

Институтъ инженеровъ путей сообщения Императора Александра I.



КУРСЪ ВНУТРЕННИХЪ ВОДЯНЫХЪ СООБЩЕНІЙ.

Л Е К Ц І И,

ЧИТАННЫЯ

В. Г. Зброженкомъ,

ИНЖЕНЕРОМЪ ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ,

Преподавателемъ и Инспекторомъ Института инженеровъ путей сообщения
Императора Александра I.

Выпускъ 2-й

СЪ 49 ТАБЛИЦАМИ ЧЕРТЕЖЕЙ.



С.-ПЕТЕРБУРГЪ.

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

1892.

Печатано по распоряженію Института инженеровъ путей сообщенія
ИМПЕРАТОРА АЛЕКСАНДРА I.

ОГЛАВЛЕНІЕ.

О Т Д Ъ Л Ъ II-ой.

Техническія мѣры благоустройства и улучшенія естественнаго судоходнаго состоянія рѣкъ.

Глава I.

Мѣры благоустройства.

	Стр.
§ 1. Раздѣленіе рѣкъ на судоходныя и сплавныя и мѣры благоустройства судоходныхъ рѣкъ вообще	117
§ 2. Наблюденія надъ состояніемъ воды и русла	119
§ 3. Обозначеніе ходовой полосы и особыя приспособленія для безопаснаго направленія по ней судовъ	126
§ 4. Мѣста нагрузки и выгрузки судовъ:	
Общія соображенія	133
Пристани	136
Укрѣпленные откосы	139
Каменные набережныя	141
Деревянныя набережныя	167
Металлическія набережныя	171
Коммерческіе доки	172
§ 5. Мѣста стоянокъ и зимовокъ судовъ	173
§ 6. Бичевники	176

Глава II.

Мѣры улучшенія естественнаго судоходнаго состоянія рѣкъ.

§ 1. Препятствія, встрѣчаемыя въ рѣкахъ судоходствомъ	180
§ 2. О расчисткѣ рѣчныхъ руселъ вообще	184

	Стр.
§ 3. Выемка засореній, состоящихъ изъ отдѣльныхъ твердыхъ предметовъ	188
§ 4. Взрывныя работы.	193
§ 5. Выемка землястыхъ засореній и землекопныя работы.	200
§ 6. Удаленіе землястыхъ засореній и наносныхъ отложеній искусственнымъ смывомъ.	208
§ 7. Матеріалы и работы для укрѣпленія береговъ и выправленія рѣкъ.	215
§ 8. Укрѣпленіе береговъ	230
§ 9. Выправительныя сооруженія	238
§ 10. Типы и детали выправительныхъ сооруженій.	264
§ 11. Частные случаи выправленія рѣкъ	267



ОТДѢЛЪ II.

Техническія мѣры благоустройства и улучшенія естественнаго судоходнаго состоянія рѣкъ.

ГЛАВА I.

Мѣры благоустройства.

§ 1. Раздѣленіе рѣкъ на судоходныя и сплавыя и мѣры благоустройства судоходныхъ рѣкъ вообще.

Изъ изложеннаго въ предыдущемъ Отдѣлѣ видно, что рѣки, для возможности перемѣщенія по нимъ грузовъ, должны обладать нѣкоторыми опредѣленными качествами относительно глубины, ширины, поворотовъ и теченій; что требованія въ этомъ отношеніи предъявляются къ рѣкамъ: наибольшія—судоходствомъ, т. е. перемѣщеніемъ грузовъ въ судахъ, наименьшія сплавомъ грузовъ розсыпью и въ плотахъ и, наконецъ, что не только разныя рѣки, но и разныя участки одной и той же рѣки, въ силу разнообразныхъ условій ихъ естественнаго быта, въ различной степени удовлетворяютъ требованіямъ передвиженія по нимъ грузовъ. Поэтому не всѣ рѣки и участки рѣкъ могутъ въ естественномъ состояніи служить путями для перемѣщенія грузовъ и тѣ изъ нихъ, по коимъ перемѣщеніе грузовъ возможно, раздѣляются на двѣ категоріи: — рѣкъ *судоходныхъ* и *сплавныхъ*.

Естественно судоходными называются такія рѣки и участки рѣкъ, которыя въ естественномъ состояніи своими ширинами, глубинами, поворотами и теченіями удовлетворяютъ не менѣе, какъ минимальнымъ требованіямъ грузоваго судоходства въ теченіи всего, или большей части навигаціоннаго періода.

Славными называются такія рѣки и участки рѣкъ, которыя въ естественномъ состояніи тѣми же качествами удовлетворяютъ не менѣе, какъ требованіямъ возможности сплава плотовъ въ теченіи всего или большей части навигаціоннаго періода.

Само собой разумѣется, что однѣ только природныя качества естественно-судоходной рѣки, дѣлающія возможнымъ передвиженіе по ней грузовъ въ судахъ, еще не удовлетворяютъ всѣмъ потребностямъ безопаснаго, удобнаго и выгоднаго судоходства.

Судоходство по рѣкѣ не можетъ быть удобно и безопасно безъ указаній направленія свободнаго хода; оно не можетъ пользоваться бичевою тягою безъ бичевниковъ и не можетъ существовать безъ мѣстъ достаточно удобныхъ, какъ для нагрузки и выгрузки судовъ, такъ и для ихъ стоянокъ въ ожиданіи грузовъ и на пути; поэтому, для осуществленія удобнаго и выгоднаго грузоваго судоходства, на каждой естественно судоходной рѣкѣ, должествующей служить грузовымъ путемъ, вообще необходимо:

1) имѣть постоянныя наблюденія за состояніями русла и воды и, согласно наблюденіямъ, обозначать фарватеръ, съ устройствомъ, въ случаяхъ надобности, особыхъ приспособленій для безопаснаго направленія по нему судовъ;

и 2) устраивать въ мѣрѣ надобности и содержать въ исправности:

а) мѣста для нагрузки и выгрузки судовъ,

б) мѣста стоянокъ и зимовокъ судовъ въ ожиданіи грузовъ и на пути,

и в) бичевники съ приспособленіями для бичевой тяги, если она требуется.

Всю совокупность этихъ мѣръ, приспособляющихъ судоходный путь къ удобному пользованію, мы называемъ *техническими мѣрами благоустройства судоходнаго пути*; но мѣрами этими благоустройство судоходнаго пути еще не исчерпывается, — на ряду съ принятіемъ ихъ, безопасность, удобство и выгода судоходства могутъ быть обезпечены лишь при правильномъ пользованіи водянымъ путемъ, а потому на водяномъ пути еще необходимо: во 1-хъ, установленіе и строгое исполненіе судоходцами извѣстныхъ правилъ плаванія, опредѣляющихъ соотвѣтственно даннымъ условіямъ пути: необходимую крѣпкость, размѣры и осадку судовъ и плотовъ, необходимую ихъ оснастку, порядокъ ихъ слѣдованія одно за другимъ,

при встрѣчѣ и въ обходѣ, условные сигналы, составъ команды и пр.; во 2-хъ, учрежденіе, въ случаяхъ надобности, отвѣтственныхъ артелей проводниковъ, или такъ называемыхъ *лоцмановъ*, для проведенія судовъ и плотовъ въ особо затруднительныхъ мѣстахъ хода.

Для приведенія въ исполненіе и для наблюденія за исполненіемъ, какъ техническихъ мѣръ благоустройства, такъ и административныхъ распоряженій, на каждомъ судоходномъ пути, очевидно, долженъ существовать техническо-административный надзоръ, состоящій изъ высшихъ и низшихъ служащихъ, вѣдающихъ извѣстные его участки; кромѣ сего, въ видахъ обезпеченія общаго порядка и безопасности, для предотвращенія и преслѣдованія правонарушеній и преступленій, какъ среди судоходцевъ, такъ и среди прибрежныхъ жителей, долженъ быть установленъ соотвѣтственный полицейскій надзоръ.

Необходимыя на благоустроенномъ судоходномъ пути учрежденія полицейскаго и техническо-административнаго надзора, а также правила плаванія, вырабатываются путемъ практики и устанавливаются по дѣйствующимъ законоположеніямъ; въ изученіе этихъ учрежденій и правилъ мы, въ предѣлахъ нашего курса, входить не можемъ и остановимся лишь на тѣхъ техническихъ мѣрахъ, кои и съ помощью коихъ судоходный путь приспособляется къ удобному пользованію.

§ 2. Наблюденія надъ состояніемъ воды и русла.

Состояніе воды въ рѣкахъ, какъ извѣстно, постоянно измѣняется подъ вліяніемъ атмосферическихъ явленій и, на ряду съ этими измѣненіями въ состояніяхъ воды, русла рѣкъ постоянно подвергаются постепеннымъ или внезапнымъ измѣненіямъ, которыя бывають тѣмъ значительнѣе, чѣмъ размывающее дѣйствіе потока на русло сильнѣе и чѣмъ большее количество наносовъ онъ несетъ. Вслѣдствіе этого фарватеръ, или ходъ, въ рѣкахъ иногда столь значительно измѣняется въ глубинѣ, ширинѣ и направленіи, что безпрепятственное судоходство представляется невозможнымъ безъ постоянныхъ наблюденій за его измѣненіями, въ связи съ измѣненіями состояній воды, и безъ указаній его состоянія и направленія въ каждый данный моментъ.

Кромѣ сего никакое сооруженіе не можетъ быть рационально проектировано и устроено въ рѣкѣ безъ обстоятельнаго знанія условій состояній воды въ ней и свойствъ ея русла. Знаніе условій со-

стоянія воды въ рѣкѣ представляется также необходимымъ для проектированія и устройства сооружений въ предѣлахъ разлива рѣки и для обсуждения гидрологическихъ свойствъ ея бассейна. Поэтому наблюденія надъ состояніями воды и русла рѣкѣ имѣютъ весьма важное значеніе не только для ближайшихъ потребностей судоходства, но и вообще.

Необходимыя наблюденія надъ состояніями воды въ рѣкѣ заключаются:

- 1) въ наблюденіяхъ измѣненій горизонтовъ (уровней) воды;
- 2) въ промѣрахъ живыхъ сѣченій потока; и
- 3) въ измѣреніяхъ скоростей теченія при разныхъ горизонтахъ воды и исчисленіяхъ соотвѣтствующихъ имъ расходовъ воды.

Необходимыя наблюденія надъ состояніями русла рѣки заключаются:

- 1) въ опредѣленіи измѣненій въ поперечныхъ сѣченіяхъ, продольной профили и планѣ русла, и
- 2) въ промѣрахъ глубины по фарватеру.

Наблюденія эти организуются и исполняются слѣдующимъ образомъ:

Прежде всего въ долину рѣки, на наиболѣе доступномъ и открытомъ берегу ея, провѣшивается, по возможности параллельно направленію стрежня рѣки, *база*, или магистральная линія. На этой линіи и вблизи ея отыскиваются, или специально устраиваются постоянныя неизмѣняемыя точки — *реперы* и линія тщательно промѣряется, нивелируется и связывается точною нивелировкой и съемкою съ реперами. За сямъ по теченію потока избираются наиболѣе характерныя мѣста русла и долины и въ нихъ, по возможности нормально къ стрержню потока, назначаются линіи, подлежащихъ снятію, поперечныхъ профилей. Поперечныя профили русла и долины въ предѣлахъ разливовъ снимаются нивелировкой и промѣрами, при чемъ всѣ горизонтальныя измѣренія относятся къ магистральной, а вертикальныя къ реперамъ, взаимно связаннымъ между собою нивелировкой по магистральной. При помощи снятыхъ такимъ образомъ поперечныхъ профилей и магистральной можетъ быть составленъ основной планъ русла въ горизонталяхъ и основная продольная профиль его по стрержню. Въмѣстѣ съ сямъ въ наиболѣе характерныхъ точкахъ продольной профили потока и у впаденія въ него притоковъ должны быть произведены одновременныя наблюденія надъ положеніями горизонтовъ воды съ отнесеніемъ наблюденныхъ горизонтовъ къ репе-

рамъ. Нѣкоторый средній изъ одновременно наблюденныхъ по всему протяженію горизонтовъ можетъ быть принятъ за рабочій горизонтъ и нанесенъ на планъ и профили потока съ соотвѣтственнымъ исчисленіемъ отмѣтокъ глубины русла по реперамъ.

По составленіи основнаго плана и основныхъ профилей рѣки на ней учреждаются постоянные водомѣрные посты и водомѣрные станціи.

Водомѣрные посты могутъ быть учреждаемы или съ цѣлью наблюденія только измѣненій горизонтовъ воды или съ цѣлью полнаго изслѣдованія всѣхъ гидродинамическихъ элементовъ потока. Для надлежащаго изслѣдованія всѣхъ гидродинамическихъ элементовъ потока водомѣрные посты, строго говоря, должны быть учреждены во всѣхъ точкахъ переломовъ его поверхностнаго уклона, т. е. на всѣхъ границахъ плесовъ, перекаатовъ и переваловъ, а также выше и ниже впаденія каждаго притока; но такое большое число водомѣрныхъ постовъ потребовало бы слишкомъ большихъ расходовъ; поэтому на всемъ протяженіи рѣки водомѣрные посты обыкновенно учреждаются съ цѣлью наблюденій только измѣненій горизонтовъ воды и, при томъ, только въ наиболѣе рѣзкихъ и характерныхъ точкахъ перелома продольнаго уклона потока, въ наиболѣе важныхъ въ судоходномъ и административномъ отношеніи мѣстахъ, у особо важныхъ сооружений и ниже впаденія наиболѣе значительныхъ притоковъ.

