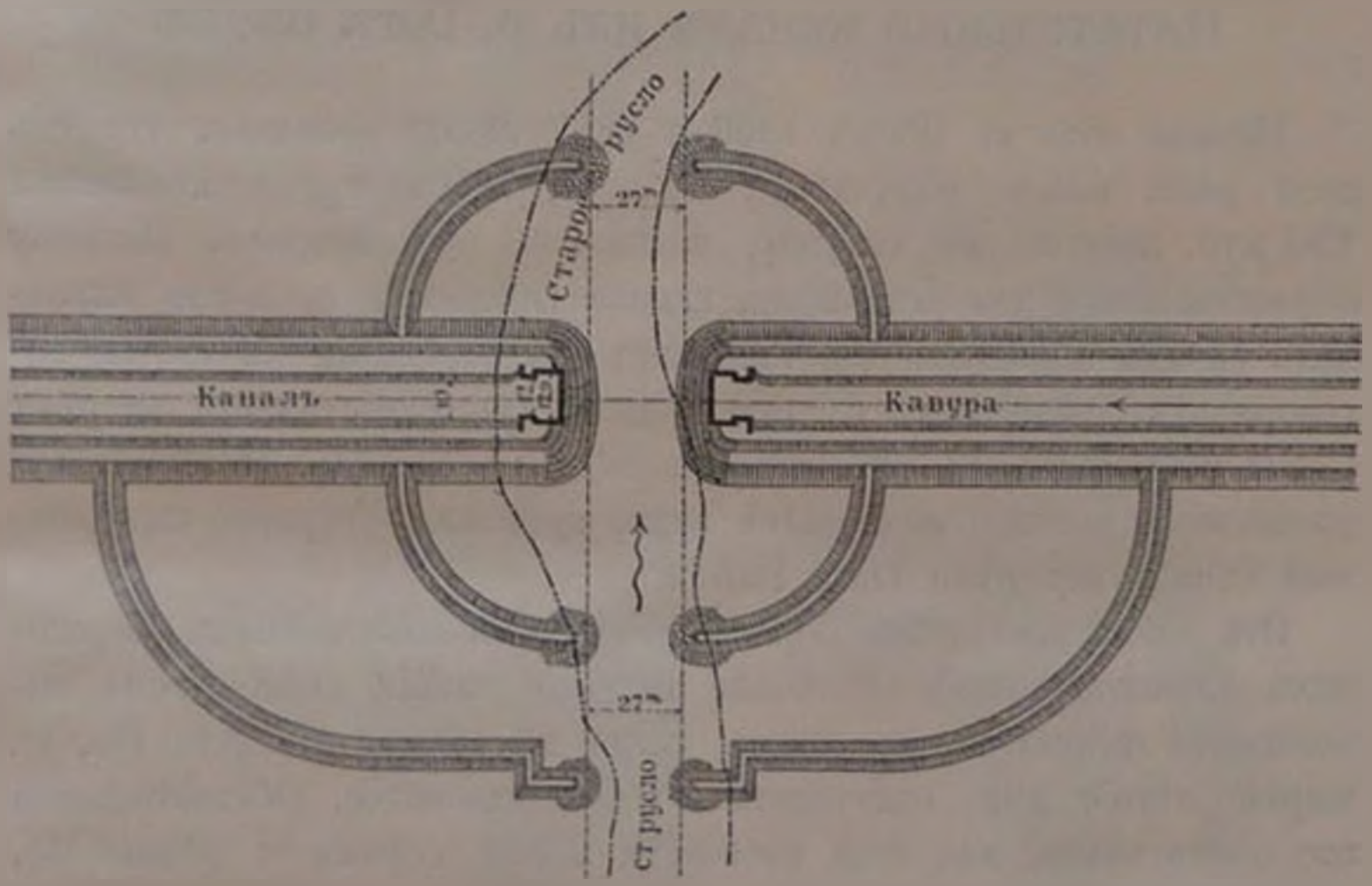
Сооруженными на мѣстѣ пересѣченія потока съ каналомъ каменными дамбами для потока устроено новое прямое прочное ложе, взамѣнъ прежняго извилистаго, а устроенныя здѣсь криволинейныя дамбы обезпечиваютъ весьма удовлетворительно банкеты канала. На р. Сезія, кромѣ того, устроена отводная каменная плотина, длиною 1.600 метровъ, которая пересѣкаетъ съ верховой стороны различные рукава рѣки и направляетъ ихъ въ новое прямое русло рѣки, подъ которымъ проведенъ сифонъ.

3 октября 1868 г. вода въ Сезіи поднялась такъ высоко, что волны ея плескали чрезъ стѣны сифона, но, вслѣдствіе непродолжительности наводка, въ сооруженіи этомъ не произошло никакого поврежденія. Тѣмъ не менѣе, вслѣдъ за этимъ стѣны сифона для безопасности были подняты еще на 0,5 метра. Въ наиболѣе опасныхъ мѣстахъ выше сифона положены большіе каменные массивы. на которые теченіе не могло бы вліять. Дамбы вымощены камнемъ, швы котораго залиты цементомъ, такъ что откосы ихъ не представляютъ теченію большого сопротивленія. Насколько скорость теченія

въ Сезіи велика во время половодья—трудно себѣ представить, хотя ее опредѣляютъ въ 3 метра въ секунду. Что скорость эта очень велика, слѣдуетъ уже изъ того, что здѣсь паденіе рѣки равно $^1/_{250}$.

Сифонъ канала Кавура подъ Сезіей имѣетъ длину 264 метра и ширину въ 32,6 метра. Онъ былъ выстроенъ въ теченіи полтора года.

На протяженіи канала Кавура вовсе не имѣется плотинъ, такъ какъ паденіе его вполнѣ использовано, и плотины или, скорѣе, водоспуски имѣются только въ банкетахъ канала, тамъ, гдѣ изъ канала выводится вода для орошенія ниже лежащихъ мѣстностей. Плотины



Черт. 170.

эти, или водоспуски, имѣются двухъ типовъ—съ наклонной плоскостью и съ вертикальнымъ перепадомъ. Опытъ показалъ, что водоспуски съ наклонной плоскостью дешевле и легче поддерживаются въ исправности.

Всѣ мосты на каналѣ Кавура построены изъ кирпича и имѣютъ ту особенность, что они большею частью соединены съ водопроводнымъ мостомъ или сифономъ, устроеннымъ на пересѣченіи канала съ перерѣзывающими его потоками. Это происходитъ отъ того, что почти всѣ оросительные каналы проведены здѣсь параллельно существующимъ дорогамъ.

Спусковые, или питательные, шлюза расположены въ банкетахъ канала, съ одной стороны—чтобы спускать воду изъ канала въ существующія рѣки и потоки, и съ другой стороны—чтобы снабжать водою пересѣкающіе каналъ существующіе и вновь устроенные второстепенные каналы.

Такіе спусковые шлюза устроены при всѣхъ большихъ рѣкахъ, а именно: у р. По между Кивассо и Вероленго, затѣмъ у рѣки Dora Baltea, Эльво, Черво, Сезія и Агонья.

Питательный каналъ изъ р. Dora Baltea.

Низкая вода въ По въ 1866 и 1867 годахъ доказала, что изъ этой рѣки можно получать у Кивассо, вмѣсто предполагавшихся 110 куб. метровъ въ секунду, только 40 куб. метровъ. Поэтому образовавшееся для устройства канала Общество не могло выполнить своихъ обязательствъ, такъ какъ, на основаніи 29 статьи договора отъ 9 мая 1862 г., оно должно было доставлять за рѣку Сезію не меньше 90 куб. метровъ воды въ секунду. Поэтому, для доставленія полнаго количества воды, пришлось устроить питательный каналъ изъ рѣки Dora Baltea.