Одновременныя наблюденія на такого рода водомѣрныхъ постахъ, при слабыхъ измѣненіяхъ рѣчнаго русла, могутъ дать возможность установить нѣкоторую приблизительную эмпирическую зависимость между измѣненіями горизонтовъ и глубинъ воды въ разныхъ участкахъ рѣки, что можетъ быть полезно въ судоходномъ отношеніи; но наблюденія эти не могутъ дать понятія объ измѣненіяхъ поверхностныхъ уклоновъ потока въ зависимости отъ измѣненій горизонтовъ воды и вообще не могутъ служить основаніемъ для какихъ либо точныхъ гидрологическихъ заключеній. Такое учрежденіе водомѣрныхъ постовъ въ нѣкоторой степени можетъ быть дополнено учрежденіемъ *водомѣрныхъ станцій* и періодическими изслѣдованіями поперечныхъ сѣченій русла потока по теченію.

Водомѣрные станціи учреждаются въ концахъ наиболѣе характерныхъ участковъ рѣки. Каждая водомѣрная станція должна состоять изъ двухъ или лучше изъ трехъ водомѣрныхъ постовъ сра-

положенныхъ одинъ отъ другаго въ разстояніи около версты въ такихъ мѣстахъ, гдѣ долина имѣеть возможно меньшую ширину, русло имѣеть возможно правильныя очертанія и потокъ представляется по возможности сжатымъ и въ промежуткахъ между постами не принимаетъ никакихъ притоковъ и не отдѣляется въ сторону рукавовъ. На постахъ, входящихъ въ составъ водомѣрной станціи, должны производиться одновременныя наблюденія и изслѣдованія всѣхъ гидродинамическихъ элементовъ потока, какъ то: наблюденія измѣненій горизонтовъ воды, промѣры живыхъ сѣченій, измѣренія скоростей теченія, исчисленія расходовъ воды и уклоновъ потока между постами. На основаніи этихъ наблюденій могутъ быть опредѣлены: *модули* рѣки въ разныхъ мѣстахъ ея, соотношенія наименьшихъ меженныхъ и наибольшихъ расходовъ воды къ модулямъ, а также зависимость между расходами воды, возвышеніями ея надъ среднимъ дномъ и поверхностными уклонами.

Результаты наблюденій гидрометрическихъ станціи, въ связи съ наблюденіями на промежуточныхъ водомѣрныхъ постахъ и съ періодическими изслѣдованіями состоянія русла по теченію могутъ дать необходимыя данныя для рѣшенія разныхъ гидротехническихъ вопросовъ, въ связи же съ результатами метеорологическихъ наблюденій въ бассейнѣ рѣки могутъ служить для уясненія гидрологическихъ его свойствъ.

Само собою разумѣется, что на всѣхъ водомѣрныхъ станціяхъ и промежуточныхъ постахъ, кромѣ производства поименованныхъ наблюденій замѣчаются и наблюдаются всѣ особыя явленія въ потокѣ и въ особенности время и горизонты ледостава (замерзанія потока) и ледохода, а также случаи, причины и характеръ образующихся ледяныхъ зажоровъ.

Промѣры живыхъ сѣченій и измѣренія скоростей производятся описанными въ геодезіи способами, но при этомъ всѣ горизонтальныя и вертикальныя измѣренія, какъ выше сказано, относятся къ магистраламъ и реперамъ.

Измѣренія высоты горизонтовъ воды производятся посредствомъ водомѣрныхъ реекъ.

Водомѣрная рейка, указатель или гидрометръ состоитъ обыкновенно изъ деревянной, или желѣзной, а иногда фарфоровой доски, раздѣленной на доли принятой мѣры и имѣющей видъ нивеллиро-

вочной рейки. На русскихъ рѣкахъ практикуется дѣленіе водомѣрныхъ реекъ на сотыя доли сажени. Дѣленія назначаются краскою или рельефомъ попеременно чрезъ 5 сотыхъ на правой и на лѣвой сторонѣ рейки и снабжаются числовыми надписями отъ нуля вверхъ и внизъ. Рейки устанавливаются (укрѣпляются) у постоянныхъ сооруженийъ, въ мѣстахъ защищенныхъ отъ волненій, ледохода, плавающихъ тѣлъ и т. п. такимъ образомъ, чтобы отсчетываніе на нихъ высоту стоянія воды было всегда удобно. Если возможно, ихъ ставятъ вертикально; иногда же наклонно, если поверхность, къ которой они прикрѣпляются, наклонна, какъ напр. откосъ дамбы и т. п. Въ такихъ случаяхъ дѣленія рейки, должны быть сдѣланы въ измѣненномъ масштабѣ, соотвѣтственно уклону откоса. Если у водомѣрнаго поста нѣтъ подходящихъ сооруженийъ, то въ русло рѣки, въ наиболѣе защищенномъ мѣстѣ забивается свая, верхъ коей срезывается ниже уровня самаго низкаго горизонта воды. Положеніе этой сваи (черт. 1 таб. 16) опредѣляется линіею, обозначенною на берегу двумя сваями и разстояніемъ l отъ ближайшей изъ нихъ; возвышеніе же верха ея связывается точною нивелировкой съ реперомъ. Измѣреніе высотъ воды производится отъ верха такимъ образомъ установленной сваи отмѣромъ посредствомъ переносной рейки.

При очень пологихъ берегахъ и большихъ разностяхъ въ высотахъ низкихъ и высокихъ водъ бываетъ гораздо удобнѣе устанавливать не одну постоянную рейку или сваю, а двѣ и болѣе рейки или сваи на разныхъ высотахъ (черт. 2 таб. 16). Положеніе такихъ реекъ или свай по высотѣ должно быть связано точною нивелировкой.

Выборъ положенія нуля водомѣрной рейки, строго говоря, не особенно важенъ; но разъ принятое положеніе нуля должно быть строго сохраняемо. Для вновь устанавливаемыхъ реекъ слѣдуетъ принимать за нуль извѣстный самый низкій меженный горизонтъ. Положеніе нулей водомѣрныхъ реекъ и свай должно быть возможно чаще проверяемо по реперамъ (не менѣе 1 раза въ годъ) и въ особенности послѣ каждаго ремонта рейки или сваи и при всякомъ малѣйшемъ сомнѣніи. За сохраненіемъ реперовъ, къ которымъ отнесены водомѣрные рейки, и сваи слѣдуетъ тщательно наблюдать. Они должны быть точно обозначены на ситуационныхъ планахъ и профиляхъ.

Измѣренія высотъ воды должны производиться на всѣхъ постахъ одновременно и ежедневно; во время обыкновенныхъ наводковъ ихъ

дѣлають раза три въ день, а при особенно большихъ и быстрыхъ прибыляхъ воды ихъ дѣлають и черезъ часъ. Подобныя частыя измѣренія полезны и иногда необходимы въ исключительныхъ случаяхъ; но, при обыкновенныхъ нормальныхъ условіяхъ, установленіе слишкомъ частыхъ наблюденій скорѣе вредно, чѣмъ полезно, ибо обиліе наблюденій утомляетъ вниманіе наблюдающихъ и уменьшаетъ значительно вѣрность наблюденій, а нѣсколько невѣрныхъ наблюденій, вошедшихъ въ исчисленія, могутъ привести къ совершенно ложнымъ выводамъ. По тѣмъ же причинамъ слѣдуетъ избѣгать ночныхъ наблюденій, въ особенности зимою, ибо наблюденіямъ этимъ, иногда сопряженнымъ съ опасностью, можно вѣрить еще менѣе. Наилучшими часами для наблюденій можно считать 8 часовъ утра, полдень и 4 часа дня.

Тамъ, гдѣ частыя измѣненія высотъ воды имѣють исключительно важное значеніе, можно устанавливать автоматическіе водоизмѣрительные приборы, какъ напр. такъ называемый мареграфъ, представляющій собою поплавокъ, помощью особаго привода приводящій въ движеніе карандашъ, отчерчивающій высоты воды на цилиндрѣ, приводимымъ въ движеніе часовымъ механизмомъ. Такого рода приборы даютъ непрерывное измѣреніе высотъ воды; ошибокъ въ ихъ показаній бояться нельзя; но высокая стоимость ихъ устройства препятствуетъ широкому ихъ примѣненію.

Собираемая данныя относительно высотъ воды для каждой рейки слѣдуетъ изображать графически кривою въ прямоугольныхъ координатахъ, откладывая въ принятомъ для всѣхъ реекъ однообразномъ масштабѣ время по абсциссамъ и высоты воды по ординатамъ.

Если вмѣстѣ съ наблюденіемъ высотъ воды производятся и измѣренія скоростей, то соотвѣтственно высотамъ воды могутъ быть исчисляемы расходы воды и результаты этихъ исчисленій также полезно изображать графически, принимая за абсцисы высоты воды и откладывая по ординатамъ расходы.

Помощью этихъ кривыхъ можно выяснитъ зависимость между расходами и высотами воды и опредѣлять расходы, соотвѣтствующіе промежуточнымъ высотамъ воды, а также вѣроятныя наименьшіе и наибольшіе расходы, соотвѣтствующіе возможнымъ малымъ и большимъ возвышеніямъ воды, еще не вошедшимъ въ наблюденія.

Измѣненія русла рѣки въ планѣ, продольныхъ и поперечныхъ

профиляхъ опредѣляются относимыми къ магистральной и реперамъ измѣреніями въ поперечныхъ профиляхъ, производимыми периодически и по мѣрѣ надобности на водомѣрныхъ постахъ и въ промежуткахъ между ними въ особыхъ пунктахъ рѣки.

Но кромѣ этого для наблюденія за состояніемъ русла въ мѣстахъ подверженныхъ особенно частымъ измѣненіямъ, а также въ мѣстахъ представляющихъ особыя затрудненія для судоходства вообще, какъ-то: на перекатахъ, перевалахъ, порогахъ и въ очень крутыхъ поворотахъ, учреждаются особыя наблюдательныя посты. Постовая прислуга промѣрами съ лодокъ (шестами) опредѣляетъ ежедневно наименьшія глубины по судовому ходу между постами, сообразно найденнымъ глубинамъ исправляетъ обстановку судового хода знаками и свѣдѣнія о найденныхъ наименьшихъ глубинахъ сообщаетъ на водомѣрныя посты.

Всѣ собранныя такимъ образомъ на водомѣрныхъ станціяхъ, водомѣрныхъ постахъ и промежуточныхъ наблюдательныхъ постахъ свѣдѣнія за нѣсколько лѣтъ относительно расходовъ воды, высоты ея и глубинъ, относительно измѣненій русла, ледостава и ледохода, приведенныя во взаимную связь и систему даютъ возможность опредѣлить:

1) Свойства рѣки по отношенію къ питанію ея водою вообще и свойства ея русла вообще.

2) Періоды и размѣры прибылей и убылей воды въ разныхъ участкахъ рѣки; высоты, время и характеръ ледостава и ледохода.

3) Законъ послѣдовательныхъ измѣненій высотъ воды по теченію рѣки въ зависимости отъ убылей и прибылей воды.

4) Зависимость глубинъ воды въ плесахъ, на перекатахъ, перевалахъ и порогахъ отъ высотъ и расходовъ воды въ вышележащихъ частяхъ рѣки.

5) Зависимость уклоновъ, скоростей и расходовъ отъ глубины воды въ разныхъ мѣстахъ рѣки.

Всѣ эти опредѣленія даютъ въ свою очередь возможность:

1) опредѣлить время и продолжительность годового навигаціоннаго періода въ рѣкѣ для судовъ данной осадки и прочихъ размѣровъ, или наоборотъ опредѣлить возможные величины осадки и размѣры судовъ для данныхъ періодовъ судоходства, и

2) по наблюденнымъ высотамъ воды въ верховыхъ частяхъ рѣки предсказывать въ ближайшемъ будущемъ измѣненія въ высотахъ и глубинахъ воды въ нижележащихъ частяхъ рѣки.

Этого рода предсказанія вообще полезны для судоходства и прибрежной промышленности; для мѣстностей же, подверженныхъ наводненіямъ, имѣютъ особенно важное значеніе.

§ 3. Обозначеніе ходовой полосы и особыя приспособленія для безопаснаго направленія по ней судовъ.

Ходовая полоса, такъ называемый фарватеръ, можетъ быть обозначена или указаніемъ направленія ея оси, или указаніемъ ея границъ.

Знаки для указанія оси ходовой полосы должны, очевидно, находиться внѣ этой полосы и могутъ представлять собою вѣхи или мачты, установленныя въ числѣ не менѣе двухъ по прямой, составляющей продолженіе ея оси (черт. 3 таб. 16).

Каждая пара такимъ образомъ поставленныхъ вѣхъ или мачтъ mn , qr , rs , и т. д. называется *створомъ* и судно, идущее отъ A къ C , въ направленіи показанномъ стрѣлкою, должно сначала держаться створа mn , т. е. идти такъ, чтобы съ судна мачта n казалось закрытою мачтою m , затѣмъ дойдя до пункта D оно должно постепенно повернуть на створъ qr и дойдя по этому створу до пункта D_1 , должно постепенно повернуть на створъ rs и т. д. Въ пунктахъ начала перехода съ одного створа на другой D , D_1 и т. д. должны быть поставлены особые знаки, называемыми *перевальными* знаками *).

Понятно, что для удобнаго хода судна въ обратную сторону должны быть поставлены другіе створы $q'r'$, $m'n'$ и т. д. и другіе перевальные знаки D' , D'_1 и т. д.

Створы и перевальные знаки для ночнаго плаванія должны быть снабжены огнями. Створы же и перевальные знаки разныхъ направленій, находящіеся на одномъ и томъ же берегу, должны отличаться между собою условными цвѣтами окраски и условными цвѣтами фонарей.

Общее правило устройства створныхъ знаковъ заключается въ томъ, что каждый задній знакъ (черт. 3 таб. 16) n , n' , p , p' и т. д.

*) Иногда ограничиваются не полнымъ указаніемъ оси хода посредствомъ однихъ *перевальныхъ* знаковъ—безъ створныхъ; тогда *перевальные* знаки ставятся у вершинъ угловъ поворота оси ходовой полосы.