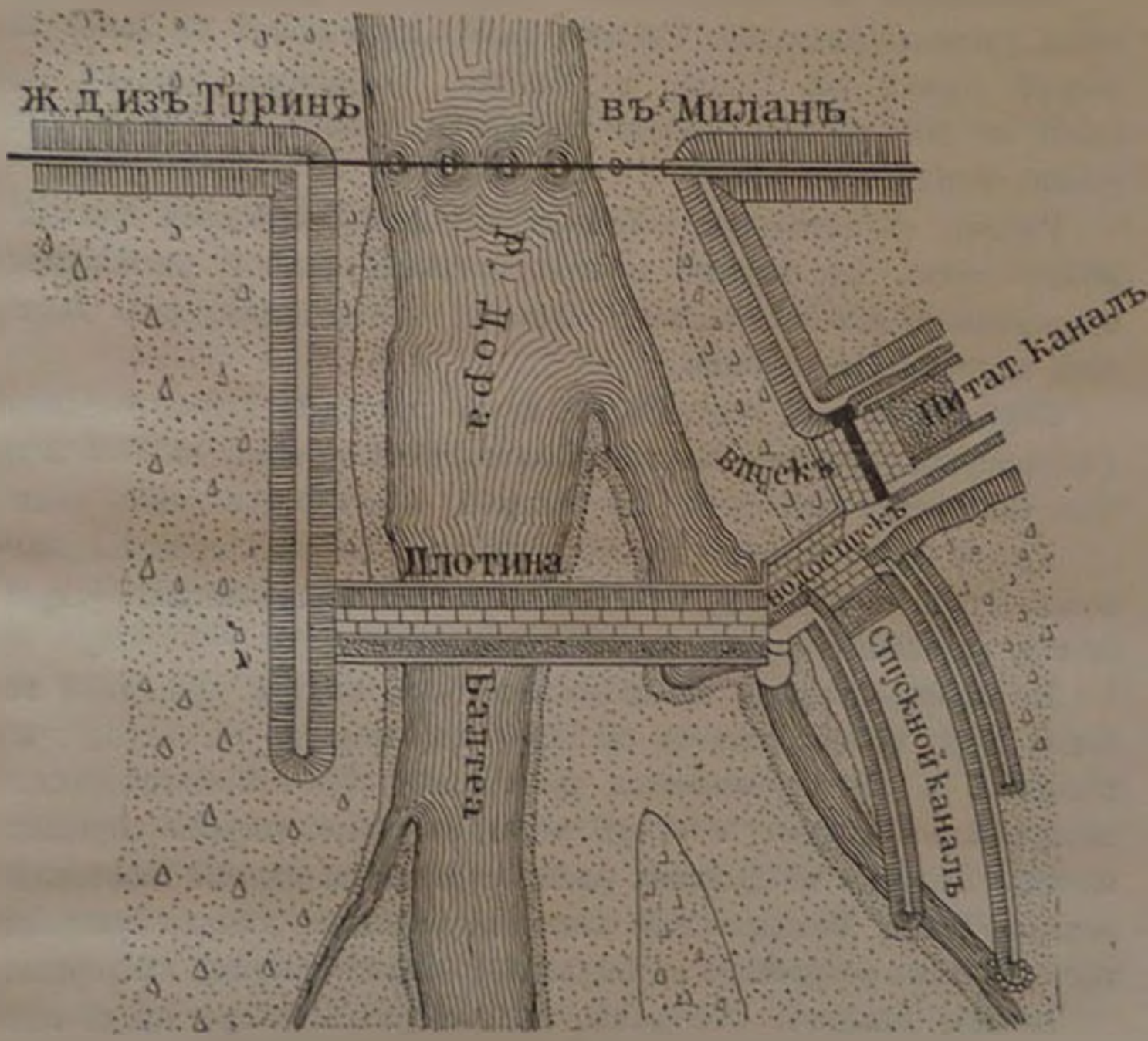
Эта послѣдняя рѣка беретъ начало въ высочайшихъ вершинахъ Альповъ, почему отъ болѣе поздняго таянія снѣговъ она наполняется водою въ то время, когда въ рѣчной области По, въ жаркіе лѣтніе дни, наступаетъ полное маловодье. Обстоятельство это очень важно для всей мѣстности между горами и рѣкою По, и потому, чтобы удовлетворить потребности въ водѣ, пришлось устроить питательный каналъ для снабженія водою рѣки Доры Балтеи каналъ Кавура, который, только благодаря этому, и имѣетъ такое важное значеніе.

По произведеннымъ въ сухое лѣто 1867 г. измѣреніямъ, р. Dora Baltea, за снабженіемъ всѣхъ существовавшихъ каналовъ и надобностей, располагала еще свободнымъ остаткомъ воды въ 110 куб. метровъ, почему и рѣшено было взять изъ нея 70 куб. метровъ для снабженія канала Кавура и устроить для этого каналъ вдоль лѣваго берега Dora Baltea.

При этомъ явилось то весьма благопріятное обстоятельство, что, вслѣдствіе очень сильнаго паденія мѣстности, оказалось возможнымъ

взять воду изъ рѣки ниже того пункта, гдѣ ее пересѣкаетъ желѣзная дорога изъ Турина въ Миланъ, что давало возможность избѣгнуть постройки моста для этого важнаго пути и, кромѣ того, давало возможность выбрать удобное мѣсто для головы канала.

Длина этого питательнаго канала очень мала и равна всего 3.153 метр., глубина въ немъ воды 1,8 метра, ширина канала на



Черт. 171.

дитъ 32 метра. Уклонъ поверхности составляетъ 0,32 метра на километръ, между тѣмъ какъ въ каналѣ Кавура уклонъ равенъ 0,36 метра. Результатомъ этого между прочимъ является то обстоятельство, что наносы, которые влечетъ вода питательнаго канала, могутъ осаждаться до достиженія ею канала Кавура. Скорость воды въ питательномъ каналѣ опредѣлена въ 1,15 метра въ секунду.

Такъ какъ вся мѣстность, приближаясь къ каналу Кавура, имѣетъ очень значительное паденіе, то пришлось опустить дно канала на послѣднихъ 500 метрахъ, чрезъ что здѣсь образовался отстойный бассейнъ, въ которомъ отлагается песокъ и прочіе наносы, откуда ихъ отъ времени до времени и извлекаютъ, чтобы не допустить ихъ въ водопріемный шлюзъ, снабжающій каналъ Кавура.

Подпорныя и водопріемныя сооруженія расположены здѣсь очень удовлетворительно. Система дамбъ примыкаетъ къ дамбѣ желѣзной дороги изъ Турина въ Миланъ; подпорная плотина, при длинѣ въ 200 метровъ, имѣетъ гребень на высотѣ 174 метра выше уровня моря.

Рядомъ съ подпорной плотиной находится спускной шлюзъ, а между этимъ послѣднимъ и лѣвобережной дамбой расположенъ водопріемный шлюзъ. Такимъ образомъ, предъ послѣднимъ обезпечена надлежащая глубина.

Спускной шлюзъ состоитъ изъ двухъ отверстій: одного большого для пропуска большихъ паводковъ, отверстіемъ въ свѣту въ 17,7 метр. Оно запирается затворомъ, состоящимъ изъ вертикальныхъ спицъ.

Другое малое отверстіе спускного шлюза, для регулированія обыкновенныхъ высокихъ водъ, имѣетъ четыре щита обыкновеннаго устройства и сложное отверстіе въ 6,8 метра.

По произведеннымъ наблюденіямъ, Дора Балтеа, при самой высокой водѣ, имѣетъ расходъ въ 3.150 куб. метровъ въ секунду, изъ которыхъ 2.732 переливаются чрезъ дамбу, 334 куб. метра должны поступать въ большое, а 84 куб. метра въ малое отверстіе спускного шлюза. Подпоръ не долженъ распространяться дальше желѣзнодорожнаго моста. Водопріемный шлюзъ питательнаго канала построенъ такъ же, какъ регуляторъ въ Кивассо, съ двумя крытыми галлереями.