долженъ быть выше соотвѣтствующаго ему передняго знака (m , m' , q , q' и т. д.) настолько, чтобы верхушка его всегда была видна съ судна изъ за передняго знака.

Устройство употребляемыхъ на русскихъ рѣкахъ створныхъ и перевальныхъ знаковъ показано на чертежахъ, а именно: на черт. 4 таб. 16—дневные створные знаки, на черт. 5 таб. 16—ночные створные знаки, на черт. 1 таб. 17—видъ ихъ въ створѣ и на черт. 2 таб. 17 видъ и планъ перевальнаго знака.

Понятно, что обозначеніе ходовой полосы указаніемъ ея оси посредствомъ створныхъ знаковъ, можетъ быть удобно лишь въ тѣхъ случаяхъ, когда ось ходовой полосы имѣетъ прямолинейныя направленія на значительныхъ протяженіяхъ и когда направленія ея не подвергаются частымъ измѣненіямъ подѣ вліяніемъ случайныхъ обстоятельствъ. Поэтому въ рѣкахъ указаніе оси хода створными знаками примѣняется лишь въ исключительныхъ случаяхъ, а именно въ особо важныхъ и затруднительныхъ мѣстахъ неизмѣняющейся ходовой полосы, какъ-то: при входахъ въ устья рѣкъ и каналовъ, въ крутые повороты, въ пороги, въ пролеты мостовъ и плотинъ.

На черт. 3 и 3-а табл. 17, показано употребляемое у насъ устройство створныхъ знаковъ для указанія хода въ пролетахъ мостовъ.

На черт. 1 табл. 18 показано употребляемое у насъ устройство створнаго знака изъ старыхъ рельсовъ для входовъ въ устья рѣкъ съ морей и озеръ.

Наиболѣе удобнымъ и наиболѣе распространеннымъ способомъ обозначенія ходовой полосы въ рѣкахъ представляется обозначеніе ея посредствомъ *указанія границъ*.

Такъ какъ ширина ходовой полосы съ возвышеніемъ горизонтовъ воды увеличивается и можетъ сдѣлаться равною всей ширинѣ рѣки, если въ днѣ и подводныхъ частяхъ ея береговъ нѣтъ особыхъ выступающихъ препятствій; то въ обозначеніи границъ ходовой полосы въ рѣкахъ, вообще, встрѣчается надобность, лишь при низкихъ горизонтахъ воды, т. е. въ мѣжень. За симъ весною во время половодья, когда рѣка выходитъ изъ береговъ и заливаеъ острова, мысы и береговья пространства, является также необходимость въ обозначеніи границъ хода, а именно границъ русла рѣки, ибо во время половодья въ предѣлахъ этихъ границъ суда могутъ имѣть свободный ходъ; за предѣлами же ихъ могутъ замелѣвать на покрытыхъ водою земляхъ.

Поэтому знаки для указанія границъ ходовой полосы въ рѣкахъ раздѣляются на двѣ категоріи: знаковъ весеннихъ и знаковъ меженнихъ.

Знаки весенніе, какъ служащіе для указанія границъ рѣчнаго русла, могутъ быть знаками постоянными, т. е. могутъ представлять собою, дешевой, но прочной конструкціи мачты или вѣхи, прочно установленныя въ такихъ мѣстахъ рѣчныхъ береговъ, которыя, находясь на границахъ русла, обладаютъ необходимою устойчивостью и не подвержены дѣйствию ледохода. Само собою разумѣется, что знаки весенніе одного берега должны отличаться отъ знаковъ другаго берега или формою или цвѣтомъ окраски и для ночнаго плаванія должны освѣщаться огнями разныхъ цвѣтовъ.

Устройство употребляемыхъ у насъ весеннихъ знаковъ изъ старыхъ рельсовъ показано на черт. 2 табл. 18.

Знаки меженніе, служащіе для указанія постоянно измѣняющихся границъ меженнаго хода, должны быть, очевидно, знаками переносными, т. е. такими, которые можно легко и удобно по потребности переставлять и въ случаѣ надобности снимать. У насъ для дневнаго указанія границъ меженнаго хода употребляются плавучія вѣхи (черт. 3. табл. 18), а для дневнаго и ночнаго—коническіе бакены или буйки съ укрѣпленными на верхушкахъ ихъ фонарями (черт. 4 табл. 18).

Вѣхи и бакены, какъ показано на чертежахъ удерживаются на мѣстахъ постановки посредствомъ веревокъ съ небольшими камнями на концахъ. Вѣхи правой (по теченію) границы окрашиваются въ красный цвѣтъ, а лѣвой—въ бѣлый цвѣтъ; бакены правой границы окрашиваются въ красный цвѣтъ и снабжаются красными фонарями, а лѣвой—въ бѣлый цвѣтъ и снабжаются бѣлыми фонарями. Бакены эти вообще состоятъ изъ небольшой брусчатой платформы и поставленныхъ на нее конуса изъ кровельнаго желѣза, или многогранной призмы изъ тонкихъ досокъ. По простотѣ конструкціи и дешевизнѣ они представляются весьма удобными для рѣкъ съ слабымъ теченіемъ, при быстрыхъ же теченіяхъ и волненіяхъ они недостаточно устойчивы и въ замѣнъ ихъ, напримѣръ въ морскихъ и озерныхъ устьяхъ рѣкъ, употребляются желѣзные бакены, показанные на черт. 5, табл. 18.

Знаки границъ меженнаго хода устанавливаются у насъ послѣ

спада весеннихъ водъ, когда наименьшая глубина воды въ рѣкѣ достигаетъ величины удвоенной осадки ходящихъ судовъ; за сѣмь они перестанавливаются соотвѣтственно состояніямъ хода въ теченіи всей навигаціи и снимаются предъ замерзаніемъ рѣки или предъ наступленіемъ осенняго ледохода. Зимой они хранятся въ особыхъ помѣщеніяхъ на берегахъ рѣки, ремонтируются и приводятся въ порядокъ для слѣдующей постановки.

На указанной ходовой полосѣ суда однако же могутъ встрѣчать разнаго рода еще не устраненныя или вовсе не устранимыя препятствія и опасности, и потому кромѣ обозначенія ходовой полосы для безопаснаго направленія судовъ бываетъ необходимо прибѣгать къ особаго рода приспособленіямъ.

Возможныя препятствія и опасности на ходовой полосѣ могутъ заключаться:

1) въ подводныхъ отмеляхъ, камняхъ, затонувшихъ деревьяхъ (корчахъ), судахъ и т. п.

2) въ сильныхъ боковыхъ теченіяхъ и водоворотахъ, могущихъ нанести идущее судно на берегъ, на какое либо сооруженіе въ рѣкѣ и т. п.

3) въ происходящемъ отъ пониженія горизонта воды мелководьи на перекатахъ, перевалахъ и въ порогахъ.

4) въ неудачной встрѣчѣ съ другими судами и

5) въ буряхъ и волненіяхъ, къ которымъ судно не подготовлено.

Мѣстныя подводныя препятствія должны быть указываемы особыми предостерегательными знаками. Знаки эти могутъ имѣть то же устройство, какъ и знаки употребляемые для указанія границъ ходовой полосы, но должны отличаться отъ нихъ своимъ наружнымъ видомъ, цвѣтомъ окраски и освѣщеніемъ. Такъ напримѣръ для указанія отдѣльнаго препятствія, по обѣ стороны коего ходъ свободенъ, могутъ быть употреблены вѣхи, окрашенныя бѣлыми и красными полосами или бакены, окрашенные такими же полосами и снабженныя фонарями на половину съ красными и на половину съ бѣлыми стеклами.

Для направленія судовъ прѣ сильныхъ боковыхъ теченіяхъ и водоворотахъ могутъ служить или упругія заплывы (черт. 64, табл. 7) или обыкновенныя запоны, прислоненныя къ отдѣльнымъ сваямъ и кустамъ свай, или, наконецъ, отдѣльные, такъ называемые мертвые

причалы. Отдѣльные мертвые причалы могутъ представлять собою или кусты свай, такъ называемые палы, или прочно установленные бакены съ кольцами для причала судовъ.

Судно, зачаливъ канатъ къ палѣ или бакену, можетъ въ случаѣ надобности остановиться, спускаться съ желаемою скоростью внизъ по теченію или тянуться въ извѣстномъ направленіи противъ теченія.

Палы состоятъ изъ трехъ, семи и болѣе свай, забитыхъ симметрично въ нѣкоторомъ разстояніи другъ отъ друга и вверху стянутыхъ вмѣстѣ желѣзными связями (черт. 6 табл. 18). Верхъ палы для предохраненія свай отъ гніенія покрывается желѣзною или деревянною коническою кровлею.

Причальные бакены въ рѣкахъ должны имѣть форму, не представляющую большаго сопротивленія теченію, не задерживающую плавающихъ тѣлъ и прочную конструкцію, способную хорошо сопротивляться ударамъ плавающихъ тѣлъ и льда. Этимъ требованіямъ наилучшимъ образомъ удовлетворяютъ желѣзные грушевидные бакены (черт. 1 табл. 19). Они устраиваются изъ котельнаго желѣза и устанавливаются на цѣпяхъ и на, такъ называемыхъ, мертвыхъ якоряхъ. Въ зависимости отъ твердости грунта рѣчнаго дна мертвые якоря представляютъ собою или тяжелыя каменные и чугуныя массы, прямо укладываемыя на дно, или винтовые якоря (черт. 2 табл. 19), завинчиваемыя въ дно рѣки посредствомъ наставнаго ключа (черт. 3 табл. 19).

Для предотвращенія возможности посадки судовъ на мель (на перекатахъ, перевалахъ и въ порогахъ), при пониженіи горизонтовъ воды, судоходцы должны быть заблаговременно извѣщаемы объ ожидающихъ ихъ наименьшихъ глубинахъ. Съ этой цѣлью на пристаняхъ должны быть вывѣшиваемы объявленія о глубинахъ воды на предстоящихъ мелкихъ мѣстахъ и кромѣ того у мелкихъ мѣстъ должны быть выставляемы сигналы существующей на нихъ наименьшей глубины воды.

У насъ по обѣ стороны перекатовъ въ разстояніи ста сажень отъ начала и конца переката принято ставить сигнальныя мачты черт. 4 табл. 19 съ вывѣшиваемыми на нихъ для обозначенія глубины воды цилиндрами и шарами двухъ размѣровъ. Цилиндры (кажущіеся прямоугольниками) обозначаютъ аршины, шары большіе — четверти и шары малые — вершки глубины.

Для предотвращения возможности столкновения судовъ въ узкихъ и порожистыхъ мѣстахъ долженъ быть установленъ извѣстный порядокъ пропуска, въ особенности встрѣчныхъ судовъ, по сигналамъ.

Для сего, по временнымъ правиламъ плаванія 1878 года, въ узкихъ порожистыхъ мѣстахъ рѣкъ Вытегорского Округа, гдѣ это окажется необходимымъ, должны быть устанавливаемы сигнальныя мачты (черт. 5, 5-а, 5-б, 5-г и 5-д, табл. 19), а мѣста рѣчки, въ которыхъ выше и ниже пороговъ суда могутъ остановиться и бросить якорь или разойтись, должны быть обозначаемы поставленными на обоихъ берегахъ особыми знаками.

Сигналы на мачтахъ могутъ обозначать слѣдующее:

Сигналь черт. 5 — показываетъ, что въ порогъ идутъ и могутъ идти сплавныя суда, а взводныя должны остановиться.

Сигналь черт. 5а — показываетъ, что въ порогъ идутъ и могутъ идти суда взводныя, а сплавныя должны остановиться.

Сигналь черт. 5б показываетъ, что порогъ загражденъ чѣмъ нибудь и входъ воспрещается, какъ взводнымъ, такъ и спускнымъ судамъ.

Сигналь 5д — показываетъ, что пороги свободны и что могутъ идти, какъ взводныя, такъ и спускныя суда; при подходѣ судовъ къ порогамъ сигналь этотъ долженъ быть немедленно замѣненъ сигналомъ остановки (черт. 5б) и затѣмъ долженъ быть данъ сигналь хода взводнымъ (черт. 5-а) или спускнымъ (черт. 5) судамъ, смотря по тому, какія изъ судовъ ближе къ порогу; если у порога стоятъ какъ тѣ, такъ и другія, то спускнымъ дается преимущество и прежде становится сигналь черт. 5.

Въ темныя ночи и во время тумановъ становится сигналь черт. 5г, т. е. подымается фонарь съ краснымъ огнемъ. Сигналь этотъ показываетъ, что могутъ идти лишь взводныя суда за туеромъ и что ходъ всѣмъ прочимъ судамъ воспрещается.

При выходѣ въ озерныя и морскія устья рѣкъ и далѣе въ озера и моря, суда даже и способныя къ озерному и морскому плаванію могутъ подвергаться опасностямъ отъ внезапно наступившихъ бурь и волненій. Въ предупрежденіе этого рода опасностей у морскихъ и озерныхъ устьевъ рѣкъ должны быть устраиваемы метеорологическія станціи и по наблюденіямъ этихъ станцій суда должны быть извѣщаемы сигналами о предстоящихъ буряхъ. У насъ для сей цѣли

принято устройство сигнальной мачты, показанной на черт. 1 табл. 20. Различными сочетаніями конуса и цилиндра, поднимаемыхъ на этой мачтѣ, могутъ быть указываемы направленіе и сила ожидаемаго вѣтра.

Означеніе судового хода на озерахъ сходно отчасти съ рѣчнымъ, отчасти съ морскимъ, что зависитъ отъ размѣровъ озера; въ немъ должны быть означены, какъ въ рѣкахъ, судовой ходъ, отдѣльныя препятствія и какъ въ моряхъ должны быть означены линіи береговъ для ночнаго плаванія.

Употребляемые въ озерахъ знаки и сигналы отличаются отъ рѣчныхъ прежде всего тѣмъ, что должны быть видимы съ большаго разстоянія, а потому должны быть большихъ размѣровъ. Вслѣдствіе этого, вмѣсто створныхъ мачтъ употребляются легкія деревянныя башни (черт. 2 табл. 20) или маяки, о которыхъ рѣчь будетъ впереди. Для означенія границъ ходовой полосы, а также отдѣльныхъ въ ней препятствій, на озерахъ приходится употреблять способныя выдерживать волненія прочныя (желѣзные) баканы (черт. 5 табл. 18) или плавучіе маяки, т. е. судна, укрѣпленныя на мѣстѣ якорями, снабженныя на мачтѣ сигналами (черт. 3 табл. 20).

Для обозначенія линій кривыхъ береговъ употребляются маяки съ сигнальными огнями, причемъ болѣе сильными огнями освѣщаются мысы и выступающія части береговъ.

Озерные маяки по высотѣ своей и силѣ свѣта дѣлятся, какъ и морскіе на разряды, но вообще меньше и проще морскихъ по устройству и дѣлаются деревянные, каменные и желѣзные.

Деревянные маяки въ простѣйшемъ видѣ представляютъ собою башни, обшитыя досками (черт. 4 таб. 20); неудобство ихъ то, что они легко подвержены пожарамъ. Каменные маяки дѣлаются изъ кирпича и бетона, недостатокъ ихъ въ томъ, что они требуютъ прочнаго основанія и, во избѣжаніе неравномѣрной осадки, очень тщательной кладки. Примѣръ маяка изъ бетона представляетъ черт. 2, табл. 21; по высотѣ шестигранной башни сдѣланы окна для освѣщенія лѣстницы, ведущей къ помѣщенному на верху фонарю; къ башнѣ примыкаютъ пристройки для помѣщенія маячной прислуги. Наиболѣе удовлетворительными, неимѣющими недостатковъ деревянныхъ и каменныхъ маяковъ, представляются желѣзные маяки. На черт. 5 и 5а табл. 20 показанъ типъ меньшаго желѣзнаго маяка

(4-го морскаго разряда), поставленнаго на каменномъ строеніи; на черт. 1 табл. 21 показанъ трубчатый желѣзный маякъ. На чертежахъ табл. 22 и на черт. 3 табл. 21 показанъ трубчатый желѣзный маякъ другаго типа, поставленный прямо на дно озера (при глубинѣ около 4 саж.).

Маяки этого послѣдняго типа (табл. 22) поставлены въ горькихъ озерахъ (*lacs amers*) на Суэзскомъ каналѣ; причемъ основанія ихъ, состояція изъ желѣзнаго ростверка на винтовыхъ сваяхъ, были устроены на сушѣ, до наполненія озеръ водою изъ Средиземнаго моря, корпусы же ихъ были поставлены на подготовленныя основанія, послѣ наполненія озеръ водою, при помощи шести направляющихъ стержней, укрѣпленныхъ въ основаніяхъ. Маякъ опирается на основаніе своею среднею трубою, снабженною чугуною базою (черт. 3 табл. 21) въ видѣ кольца и шестью трубчатыми подкосами съ чугунными башмаками, проушины коихъ надѣты на направляющіе стержни. По низу подкосы соединены между собою и съ среднею трубою болтовыми связями. Часть маяка, въ предѣлахъ измѣненій горизонта воды, одѣта толстымъ деревяннымъ кольцомъ, обшитымъ снаружи и снизу желѣзными листами и заполненнымъ внутри бетономъ, это сдѣлано съ цѣлю предупредить поврежденія маяка при ледоходѣ, отъ ударовъ плавающихъ тѣлъ, а также отъ разрушенія ржавчиной; для достиженія необходимой устойчивости нижняя часть средней трубы (отъ верха предохранительнаго кольца) и трубчатые подкосы залиты бетономъ и, кромѣ того, низъ маяка снаружи нагруженъ камнемъ.

§ 4. Мѣста нагрузки и выгрузки судовъ.

Общія соображенія.

Для удобной нагрузки и выгрузки судовъ въ данномъ мѣстѣ берегъ долженъ имѣть подходящее очертаніе; отвѣсный берегъ удовлетворяетъ этому условію: судно можетъ близко подойти къ нему и достаточно положить сходни, чтобы свободно производить нагрузку или выгрузку судна; къ пологому берегу судно не можетъ подойти близко, при этомъ требуется класть очень длинныя сходни и грузы перекачивать на тачкахъ, что замедляетъ и затрудняетъ работу. Естественные удобные берега очень рѣдки; поэтому почти всегда прихо-

дится приспособлять берега для приема и отпуски грузовъ или посредствомъ устройства отдѣльныхъ выступовъ, называемыхъ *пристанями*, или посредствомъ обдѣлки и укрѣпленія ихъ въ видѣ *откосовъ*, или посредствомъ обдѣлки ихъ вертикальными стѣнами, называемыми *набережными*.

Мѣста рѣчныхъ береговъ, приспособленныя для значительнаго грузооборота называются вообще *портами*, но на русскихъ рѣкахъ терминъ этотъ не употребляется.

На судоходномъ русскомъ языкѣ всякое мѣсто причала судовъ, естественно удобное или искусственно приспособленное, независимо отъ величины грузооборота, называется пристанью. Поэтому такія мѣста, какъ Астрахань (съ годовымъ грузооборотомъ до 70 мил. пудовъ (таб. 23), Рыбинскъ (съ год. грузооборотомъ до 60 мил. пудовъ (таб. 24), Нижній-Новгородъ (съ годов. грузооб. до 50 мил. пуд. (таб. 25) называются пристанями, не смотря на то, что ихъ грузооборотъ превышаетъ грузооборотъ многихъ морскихъ портовъ (напр. Рижскій портъ-годовой грузооборотъ около 40 мил. пуд.); съ такою терминологіею можно примириться лишь въ виду того, что самыя большіе рѣчные русскіе пункты грузооборота не имѣютъ того благоустройства, тѣхъ разнообразныхъ искусственныхъ приспособленій для нагрузки и выгрузки товаровъ, какія имѣются въ портахъ.

Тѣмъ не менѣе въ нашемъ изложеніи подъ словомъ пристани мы будемъ подразумѣвать *лишь отдѣльные выступы*, устраиваемые для причала судовъ.

Для того, чтобы нагрузку и выгрузку судовъ можно было производить съ удобствомъ, устраиваемыя пристани, откосы и набережныя должны удовлетворять нѣкоторымъ общимъ условіямъ:

- 1) береговое сооруженіе для нагрузки и выгрузки судовъ должно имѣть известную высоту надъ судоходнымъ горизонтомъ воды,
- 2) пристанная линія или линія причала судовъ къ сооруженію должна имѣть достаточное протяженіе. Очевидно, что пристанная линія должна быть параллельна теченію, такъ какъ при всякомъ другомъ ея направленіи теченіе будетъ препятствовать удобному подходу или отходу судовъ и
- 3) мѣсто расположенія сооруженія для причала судовъ должно быть выбрано у удобной для этого части берега.

Разсмотримъ эти три условія подробнѣе:

1) Возвышеніе поверхности пристаннаго сооруженія надъ судоходнымъ горизонтомъ имѣетъ существенное вліяніе на удобства нагрузки и выгрузки судовъ; такъ для удобной ручной работы, она должна возвышаться не менѣе 1 фута и не болѣе 7 футъ надъ судоходнымъ горизонтомъ. Поэтому одно и тоже пристанное сооруженіе можетъ служить съ удобствомъ для ручной нагрузки и выгрузки судовъ лишь при колебаніяхъ судоходнаго горизонта воды въ предѣлахъ 6 футъ и лишь въ томъ случаѣ, если поверхность его возвышается надъ самымъ низкимъ судоходнымъ горизонтомъ не болѣе 7 футъ. Въ рѣкахъ колебанія судоходнаго горизонта происходятъ въ гораздо большихъ предѣлахъ, а потому для возможности ручной нагрузки и выгрузки судовъ приходится въ одномъ и томъ же пунктѣ грузооборота или устраивать двоякаго рода пристани: низкія—затопляемыя и высокія—незатопляемыя, или устраивать незатопляемыя высокія пристани и снабжать ихъ особыми приспособленіями для сообщенія съ судами при низкихъ горизонтахъ. Затопляемыя пристани должны возвышаться надъ самымъ низкимъ изъ горизонтовъ воды, для коихъ онѣ предназначаются, не болѣе 7 фут., незатопляемыя же должны возвышаться надъ самымъ высокимъ горизонтомъ. При механической нагрузкѣ и выгрузкѣ судовъ возвышеніе пристаннаго сооруженія надъ судоходнымъ горизонтомъ уже не имѣетъ такого существеннаго значенія, а потому для механической работы всѣ пристанныя сооруженія устраиваются незатопляемыми. Набережныя же вообще устраиваются незатопляемыми и снабжаются или механическими приспособленіями для нагрузки и выгрузки судовъ или особыми приспособленіями для сообщенія съ судами при низкихъ горизонтахъ.

2) Протяженіе пристанной линіи зависитъ отъ количества входящихъ судовъ, ихъ размѣровъ и времени, необходимаго для ихъ нагрузки или выгрузки; послѣднее опредѣляется опытнымъ путемъ и зависитъ отъ способа нагрузки и выгрузки; кромѣ того оно зависитъ и отъ конструкціи судна: имѣетъ ли оно палубу или нѣтъ, и если имѣетъ палубу, то чрезъ сколько люковъ въ ней производится выгрузка и нагрузка. Для приблизительнаго опредѣленія длины пристанной линіи, возьмемъ время наибольшаго наплыва грузовъ, пусть въ 1 день приходитъ судовъ n_1 , длиною l_1 съ подъемной силой P_1 ;

затѣмъ n_2 судовъ, длиною l_2 , съ подъемною силою P_2 , и т. д.; общее число судовъ будетъ:

$$N = n_1 + n_2 + n_3 + \dots$$

средняя подъемная сила ихъ будетъ

$$P = \frac{P_1 n_1 + P_2 n_2 + P_3 n_3 \dots}{N}$$

средняя длина ихъ будетъ

$$L = \frac{l_1 n_1 + l_2 n_2 + l_3 n_3 \dots}{N}$$

Если мы знаемъ среднее количество нагрузки q , которое можетъ нагрузить или выгрузить судно длиною L въ 1 день, то это судно должно простоять у пристани

$$\frac{P}{q} = m \text{ дней}$$

слѣдовательно у пристани въ теченіе m дней будетъ стоять mN судовъ (такъ какъ ежедневно приходитъ среднимъ числомъ N судовъ); а потому длина пристанной линіи должна быть:

$$S = m N L = \frac{P N L}{q}$$

3) Мѣсто расположенія пристаннаго сооруженія должно удовлетворять извѣстнымъ требованіямъ высоты, требованіямъ длины пристанной линіи и, наконецъ; требованіямъ постоянно удобнаго подхода для судовъ. Поэтому оно должно быть избираемо тамъ, гдѣ теченіе рѣки, правильно, сжато и параллельно струйно, гдѣ русло рѣки отличается устойчивостью и не подвергается наращеніямъ наносами и гдѣ берегъ рѣки имѣетъ соотвѣтственную высоту. Если теченія и русло рѣки въ необходимомъ для пристаннаго сооруженія мѣстѣ не удовлетворяютъ этимъ условіямъ, то нужно принять тѣ искусственныя мѣры къ ихъ выправленію, о которыхъ будетъ рѣчь впереди.

Пристани.

Рѣчныя пристани въ планѣ имѣютъ видъ или показанный на черт. 1 табл. 26, соотвѣтствующій расположенію пристани у вогну-

таго берега или видъ, показанный на черт. 2 и 3 табл. 26, соотвѣтствующій расположенію пристани у выпуклаго берега. Длина пристани *AB* должна быть равна требуемой длинѣ линіи причала, а разстояніе линіи *AB* отъ берега опредѣляется разстояніемъ отъ него ходовой полосы. Ширина пристани *AD* въ случаѣ, показанномъ на черт. 1 табл. 26 опредѣляется разстояніемъ линіи *AB* отъ берега, а въ случаяхъ показанныхъ на черт. 2 и 3 табл. 26 потребностями свободной работы и свободного движенія людей и лошадей при нагрузкѣ и выгрузкѣ судовъ. Ширина моста, соединяющаго пристань съ берегомъ *MN* (черт. 2 табл. 26) при возкѣ грузовъ на тачкахъ людьми дѣлается въ 2 саж., а при возкѣ лошадьми—въ 4 саж. Ширина мостовъ въ случаѣ черт. 3 табл. 26 дѣлается въ 2 саж. и при конной возкѣ.

Пристани устраиваются деревянные, каменные и желѣзные и по конструкціи своей представляютъ: въ случаѣ черт. 1 табл. 26 или мостовой устой или мостъ примкнутый длиною къ берегу, а въ случаяхъ черт. 2 и 3 табл. 26 — мостъ поставленный параллельно берегу.

Деревянные пристани устраиваются въ грунтахъ допускающихъ забивку свай, на сваяхъ, а въ грунтахъ недопускающихъ забивку свай, на ряжахъ. Если конструкція пристани соотвѣтствуетъ мосту параллельному берегу, то ряды свай забиваются перпендикулярно къ берегу (черт. 4 табл. 26) въ разстояніи 1 саж. одинъ отъ другаго; свай въ каждомъ ряду забиваются въ разстояніи 4 — 5 фут. одна отъ другой и связываются насадками. По насадкамъ кладутся параллельно берегу прогоны и на нихъ устраивается или двойной досчатой настиль на балкахъ, расположенныхъ чрезъ 3,5 фут. одна отъ другой; или сплошной брусчатый настиль, съ покрытіемъ сверху булыжною мостовою (черт. 5 табл. 26) или шоссе. Съ фасада такая пристань для предохраненія судовъ отъ поврежденій обь концы насадокъ и балокъ, обшивается досками съ промежутками. Если свай пристани имѣють высоту 2-хъ саж. и болѣе, то выше горизонта низкихъ водъ они усиливаются горизонтальными и наклонными схватками (черт. 6 табл. 26).