Полное отверстіе его равно 32,1 метра. Подпоръ предъ нимъ опредѣленъ въ 0,12 метра, съ тѣмъ, чтобы чрезъ его девять отверстій (каждое въ 3,2 метра) пропустить въ каналъ нужное количество воды. Арки, перекрывающія эти отверстія, имѣютъ подъемъ въ 0,31 метра и толщину въ 0,5 метра. Быки между ними имѣютъ толщину 0,4 метра. Чтобы облегчить управленіе щитами, каждый пролетъ раздѣленъ гранитными столбами надвое, такъ что какъ съ низовой, такъ и съ верховой стороны имѣется всего по 18 щитовъ. Шлюзъ, который соединяетъ питательный каналъ съ каналомъ Ка-

пура, соединяетъ съ косымъ сводчатымъ мостомъ чрезъ дорогу, ведущую къ каналу. Мостъ этотъ имѣетъ 4 пролета, которые тоже подраздѣлены на меньшіе пролеты гранитными столбами.

Постройка этого канала была разрѣшена 19 февраля 1869 г., а въ іюлѣ 1870 г. каналъ былъ конченъ.

Каналъ Lomellino.

Для орошенія страны между рѣками Агонья и Тичино, въ 1871 г. построенъ, а въ 1872 году открытъ для пользованія каналъ Lomellino, составляющій конечную вѣтвь канала Кавура, изъ котораго онъ начинается въ окрестностяхъ города Новары. Онъ направляется сперва къ этому городу, обходитъ его съ восточной стороны, затѣмъ направляется вдоль желѣзной дороги изъ Новары въ Мортару и оканчивается въ 23,5 километрахъ отъ канала Кавура у м Chilavegna. На концѣ этотъ каналъ раздѣляется на двѣ вѣтви: одна направляется на г. Vigevano, а другая идетъ по направленію главнаго канала и оканчивается у шоссе изъ Vigevano въ Мортару въ 28,2 километра отъ начала Ломеллинскаго канала. Паденіе канала, въ зависимости отъ характера мѣстности, очень значительно. Дно его отъ канала Кавура до шоссе изъ Мортары въ Vigevano имѣетъ паденіе 152.17 — 108.19 = 44 метра на длину 28,2 километра. Этимъ неблагопріятнымъ обстоятельствомъ воспользовались, чтобы извлечь изъ него пользу для промышленности, употребляя воду и какъ двигатель. Такимъ образомъ, на этомъ каналѣ построены 23 плотины, на которыхъ сосредоточено около [illegible], всего паденія канала.

Каналъ имѣетъ на днѣ ширину въ 10 метровъ, откосы ординарные, т. е. 45°, глубина воды 1.9 метра, а высота банкетовъ надъ дномъ равна 2.2 метра. По расчету, расходъ воды въ каналѣ равенъ 30 куб. метрамъ въ секунду.

Послѣднее отвѣтвленіе въ Мортарѣ имѣетъ ширину на днѣ въ 3 метровъ, внутренніе откосы, т. е. 1', основанія на 1 высоты, а расходъ въ немъ, начиная на концѣ главнаго канала уменьшился на 18 куб. метровъ въ секунду, равняется всего 7 куб. метрамъ. Расположенныя на Ломеллинскомъ каналѣ въ окрестностяхъ Новары, эти плотины имѣютъ весьма благопріятное положеніе. Падѣніе одной имѣетъ высоту въ 2,33, а другая въ 2,26 метра, и при

расходѣ канала въ 28 куб. метровъ въ секунду, доставляютъ механическую работу: одна въ 968, а другая въ 813 лошадиныхъ силъ. Въ общемъ, работа, доставляемая перепадами на всемъ Ломеллинскомъ каналѣ, составляетъ 9.716 лошадиныхъ силъ.

Близость желѣзныхъ дорогъ изъ Новары въ Мортару и изъ Мортары въ Виджевано, а также близость городовъ Новары и Мортары, несомнѣнно, содѣйствуетъ, при помощи этихъ водяныхъ силъ, цвѣтущему состоянію окрестной страны, называемой Ломеллинской, какъ въ промышленномъ, такъ и въ сельскохозяйственномъ отношеніи. Стоимость всего Ломеллинскаго канала составила 2.300.000 лиръ.