При большой высотѣ свай и значительной ихъ стоимости свайныя опоры въ пристаняхъ располагаются на разстояніяхъ большихъ одной саж. и получаютъ конструкцію свайныхъ мостовыхъ быковъ;

въ такомъ случаѣ прогоны устраиваются или съ подкосами, или въ видѣ составныхъ балокъ.

Если деревянная пристань имѣетъ конструкцію мостоваго устоя, то ряды свай забиваются параллельно берегу и конструкція верхняго строенія соотвѣтственно сему измѣняется.

При грунтахъ, недопускающихъ забивки свай въ основаніе пристаней по осямъ опоръ устанавливаются ряжевые ящики, наполненные камнемъ и возвышающіеся до горизонта низкихъ водъ, къ стѣнкамъ ихъ прикрѣпляются стойки, связанные раскосами и замѣняющія собою опорныя сваи.

Брусъ *m* (черт. 5 табл. 26) называется причальнымъ брусомъ и прочно прикрѣпляется заершенными костылями или болтами къ половымъ балкамъ или брусчатому настилу. Для причала судовъ пристани вооружаются или причальными кольцами, укрѣпляемыми прочно въ причальномъ брусѣ, или причальными сваями *n* (черт. 6 табл. 26). Сваи эти забиваются у пристани, вверху связываются съ опорными насадками желѣзными связями и возвышаются надъ настиломъ пристани въ видѣ *кнехтовъ* или *тумбъ*; они въ тоже время предохраняють суда отъ поврежденій о выступающіе концы брусевъ пристани и дѣлають ненужною предохранительную обшивку пристани съ фасада.

Каменные пристани въ видѣ устоя устраиваются, какъ обыкновенные каменные мостовые устои съ обратными стѣнками, съ тою лишь разницею, что каменные стѣнки ихъ покрываются сверху крупными камнями безъ выступающихъ карнизовъ. Пространство, огражденное стѣнками такого устоя заполняется земляною насыпью и сверху шоссируется или покрывается булыжною мостовою. Каменные пристани въ видѣ моста примкнутаго къ берегу (*эстакады*) имѣють конструкцію, показанную на черт. 1 табл. 27.

Желѣзныя пристани обыкновенно устраиваются на желѣзныхъ или чугунныхъ винтовыхъ сваяхъ (Черт. 2 табл. 27). Свая выше горизонта низкихъ водъ соединяются горизонтальными жесткими связями и крестовыми проволочными тязамп-вантами; на верхи свай опираются металлическіе или деревянные прогоны, на которыхъ устраивается полой настиль.

Кромѣ рассмотрѣнныхъ нами постоянныхъ пристаней, существуютъ еще такъ наз. *плавучія пристани*.

Плавучая пристань, въ общемъ видѣ, есть ничто иное, какъ плавающій помостъ на плотѣ, суднѣ, или понтонѣ, прочно соединенный съ берегомъ при помощи сходней (черт. 3 табл. 27). Такъ какъ съ измѣненіемъ горизонта воды плавучій помостъ опускается и подымается, то соединеніе сходней съ берегомъ и съ помостомъ должно быть шарнирное. Чаще всего сходни опираются на край помоста, какъ показано на черт. 3 табл. 27, въ видахъ оставленія большей части помоста свободною; но для устойчивости помоста упоръ сходней въ діаметральной оси поддерживающаго его судна или понтона представляется болѣе рациональнымъ (черт. 4 табл. 27).

Сходни могутъ имѣть самыя разнообразныя конструкціи. Для небольшихъ пролетовъ ихъ устраиваютъ обыкновенно слѣдующимъ образомъ: продольные брусья, упирающіеся съ одной стороны въ берегъ, съ другой въ край понтона, связываются поперечными схватками (черт. 3 табл. 27); сверху на нихъ накладываются поперечины и на этихъ поперечинахъ укрѣпляютъ деревянный настилъ. Въ случаѣ большихъ пролетовъ ребра сходней представляютъ собою фермочки. Последняго вида сходни показаны на черт. 4 табл. 27. Понтоны, поддерживающія помостъ, удерживаются на мѣстѣ, или при помощи канатовъ, прикрѣпленныхъ къ сваямъ, находящимся на берегу (черт. 5 табл. 27), или же при помощи канатовъ и удерживающихъ свайныхъ опоръ *m, m* (черт. 6 табл. 27), забиваемыхъ въ дно рѣки у концовъ понтона.

Укрѣпленные откосы.

При небольшомъ грузооборотѣ вмѣсто устройства отдѣльныхъ выступовъ, пристаней, рѣчные берега могутъ быть приспособляемы для нагрузки и выгрузки судовъ соотвѣтственною обдѣлкою и укрѣпленіемъ въ видѣ откосовъ. Такъ какъ судно тѣмъ ближе можетъ пристать къ берегу, чѣмъ откосъ берега круче, то для цѣлей нагрузки и выгрузки судовъ требуется обдѣлка береговыхъ откосовъ подъ углами возможно крутыми. Но предѣльная крутизна тѣхъ уклоновъ, которые можно придать береговымъ откосамъ, зависитъ отъ свойствъ грунта береговъ; поэтому приспособленіе рѣчнаго берега для нагрузки и выгрузки судовъ обдѣлкою въ видѣ откоса представляется удобнымъ лишь въ томъ случаѣ, если берегъ по своей высотѣ и грунтовымъ условіямъ можетъ быть устойчивъ въ удобномъ для причала судовъ откосѣ.

Обыкновенные песчаные и песчано-глинистые грунты представляются устойчивыми въ откосахъ одиночныхъ до высоты $1\frac{1}{2}$ саж. и при высотѣ болѣе $1\frac{1}{2}$ сажень въ откосахъ болѣе пологихъ или въ откосахъ одиночныхъ съ разрывомъ ихъ по высотѣ въ разстояніи 1—1,5 саж. бермами. Откосъ одиночныйъ безъ бермъ или съ бермами (по высотѣ въ разстояніи отъ 1 до $1\frac{1}{2}$ саж.) представляется удобнымъ для причала судовъ; поэтому берега для причала судовъ обдѣлываются такого уклона откосами съ низу и до горизонта высокыхъ водъ. Одежда откосовъ для причала судовъ должна быть по возможности гладкою и прочною по отношенію къ размывающему дѣйствію потока; выше же горизонта высокыхъ водъ она должна сопротивляться дѣйствію атмосферныхъ водъ и не подвергаться разрушенію отъ ходьбы, а потому откосы для причала судовъ укрѣпляются обыкновенно слѣдующимъ образомъ. До горизонта самыхъ низкихъ водъ подошва откоса укрѣпляется или фашинными тюфяками съ каменною загрузкою или каменною отсыпью (черт. 7 табл. 27). Выше этой черты откосъ обдѣлывается подъ одиночный уклонъ и укрѣпляется на верху булыжною мостовою на слоѣ крупнаго песку, гравія или щебня.

Если подошва откоса сильно подмыта, то до горизонта низкихъ водъ дѣлается отсыпь изъ крупнаго булыжнаго камня (черт. 8 табл. 27) слоями въ видѣ призмъ, за которыя въ видахъ экономіи съ береговой стороны засыпается болѣе мелкій матеріалъ; выше горизонта низкихъ водъ дѣлается каменная кладка на сухо также въ видѣ призмъ съ засыпкою сзади мелкаго матерьяла, далѣе откосъ обдѣлывается подъ одиночный уклонъ и укрѣпляется до верху булыжною мостовою на слоѣ крупнаго песку, гравія или щебня. Тамъ, гдѣ лѣсъ дешевъ, подошву откоса можно укрѣпить слѣдующимъ образомъ. Забиваютъ сплошной рядъ свай (черт. 9 и 9-а табл. 27) и у горизонта низкихъ водъ срѣзываютъ его и связываютъ насадкою, накладываемою пшунтомъ на гребень нарубленный на головахъ свай (черт. 9-а табл. 27). Прочное соединеніе съ берегомъ и устойчивость такой стѣнки достигается при помощи анкеровъ, т. е. деревянныхъ затяжекъ, однимъ концомъ связанныхъ съ сваями сплошнаго ряда, а другимъ связанныхъ посредствомъ ригелей съ парными анкерными сваями (черт. 9-а табл. 27). Выступающіе торцы анкерныхъ затяжекъ съ рѣчной стороны прикрываются брусомъ примыкающимъ къ насадкѣ и связан-

нымъ съ нею скобами. За деревянную стѣнку дѣлается загрузка мелкимъ каменнымъ матерьяломъ до горизонта низкихъ водъ; выше горизонта низкихъ водъ дѣлается сухая каменная кладка и затѣмъ откосъ до-верху обдѣлывается подъ одиночный уклонъ и укрѣпляется булыжною мостовою. Для сообщенія бермъ (черт. 8 и 9 табл. 27) съ берегами въ верхнихъ частяхъ откосовъ устраиваются лѣстницы со ступенями изъ крупнаго камня на балластѣ, а также спуски въ видѣ дорожекъ шириною около 1 саж. съ уклономъ въ 0,07—0,08; спуски эти направляются наклонно по откосу. Для нагрузки и выгрузки плотовъ, а также малыхъ лодокъ и прочихъ надобностей устраиваются пологіе укрѣпленные откосы или такъ называемые *спуски*. Для сего избираются естественно пологіе рѣчные берега съ поверхностнымъ уклономъ не болѣе $\frac{1}{5}$, планируются и укрѣпляются булыжною мостовою отъ горизонта самыхъ низкихъ водъ. Ниже горизонта самыхъ низкихъ водъ подошва откоса остается не укрѣпленною, для упора же мостовой у горизонта самыхъ низкихъ водъ забивается сплошной или шпунтовой рядъ тонкихъ свай.

Набережныя.

Набережныя вообще представляютъ собой стѣнки, поддерживающія берегъ или вѣрнѣе насыпь земли у берега и бываютъ *каменные, деревянные и металлическія*. Набережныя предназначаемыя для причала судовъ называются набережными *портвыми* въ отличіе отъ набережныхъ *оградительныхъ*, устраиваемыхъ исключительно для огражденія прибрежной территоріи.

Каменные набережныя.

Приступая къ описанію каменныхъ портвыхъ набережныхъ, мы выяснимъ прежде всего тѣ условія, отъ которыхъ зависитъ ихъ *прочная устойчивость*, т. е. устойчивость не отвлеченная, а вытекающая изъ прочности ихъ матерьяла и основанія. Подробное выясненіе этихъ условій весьма важно потому, что отъ тѣхъ же условій зависятъ и прочная устойчивость многихъ другихъ сооружений, входящихъ въ предметъ курса внутреннихъ водяныхъ сообщеній.

Каменная набережная стѣна вообще представляетъ собою призму *ABCD* (черт. 1 табл. 28), стоящую на нѣкоторомъ основаніи *AD*

и подверженную на 1 длины (перпендикулярной къ плоскости чертежа) дѣйствию слѣдующихъ силъ:

- боковому давленію воды Q_0 ,
- давленію вѣса треугольной призмы воды $AA'B'$. . . P_0 ,
- собственному вѣсу P_1 ,
- боковому давленію земли, дѣйствующему параллельно ея поверхности CD' *), наклоненной подъ угломъ θ къ горизонту Q_1 ,
- давленію вѣса призмы земли DCD' P_2 ,
- и если основаніе водопроницаемо, то давленію воды снизу вверхъ на грань AD P_3 .

Дѣйствующее на грань CD давленіе земли Q_1 даетъ двѣ составляющія: горизонтальную— $Q_1 \cos \theta$ и вертикальную— $Q_1 \sin \theta$.

Всѣ эти силы представляютъ собою равнодѣйствующія элементарныхъ силъ, равномерно распределенныхъ по длинѣ призмы, а слѣдовательно дѣйствуютъ въ одной плоскости и могутъ быть приведены къ двумъ силамъ:

одной горизонтальной

$$Q = Q_1 \cos \theta - Q_0$$

и одной вертикальной

$$P = P_0 + P_1 + P_2 + Q_1 \sin \theta - P_3.$$

Силы Q и P даютъ равнодѣйствующую R пересѣкающую плоскость AD въ нѣкоторой точкѣ O , находящейся въ разстояніи λ отъ точки A и называемой *центромъ давленія*. Если разстояніе силы P отъ точки A есть k , а разстояніе силы Q отъ плоскости AD есть q ; то центръ давленія O , очевидно, удовлетворяетъ условію,

$$Qq - P(k - \lambda) = 0,$$

какъ всякая точка, находящаяся на равнодѣйствующей.

Слѣдовательно $Qq = P(k - \lambda),$

откуда $\lambda = \frac{Pk - Qq}{P} = \frac{M_0}{P}$

*) По теоріи Ренкина, которую мы принимаемъ какъ наиболее простую, авторитетную и въ тоже время испытанную въ практическихъ примѣненіяхъ.

гдѣ $M_0 = Pk - Qq$ есть ничто иное, какъ сумма моментовъ силъ, дѣйствующихъ на призму, относительно ребра A .

Въ плоскости AD —равнодѣйствующая сила R даетъ горизонтальную составляющую Q , стремящуюся сдвинуть призму съ основанія и вертикальную составляющую P , производящую *неравномерное сжатіе* призмы и ея основанія въ плоскости AD .

Если мы раздѣлимъ призму $ABCD$ по высотѣ сѣкущими горизонтальными плоскостями $n_1 n_1$, $n_2 n_2$ и т. д. (черт. 2 табл. 28), то для каждой части призмы, лежащей выше данной сѣкущей плоскости путемъ тѣхъ же разсужденій можемъ опредѣлить дѣйствующія силы: P' и Q' —для части $n_1 B C n_1$, P'' и Q'' —для части $n_2 B C n_2$ и т. д. Равнодѣйствующія этихъ силъ будутъ пересѣкаться сѣкущія плоскости въ точкахъ $O_1, O_2 \dots$ и точки эти будутъ представлять собою центры давленія въ сѣкущихъ плоскостяхъ $n_1 n_1, n_2 n_2 \dots$. Линія $O O_1 O_2$ представляющая собою геометрическое мѣсто центровъ давленій въ горизонтальныхъ сѣченіяхъ призмы, называется *кривою давленія*.

Прочно-устойчивое равновѣсіе призмы во всѣхъ частяхъ, очевидно, возможно лишь при прочной устойчивости всѣхъ горизонтальныхъ ея сѣченій, а *прочная устойчивость* всѣхъ горизонтальныхъ сѣченій призмы зависитъ отъ абсолютной величины силъ въ нихъ дѣйствующихъ, отъ положенія центровъ давленій въ нихъ, т. е. отъ положенія кривой давленія относительно грани AB и отъ прочности матерьяла призмы и ея основанія.

При сдѣланныхъ нами предположеніяхъ относительно выраженія дѣйствующихъ на призму внѣшнихъ силъ, общее выраженіе условій прочной устойчивости, очевидно, будетъ имѣть одинъ и тотъ же видъ для всѣхъ горизонтальныхъ сѣченій призмы и мы выведемъ его для основнаго сѣченія AD (черт. 1 табл. 28).

Предположимъ при этомъ, что сѣченіе AD въ силу нѣкоторыхъ особыхъ обстоятельствъ способно оказывать сопротивленіе дѣйствию внѣшнихъ силъ не по всей своей ширинѣ b , а лишь по нѣкоторой ширинѣ b_0 отъ ребра A .

Изъ строительной механики намъ извѣстно, что напряженіе матерьяла (на единицу площади) какого либо элемента въ данномъ по-

перечномъ сѣченіи призмы, подверженной неравномѣрному продольному сжатию, выражается такъ

$$p = \frac{P}{w} + \frac{Mz}{J}$$

гдѣ P —сила сжимающая призму параллельно ея оси,

M —моментъ сей силы относительно оси сопротивляющагося сѣченія призмы, проходящей чрезъ центръ ея тяжести;

w —сопротивляющаяся площадь сѣченія призмы,

J —моментъ инерціи сей площади относительно оси, проходящей чрезъ центръ ея тяжести,

и z —разстояніе изслѣдуемаго элемента сѣченія отъ оси инерціи сопротивляющейся ея площади, при чемъ z , —отмѣряемое въ сторону къ сжимающей силѣ, считается положительнымъ и имѣетъ знакъ (+), а отмѣряемое въ обратную сторону считается отрицательнымъ и имѣетъ знакъ (—).

Для сѣченія AD мы будемъ имѣть

$$w = b_0 \times 1 = b_0$$

$$J = \frac{1}{12} \cdot b_0^3 = \frac{b_0^3}{12}$$

$$M = P \left(\frac{b_0}{2} - \lambda \right)$$

и если положеніе изслѣдуемыхъ элементовъ будетъ опредѣляться разстояніемъ x отъ ребра A , то

$$+ z = \frac{b_0}{2} - x$$

а слѣдовательно будемъ имѣть

$$p = \frac{P}{b_0} + P \frac{\left(\frac{b_0}{2} - \lambda \right) \left(\frac{b_0}{2} - x \right)}{\frac{b_0^3}{12}}$$

или

$$p = \frac{P}{b_0} \left[1 + 12 \frac{\left(\frac{b_0}{2} - \lambda \right) \left(\frac{b_0}{2} - x \right)}{b_0^2} \right]$$

или

$$p = \frac{2P}{b_0^3} [(2b_0 - 3\lambda) b_0 + 3(2\lambda - b_0) x].$$

Изъ этого выраженія мы получаемъ:

$$\text{для } x = 0, p_{(0)} = \frac{2P}{b_0^2} [2b_0 - 3\lambda];$$

$$\text{для } x = \frac{b_0}{2}, p_{(\frac{b_0}{2})} = \frac{P}{b_0}$$

$$\text{и для } x = b_0, p_{(b_0)} = \frac{2P}{b_0^2} [3\lambda - b_0]$$

$$\text{и затѣмъ, что } p_{(0)} = p_{(b_0)} = \frac{P}{b_0} \quad \text{при } \lambda = \frac{b_0}{2}$$

$$\text{что } p_{(b_0)} < p_{(0)} \quad \text{при } \lambda < \frac{b_0}{2}$$

$$\text{что } p_{(b_0)} = 0 \quad \text{при } \lambda = \frac{b_0}{3}$$

$$\text{и что } p_{(b_0)} < 0 \quad \text{при } \lambda < \frac{b_0}{3}$$

т. е. что сѣченіе AB по площади b_0 будетъ подвергаться равномерному сжатію лишь въ томъ случаѣ, когда центръ давленія будетъ находиться въ центрѣ тяжести площади b_0 ; что, если центръ давленія находится внѣ центра тяжести дѣйствующей площади сѣченія, напр. въ лѣвой ея половинѣ, то напряжение элементовъ сей площади не будетъ равномерное, а именно: у лѣваго крайняго ребра — A оно выражается наибольшимъ сжатіемъ, у праваго же крайняго ребра (отстоящаго на величину b_0 отъ ребра A) оно выразится наименьшимъ сжатіемъ и можетъ даже получить отрицательную величину т. е. обратиться въ *вытягиваніе*, если центръ давленія будетъ находиться отъ ребра A въ разстояніи меньшемъ $\frac{1}{3} b_0$.

Каменная призма въ строительной практикѣ не можетъ имѣть такого надежнаго сдѣленія ни съ основаніемъ, ни въ горизонтальныхъ швахъ ея кладки, которое могло бы быть введено въ расчетъ

какъ *сопротивленіе* вытягиванію, а потому слѣдуетъ предположить, что какъ въ разсматриваемомъ сѣченіи AD , такъ и ни въ какомъ другомъ горизонтальномъ сѣченіи, призма $ABCD$ не можетъ сопротивляться вытягивающимъ усиліямъ, т. е. другими словами, что при разстояніи центра давленія отъ ребра A равномъ λ , сѣченіе AD способно сопротивляться дѣйствию внѣшнихъ силъ лишь на ширину b_0 равную 3λ или меньшую 3λ . Слѣдовательно въ томъ случаѣ, когда полная ширина сѣченія $AD = b > 3\lambda$, ширина, сопротивляющаяся части этого сѣченія $= b_0 = 3\lambda$; если же полная ширина сѣченія $AD = b \leq 3\lambda$, то сѣченіе это будетъ сопротивляться по всей своей площади, т. е. въ немъ будетъ $b_0 = b$.

Если въ виду сего въ выраженіе

$$p = \frac{2P}{b_0^3} [(2b_0 - 3\lambda) b_0 + 3(2\lambda - b_0) x]$$

мы вставимъ вмѣсто b_0 его значеніе 3λ , то получимъ:

$$p = \frac{2P}{9\lambda^2} (3\lambda - x) = \frac{2P}{3\lambda} - \frac{2P}{9\lambda^2} \cdot x .$$

и для $x = 0$

$$p_0 = \frac{2P}{3\lambda}$$

Уравненія эти показываютъ, что если мы (черт. 2 табл. 28) отъ точки A внизъ по вертикали отложимъ въ какомъ нибудь масштабѣ величину

$$Af = p_0 = \frac{2P}{3\lambda}$$

т. е. величину сжатія на единицу площади въ ребрѣ A ; то измѣненіе сжатія въ сѣченіи AB выразится графически прямою $f'f'$ тангенсъ угла коей съ AD равенъ $\frac{2P}{9\lambda^2}$. Въ точкѣ f' удаленной на величину 3λ отъ ребра A и за симъ на остальной ширинѣ сѣченія $f'D$ сжатіе будетъ $= 0$.

И такъ (черт. 1 табл. 28) для *прочной устойчивости* призмы въ сѣченіи AD противъ дѣйствія силы P , очевидно, необходимо, чтобы наибольшее сжатіе на 1 площади сѣченія AD .

$$p_0 = \frac{2P}{3\lambda} \text{ было} = R$$

т. е. прочному сопротивленію сжатія.

Для *прочной устойчивости* призмы въ томъ же сѣченіи противъ дѣйствія силы Q очевидно необходимо, чтобы сопротивление призмы сдвигу по плоскости AD было $= \mu Q$; гдѣ μ нѣкоторый числовой коэффициентъ большій единицы. Мы предполагаемъ, что по плоскости AD нѣтъ сцѣпленія, а слѣд. сдвигу по этой плоскости можетъ сопротивляться лишь одно треніе. Поэтому условіе прочной устойчивости призмы противъ силы Q мы можемъ написать такъ

$$\psi P = \mu Q$$

гдѣ ψ есть коэффициентъ тренія.

Ислѣдуемъ значеніе выведеннаго нами общаго выраженія условій устойчивости призмы противъ дѣйствія силы P на основаніи AD , а именно выраженія

$$p_0 = \frac{2P}{3\lambda} = R$$

Мы имѣли уже, что

$$\lambda = \frac{Pk - Qq}{P}$$

Вставляя это значеніе λ въ выраженіе для p_0 , получимъ

$$p_0 = \frac{2 P^2}{3 (Pk - Qq)} = R$$

$$\text{или } 2 P^2 = 3 R (Rk - Qq) = 3 M_0 R$$

За симъ мы можемъ принять

$$Pk = \xi \cdot Qq$$

гдѣ ξ всегда должно быть > 1 .

Это есть геометрическое условіе устойчивости и безъ исполненія его прочная устойчивость призмы вовсе не можетъ быть достигнута, ибо при $\xi = 1$,

$$Pk = Qq$$

$$\text{и } p_0 = \frac{2P}{0} = \infty$$

Замѣняя въ выраженіи для p_0 величину Qq ея значеніемъ

получимъ

$$p_0 = \frac{2 P^2}{3 \left(Pk - \frac{Pk}{\xi} \right)} = \frac{2P}{3} \cdot \frac{\xi}{\xi-1} = R.$$

Множитель $\frac{\xi}{\xi-1}$ всегда > 1 и чѣмъ меньше ξ — тѣмъ больше, а чѣмъ больше ξ — тѣмъ ближе къ 1 и при $\xi = \infty$, равенъ единицѣ.

Отсюда слѣдуетъ, что прочная устойчивость призмы мало зависитъ отъ величины коэффициента геометрической ея устойчивости ξ , что увеличеніе коэффициента геометрической устойчивости нѣсколько облегчаетъ достиженіе *прочной устойчивости* призмы, что какая бы то ни было большая величина коэффициента геометрической устойчивости еще не гарантируетъ *прочной устойчивости* призмы и что *прочная устойчивость* призмы главнымъ образомъ зависитъ отъ величины отношенія $\frac{P}{k}$: чѣмъ это отношеніе меньше, т. е. чѣмъ меньше P и чѣмъ больше k , тѣмъ *легче достижима прочная устойчивость* призмы и тѣмъ она болѣе обезпечена.

Изъ выраженія

$$p = \frac{2P}{3\lambda} = R$$

мы видимъ еще, что прочная устойчивость призмы тѣмъ легче можетъ быть достигнута чѣмъ больше абсолютная величина λ при томъ же P . Поэтому для призмъ очень высокыхъ, а слѣдовательно подверженныхъ очень большому давленію P , желательно чтобы $\lambda = \frac{1}{3} b$, т. е. чтобы сѣченіе AD сопротивлялось сжатіемъ на всю свою ширину, этому же условію должны удовлетворять и призмы подверженные боковому напору воды, а не земли, въ видахъ того, чтобы вода не проникала въ части шва не сжатыхъ давленіемъ силы P .

И такъ для призмъ очень высокыхъ, а также подверженныхъ боковому напору воды условія устойчивости могутъ быть написаны такъ

$$\lambda = \frac{Pk - Qq}{P} = \frac{M_0}{P} = \frac{1}{3} b.$$

$$\text{или } Pb = 3 (Pk - Qq) = 3 M_0$$

$$\text{или } Pb = 3Pk \left(\frac{\xi - 1}{\xi} \right) \text{ или } \frac{3k}{b} = \frac{\xi}{\xi - 1}$$

$$\text{и } \frac{2P}{3\lambda} = \frac{2P}{b} \equiv R$$

$$\text{или } P \equiv \frac{Rb}{2}$$

Такъ какъ $\frac{\xi}{\xi - 1}$ всегда > 1 , то изъ уравн. $\frac{3k}{b} = \frac{\xi}{\xi - 1}$ слѣдуетъ, что требуемыя условія устойчивости для призмъ очень высокихъ или подверженныхъ боковому напору воды могутъ быть вообще удовлетворены лишь въ томъ случаѣ если

$$\frac{3k}{b} > 1$$

т. е. если

$$k > \frac{1}{3} b.$$

При этомъ если $k = \frac{b}{2}$, то

$$\frac{\xi}{\xi - 1} \text{ должно быть } = \frac{3 \cdot \frac{b}{2}}{b} = \frac{3}{2}.$$

а слѣдовательно, ξ должно быть $= 3$;

$$\text{если-же } k = 2, \text{ то } \frac{3k}{b} = \frac{2}{1} = 2 \text{ и}$$

$$k \text{ должно быть } = \frac{2}{3} b.$$

Возможность удовлетворенія условія $\frac{2P}{3\lambda} = R$ зависитъ отъ высоты призмы. Если мы обозначимъ чрезъ Δ вѣсь кубической единицы той каменной кладки, изъ которой исполнена призма, то можемъ принять

$$P = b Y \Delta$$

$$\text{и получимъ } \frac{2b Y \Delta}{3\lambda} = R$$

$$\text{и } Y = \frac{3\lambda \cdot R}{2b \cdot \Delta}$$

Здѣсь U выражаетъ среднюю высоту той призмы, вѣсомъ коей можетъ быть замѣнена сила P .

Если мы представимъ себѣ призму прямоугольную, то сумма всѣхъ вертикальныхъ силъ дѣйствующихъ на ея основаніе $= P$ будетъ равна вѣсу призмы, а слѣдовательно U будетъ выражать дѣйствительную высоту призмы и для возможности достиженія прочной устойчивости такой призмы необходимо, чтобы высота ея

$$U \text{ была не больше } \frac{3\lambda R}{2b \Delta}$$

При такомъ напорѣ Q , что $\lambda = \frac{1}{3} b$

$$U \text{ должно быть не } > \frac{R}{2 \Delta}$$

Если мы предположимъ, что прочное сопротивленіе кладки призмы сжатію $R = 228$ пуд. на 1 кв. ф. и что вѣсъ кубическаго фута кладки призмы $\Delta = 3$ пуд., то для $\lambda = \frac{1}{3} b$ предѣльная высота прямоугольной призмы должна быть $U = \frac{228}{2 \times 3} = 38$ футъ.

Для призмъ трапециoidalныхъ высота U выражаетъ собою среднюю высоту той графически построенной призмы, дѣйствию вѣса коей замѣняетъ собою дѣйствию суммы вертикальныхъ силъ P .

При $R = 228$ пуд. и $\Delta = 3$, призма эта должна быть такова, чтобы

$$\frac{Ub}{\lambda} = \frac{3R}{2\Delta} = \frac{3 \times 228}{2 \times 3} = 114$$

Покажемъ теперь какимъ образомъ примѣнить выведенныя нами общія условія прочной устойчивости призмъ къ расчету прочной устойчивости призматической каменной набережной стѣны на нѣкоторомъ основаніи AD (черт. 1 табл. 28).

Выведенныя нами выраженія условій устойчивости стѣны на основаніи AD суть слѣдующія:

для стѣны небольшой высоты

$$2 P^2 = 3 (Pk - Qq) R = 3 M_0 R .$$

$$\text{и } \psi P = \mu Q$$

для стѣны значительной высоты

$$Pb = 3(Pk - Qq) = \frac{3M_0}{P} \cong \frac{Rb}{2}$$

$$\text{а также } \psi P = \mu Q.$$

Для большей общности вывода предположимъ (черт. 1, табл. 28), что земляная насыпь за стѣною подвержена еще давленію отъ нѣ-которой нагрузки, которая выражается слоемъ земли, той же плот-ности какъ насыпь, толщиною β . Пусть при этомъ будутъ:

толщина стѣнки по верху — a

глубина воды — h

высота стѣнки — H

уклонъ передней грани стѣнки — n

„ задней грани стѣнки — m

вѣсъ 1 куб. ед. земли — Δ_1

„ 1 „ „ кладки стѣны — Δ

„ 1 „ „ воды — δ .

При такихъ предположеніяхъ на погонную единицу длины стѣнки мы по-лучимъ:

вѣсъ призмы воды

$$P_0 = \frac{nh^2 \delta}{2}$$

вѣсъ стѣнки

$$P_1 = \left[\frac{nH^2}{2} + a\Delta + \frac{mH^2}{2} \right] = \frac{\Delta H}{2} [2a + (m+n)H]$$

вѣсъ треугольной призмы земли

$$P_2 = \Delta_1 \frac{(H + mH \operatorname{tg} \theta)}{2} mH = \Delta_1 \frac{mH^2(1 + m \operatorname{tg} \theta)}{2}$$

давленіе воды снизу

$$P_3 = \delta bh$$

вѣсъ нагрузки на насыпь за стѣною

$$P_4 = \Delta_1 mH \cdot \frac{\beta}{\cos \theta}$$

напоръ воды

$$Q_0 = \frac{\delta h^2}{2}$$

напоръ земли въ плоскости DD' по Ренкину

$$Q_1 = K_1 \Delta_1 \int_{\frac{\beta}{\cos \theta}}^{\alpha} y dy$$

гдѣ при углѣ покоя земли φ

$$K_1 = \cos \theta \frac{\cos \theta - \sqrt{\cos^2 \theta - \cos^2 \varphi}}{\cos \theta + \sqrt{\cos^2 \theta - \cos^2 \varphi}}$$

и

$$\alpha = \frac{\beta}{\cos \theta} + H(1 + tg \theta)$$

Моменты силъ относительно ребра A получаются слѣдующимъ образомъ:

моментъ P_0

$$M_{P_0} = \frac{P_0 nh}{3} = \frac{\delta n^2 h^3}{6}$$

моментъ P_1

$$\begin{aligned} M_{P_1} &= \Delta \left[\frac{nH^2}{2} \cdot \frac{2nH}{3} + aH \left(\frac{a}{2} + nH \right) + \frac{mH^2}{2} \left(nH + a + \frac{mH}{3} \right) \right] = \\ &= \frac{\Delta H}{6} [H^2(2n^2 + 3mn + m^2) + 3a(a + 2nH + mH)] \end{aligned}$$

моментъ P_2

$$\begin{aligned} M_{P_2} &= \Delta_1 \frac{mH^2(1 + mtg \theta)}{2} \left(2 \frac{mH}{3} + a + nH \right) = \\ &= \Delta_1 \frac{mH^2}{6} (1 + mtg \theta) [2mH + 3(a + nH)]. \end{aligned}$$

моментъ P_3

$$M_{P_3} = \delta bh \cdot \frac{b}{2} = \frac{\delta b^2 h}{2}$$

моментъ нагрузки на насыпь за стѣною

$$M_{P_4} = \Delta_1 \frac{mH\beta}{\cos \theta} \cdot \left(nH + a + \frac{mH}{2} \right).$$

моментъ напора воды Q_0

$$M_{Q_0} = \frac{\delta h^2}{2} \cdot \frac{h}{3} = \frac{\delta h^3}{6}.$$

моментъ напора земли Q_1

$$M_{Q_1} = Q_1 Ad'$$

но

$$Ad^1 = O'A \cdot \sin \theta$$

$$O'A = O'D - b = O'D - (nH + a + mH)$$

$$O'D = \frac{Dd}{\operatorname{tg} \theta}$$

следовательно

$$\begin{aligned} M_{Q_1} &= Q_1 \sin \theta \left[\frac{Dd}{\operatorname{tg} \theta} - (nH + a + mH) \right] = \\ &= Q_1 [Dd \cos \theta - \sin \theta (nH + a + mH)], \end{aligned}$$

а такъ какъ

$$Dd = \alpha - dD'' = H(1 + m \operatorname{tg} \theta) + \frac{\beta}{\cos \theta} - dD''$$

то

$$M_{Q_1} = Q_1 [H(\cos \theta + m \sin \theta) + \beta - dD'' \cos \theta - \sin \theta (nH + a + mH)];$$

но

$$\Delta_1 K_1 \int_{\frac{\beta}{\cos \theta}}^z y^2 dy$$

$$dD'' = \frac{\int_{\frac{\beta}{\cos \theta}}^z y^2 dy}{Q_1}$$

поэтому

$$M_{Q_1} = \Delta_1 K_1 \left\{ \int_{\frac{\beta}{\cos \theta}}^a y dy [H(\cos \theta + m \sin \theta) + \beta - \sin \theta (nH + a + mH)] - \cos \theta \int_{\frac{\beta}{\cos \theta}}^a y^2 dy \right\}.$$

Давленіе воды на стѣнку снизу P_3 существуетъ не всегда и въ томъ случаѣ, когда существуетъ, увеличиваетъ прочную устойчивость стѣны на основаніи; а потому давленіемъ этимъ и его моментомъ можно пренебречь въ пользу большей устойчивости стѣны. За симъ, зная величины отдѣльныхъ силъ и ихъ моменты и пренебрегая силою P_3 получаемъ:

$$\begin{aligned} P &= \frac{nh^2 \delta}{2} + \frac{\Delta H}{2} [2a + (m + n)H] + \Delta_1 \frac{mH^2(1 + m \operatorname{tg} \theta)}{2} + \\ &+ \Delta_1 \frac{mH\beta}{\cos \theta} + K_1 \Delta_1 \sin \theta \int_{\frac{\beta}{\cos \theta}}^z y dy \end{aligned}$$

$$Q = Q_1 \cos \theta - Q_0 = K_1 \Delta_1 \cos \theta \int_{\frac{\beta}{\cos \theta}}^{\alpha} y \, dy - \frac{\delta k^2}{2}$$

и

$$M_0 = Pk - Qq = \frac{\delta n^2 h^3}{6} + \frac{\Delta H}{6} [H^2(2n^2 + 3mn + m^2) + 3a(a + 2nH + mH)] +$$

$$+ \frac{\Delta_1 m H^2}{6} (1 + mtg \theta) [2mH + 3(a + nH)] +$$

$$+ \Delta_1 \frac{mH\beta}{\cos \theta} \left(nH + a + \frac{mh}{2} \right) + \frac{\delta h^3}{6} -$$

$$- \Delta_1 K_1 \left\{ \int_{\frac{\beta}{\cos \theta}}^{\alpha} y \, dy [H(\cos \theta + m \sin \theta) + \beta - \sin \theta (nH + a + mH)] - \right.$$

$$\left. - \cos \theta \int_{\frac{\beta}{\cos \theta}}^{\alpha} y^2 \, dy \right\}.$$

Обыкновенно у бережныхъ уклонъ поверхности земли дѣлается незначительнымъ, такъ что можно принять

$$\theta = tg \theta = \sin \theta = 0 \text{ и } \cos \theta = 1.$$

Въ такомъ случаѣ

$$K_1 = \cos \theta \frac{\cos \theta - \sqrt{\cos^2 \theta - \cos^2 \varphi}}{\cos \theta + \sqrt{\cos^2 \theta - \cos^2 \varphi}}$$

$$\text{обратится въ } K = \frac{1 - \sin \varphi}{1 + \sin \varphi},$$

$$\alpha \text{ будетъ} = H + \beta$$

и полученныя нами выраженія силъ и моментовъ упростятся; именно будемъ имѣть:

$$P = \frac{nh^2\delta}{2} + \frac{\Delta H}{2} [2n + (m + n)H] + \frac{\Delta_1 m H^2}{2} + \Delta_1 m H \beta$$

и

$$M_0 = Pk - Qq = \delta \frac{(n^2 + 1)}{6} h^3 + \frac{\Delta H}{6} [H^2(n^2 + 3mH + m^2) + 3a(a +$$

$$+ 2nH + mH)] + \frac{\Delta_1 m H^2}{6} [2mH + 3(a + nH)] + \Delta_1 m H \beta \left(nH + a + \frac{mH}{2} \right) -$$

$$- \frac{\Delta_1 (1 - \sin \varphi)}{(1 + \sin \varphi)} \left[\frac{(H + \beta)^3 - \beta^2(3H + \beta)}{6} \right].$$

Вставивъ выраженія силы и моментовъ въ уравненіе

$$2P^2 = 3M_0R$$

выразимъ зависимость прочной устойчивости обыкновенной стѣны (не высокой) отъ величинъ: h , H , β , δ , Δ , Δ_1 , φ , a , n , m , и R .

Изъ сихъ величинъ: h , H , β , δ , Δ , Δ_1 , φ и R представляются величинами данными или извѣстными, за симъ величинами a и n можно задаться и изъ полученнаго уравненія опредѣлить неизвѣстную величину m , а зная m , можно вычислить ширину стѣны по основанію.

$$b = a + (n + m) H$$

Величины h и H всегда даны въ условіяхъ проекта; δ — вѣсъ куб. единицы воды всегда принимается = 593 пудамъ въ 1 куб. саж. или 1,73 пуда въ 1 куб. футъ; при данной по условіямъ проекта постоянной нагрузкѣ отъ товаровъ, приспособленій и т. п. на 1 площади насыпи за стѣною — p и при извѣстномъ вѣсѣ кубической единицы земляной насыпи Δ_1 величина $\beta = \frac{p}{\Delta_1}$; Δ — вѣсъ кубической единицы каменной кладки принимается: въ облицовкѣ — изъ тесанаго гранита, сіенита и гнейса, смотря по плотности камня, отъ 1420 до 1780 пуд.; изъ песчаника отъ 1354 до 1439 пуд., изъ плотнаго известняка отъ 1185 до 1580 пуд.; въ забуткѣ — изъ неправильныхъ кусковъ гранита средней твердости — 1425 пуд., изъ околотаго песчаника — 1325 пуд., изъ слонстаго известняка отъ 1250 до 1365 пуд., изъ кирпича отъ 975 до 1100 пуд. и изъ бетона — 1200 пуд.

Прочное сопротивленіе кладки раздробленію R въ зависимости отъ качествъ матерьяловъ и работы принимается отъ 2 до 3 пуд. на 1 кв. д. или отъ 288 до 432 пуд. на 1 кв. футъ. Относительно вѣса куб. единицы и угла покоя (φ) земель въ уплотнившейся насыпи за стѣною имѣются слѣдующія данныя:

Хрящъ или гравій Δ_1 = отъ 2,49 пуда до 3,05 пуда въ 1 куб. ф. φ = отъ 35° до 48°.

Песокъ въ зависимости отъ крупности и насыщенія водою Δ_1 = отъ 2,8 пуда до 3,5 пуд. въ 1 куб. ф., φ = отъ 37° до 27°.

Самому мелкому и сухому песку соотвѣтствуетъ наименьшій предѣлъ вѣса и наибольшій предѣлъ угла покоя; песку крупному со-

вершено насыщенному водою соотвѣтствуетъ наибольшій предѣлъ вѣса и наименьшій предѣлъ угла покоя.

Глины и песчано-глинистыя земли средней плотности въ зависимости отъ содержанія воды $\Delta_1 =$ отъ 2,6 п. до 3,5 п. въ 1 куб. ф., $\varphi =$ отъ 42° до 30° .

Наибольшій предѣлъ вѣса и наименьшій предѣлъ угла покоя соотвѣтствуетъ глинѣ и песчано-глинистымъ землямъ, содержащимъ воду до насыщенья, но безъ избытка. При избыткѣ воды наступаетъ раствореніе, разжиженіе этихъ земель и вѣскость ихъ, а также уголъ покоя уменьшаются, въ особенности уголъ покоя. Въ состояніи растворенія уголъ покоя ихъ φ дѣлается $= 0$, а вѣсъ 1 куб. ф. ихъ дѣлается $= 2,1$ пуда.

Плотныя водонепроницаемыя глины и песчано-глинистыя земли имѣютъ вѣсъ до 4,66 пуда въ 1 куб. ф. и въ плотной массѣ своей обладаютъ наибольшимъ угломъ покоя, превосходящимъ даже 48° ; но земли, достигшія такой плотности, могутъ встрѣчаться въ нетронутомъ грунтѣ, но не въ насыпи за набережною стѣною.

Дабы обезпечить устойчивость проектируемой стѣны для Δ_1 и φ слѣдуетъ выбирать, соотвѣтственно мѣстнымъ условіямъ, возможныя самыя неблагопріятныя величины. При чемъ слѣдуетъ имѣть въ виду, что песчано-глинистыя земли въ насыпяхъ, подверженныхъ періодическому промерзанію и оттаянію, не могутъ быть обезпечены противъ насыщенья водою никакими, обыкновенно примѣняемыми, мѣрами водоотвода; при существованіи же неблагопріятныхъ обстоятельствъ, т. е. обильнаго притока или напора воды они не могутъ быть обезпечены даже противъ совершеннаго разжиженія водою.

Ширина набережной стѣны по верху a принимается такой величины, при коей верхъ набережной, исполненной изъ данныхъ матеріаловъ, будетъ обладать достаточною прочностью противъ ударовъ, разрушительнаго дѣйствія атмосферныхъ водъ и переменъ температуры. Для прочности противъ разрушительныхъ атмосферическихъ вліяній набережная стѣна, исполняемая изъ мелкаго каменнаго матеріала съ хорошою перевязкою швовъ, должна имѣть ширину по верху a не менѣе 2 фута, при крупномъ каменномъ матеріалѣ ширина ея a должна быть больше. Обыкновенная ширина портовыхъ набережныхъ по верху $a = 4$ фута.

Небольшой уклонъ лицевой грани набережной стѣны отъ верти-

кали необходимъ для красоты, полезенъ для устойчивости стѣны, но увеличеніе его выше предѣла $\frac{1}{10}$ представляется неудобнымъ потому, что влечетъ за собою затрудненія въ устройствѣ прочной облицовки стѣны и значительно возвышаетъ стоимость облицовки; поэтому въ набережныхъ стѣнахъ величина n берется въ предѣлахъ отъ 0 до $\frac{1}{10}$.

Исчисляемый по приведеннымъ даннымъ уклонъ задней грани стѣны m долженъ быть не болѣе $\frac{1}{3}$. При уклонѣ m болшемъ $\frac{1}{3}$ можно опасаться появленія трещинъ gg' въ задней части стѣны (черт. 2 таб. 28). Поэтому если вычисленіе даетъ $m > \frac{1}{3}$; то слѣдуетъ или принять $m = \frac{1}{3}$ и увеличить n до $\frac{1}{10}$ и a по расчету до такого размѣра, при коемъ стѣна будетъ устойчива, или принять особыя искусственныя мѣры къ уменьшенію напора земли на стѣну.

За сямъ по извѣстнымъ величинамъ P и Q можетъ быть повѣрена устойчивость стѣны, противъ скольженія по основанію, по формулѣ.

$$\phi P = \mu Q.$$

при чемъ должно быть принято

$$\mu = 1,5 \text{ до } 2.$$

и коэффициентъ тренія каменной кладки:

ϕ — по каменной же кладкѣ сухой	0,6
„ мокрому камню или мокрой кладкѣ	0,7
„ дереву	0,4
„ мокрой глинѣ	0,33.

По исчисленному уклону m задняя грань стѣны обдѣлывается не въ видѣ плоскости, а уступами, какъ показано на черт. 3 таб. 28, съ такимъ расчетомъ, чтобы площадь поперечнаго сѣченія стѣны, ограниченная уступами, была равна трапециoidalной ея площади, ограниченной сзади линіей подъ уклономъ m .

Такой типъ набережной стѣны представляется старѣйшимъ, наиболѣе простымъ, наиболѣе употребительнымъ, обыкновеннымъ, и, въ отличіе отъ другихъ типовъ набережныхъ стѣнъ, французскими авто-

рами называется *французскимъ* типомъ. Типъ этотъ однакоже не удовлетворяетъ одному основному условію устойчивости, а именно требованію возможно меньшаго значенія $\frac{P}{k}$ т. е. требованію сочетанія возможно меньшаго вѣса стѣны съ возможно большимъ удаленіемъ равнодѣйствующей вертикальныхъ силъ отъ ребра наибольшаго давленія.

Этому условію удовлетворяетъ вполне такъ называемый *англійскій* типъ стѣнъ (черт. 4 таб. 28). Стѣны этого типа имѣютъ въ передней грани криволинейное очертаніе, равномерную или почти равномерную толщину по всей высотѣ и опираются на наклонное основаніе; по расчету толщина ихъ получается приблизительно вдвое менѣе толщины стѣнъ французскаго типа, но и онѣ имѣютъ свои неудобства. Во 1-хъ вслѣдствіе меньшей толщины онѣ легче могутъ подвергаться разрушительному дѣйствію мороза и атмосферныхъ вліяній; во 2-хъ вслѣдствіе большей стоимости устройства наклонныхъ основаній и наклонной кладки съ криволинейнымъ очертаніемъ лица сравнительно со стоимостью обыкновеннаго устройства основаній и кладки горизонтальными рядами, общая стоимость устройства ихъ, не смотря на значительную экономію въ объемѣ кладки, иногда мало разнится отъ стоимости устройства обыкновенныхъ стѣнъ и въ 3-хъ при грунтахъ пучистыхъ, увеличивающихся въ объемѣ отъ насыщенія водою и промерзанія, онѣ по своей конструкціи подвергаются значительному не только горизонтальному, но и вертикальному давленію снизу вверхъ (отъ пученія поддерживаемой ими насыпи) и подѣ вліяніемъ сихъ давленій могутъ приходиться въ разстройство.

Въ видахъ достиженія большей устойчивости данной массы кладки противъ горизонтальнаго напора земли выработаны еще нижеслѣдующія видоизмѣненія французскаго типа стѣнъ.

Стѣны съ контрфорсами т. е. съ столбообразными выступами съ задней стороны. Стѣны этого рода относительно устойчивости ничтожно разнятся отъ обыкновеннаго типа.

Стѣны съ примкнутыми горизонтальными сводами. Примѣръ такого рода стѣнъ представляетъ собою Архіепископская набережная на р. Сенъ въ Парижѣ, показанная на черт. 5, 6 и 7 таб. 28.

Стѣны съ примкнутыми вертикальными сводами. Примѣръ такого рода представляетъ собою набережная въ Гестемюнде (у Бремена), показанная на черт. 8, 9 и 10 таб. 28.

Стѣны съ примкнутыми горизонтальными и вертикальными сводами. Примѣръ такого рода стѣнъ представляетъ собою набережная въ Гулѣ, показанная на черт. 1 таб. 29.

Стѣны съ примкнутыми сводами вообще хотя и отличаются значительною устойчивостью сравнительно съ обыкновенными стѣнами французскаго типа, но сложны по конструкціи, въ постройкѣ на единицу кладки обходятся значительно дороже ихъ и при неблагоприятныхъ условіяхъ климата, грунтовъ и матерьяловъ могутъ легко подвергаться разнаго рода поврежденіямъ и разстройствамъ. Поэтому въ нашихъ климатическихъ условіяхъ простому французскому типу стѣнъ не смотря на теоретическіе его недостатки слѣдуетъ отдавать предпочтеніе предъ перечисленными его видоизмѣненіями, а также передъ типомъ англійскимъ. Для уменьшенія же въ случаѣ надобности массы кладки въ этомъ типѣ и наибольшаго давленія на основаніе его могутъ быть приняты слѣдующія мѣры:

Стѣна можетъ быть непосредственно укрѣплена анкерами т. е. соединена желѣзными связями со сваями, забитыми въ грунтъ сзади, какъ показано на черт. 2 таб. 29, изображающемъ набережную на р. Темзѣ. Но такого рода способъ увеличенія устойчивости стѣны нельзя признать рациональнымъ за невозможностью точнаго опредѣленія сопротивленія анкеровъ и той части давленія, которая можетъ на нихъ передаваться, а также по ненадежности дѣйствія анкеровъ.

Уменьшеніе вѣса стѣны и давленія ея на основаніе можетъ быть достигнуто посредствомъ уменьшенія напора поддерживаемой стѣною земли.

Напоръ земли на стѣну, отъ котораго зависятъ размѣръ массы стѣны и величина наибольшаго давленія ея на основаніе, можетъ быть уменьшенъ посредствомъ насыпки за стѣною призмы abc изъ какого-либо каменнаго матерьяла (черт. 3 таб. 29). Если призма эта имѣетъ такую ширину по верху ab и такой уклонъ откоса bc , что равнодѣйствующая, изъ напора и вертикальная давленія земли на откосъ bc ,— R проходитъ черезъ проекцію центра тяжести призмы на плоскость основанія— O , то каменная стѣна будетъ подвержена лишь тому боковому напору, который даетъ матерьялъ призмы, т. е. стѣна можетъ быть рассчитываема какъ поддерживающая насыпь изъ того матерьяла, изъ котораго сдѣлана призма.

Напоръ земли на стѣну можетъ быть также уменьшенъ посред-

ствомъ такъ называемыхъ разгрузочныхъ платформъ или протилокъ (черт. 4 и 5 таб. 29). Протилки эти дѣлаются изъ хвороста, изъ фашины, изъ жердей и т. п.

Во избѣжаніе значительнаго боковаго напора земли набережныя стѣны могутъ быть устраиваемы на аркахъ, какъ показано на черт. 11 таб. 29, изображающемъ набережную въ Гамбургѣ и наконецъ вмѣсто набережныхъ стѣнъ могутъ быть устраиваемы вышеупомянутыя набережныя арочныя эстакады (чер. 1 таб. 27).

Общими мѣрами для уменьшенія напора на набережныя стѣны служатъ: отводъ атмосферныхъ водъ посредствомъ соотвѣтственной обдѣлки и укрѣпленія поверхности насыпи за стѣною и отводъ просочившихся за стѣну атмосферныхъ и грунтовыхъ водъ посредствомъ устройства за стѣною дренирующаго слоя и дренажныхъ отверстій въ стѣнѣ, какъ показано на черт. 6 таб. 29. Примѣненіе этого рода мѣръ всегда полезно.

Въ случаѣ обильнаго притока къ стѣнѣ постороннихъ грунтовыхъ водъ, воды эти должны быть отводимы отъ стѣны особымъ дренажемъ.

Прочная устойчивость набережныхъ стѣнъ зависитъ еще отъ прочнаго сопротивленія ихъ основаній давленію. Грунты скалистые часто оказываютъ большее прочное сопротивленіе давленію, чѣмъ каменная кладка и потому, несомнѣнно, могутъ служить самыми надежными основаніями.

Грунты чисто песчаные, песчано-гравелистые, хрящеватые, песчано-глинистые и глинистые большой плотности, при соотвѣтственномъ огражденіи отъ подмыва, могутъ служить тоже надежными основаніями, при углубленіи въ нихъ подошвы стѣны на 1,5 — 2 фута, въ томъ случаѣ, если наибольшее давленіе на нихъ отъ стѣны не превосходитъ 0,5 пуда на квадратный дюймъ или 72 пудовъ на 1 квадр. футъ.

Въ такомъ случаѣ кладка стѣны возводится прямо на соотвѣтственно подготовленномъ грунтѣ и первыя два ряда ея дѣлаются на сухо съ плотною утрамбовкою и разщебенкою швовъ между камнями. Примѣръ такой стѣны показанъ на черт. 7 таб. 29, изображающемъ набережную порта Генриха IV въ Парижѣ на р. Сенѣ.

Если наибольшее давленіе отъ стѣны превосходитъ $\frac{1}{2}$ пуда на 1 кв. дюймъ, то стѣна можетъ быть въ основаніи уширена, т. е.

устроена съ фундаментомъ, какъ показано на черт. 8 таб. 29, съ такимъ расчетомъ, чтобы наибольшее давленіе на грунтъ у ребра A не превосходило $\frac{1}{2}$ пуда на 1 кв. дюймъ. При этомъ ширина уступа x должна быть не болѣе высоты фундамента y , такъ какъ въ противномъ случаѣ можно опасаться того, что уступъ отъ давленія отколется.

При грунтахъ слабыхъ и вообще такихъ, надежное сопротивленіе коихъ давленію или очень мало или съ точностью неизвѣстно, набережныя стѣны могутъ быть устраиваемы или на каменныхъ опускныхъ фундаментахъ или на деревянныхъ свайныхъ основаніяхъ.

Каменные опускные фундаменты могутъ быть устраиваемы или по способу опускныхъ каменныхъ колодцевъ, какъ показано на черт. 9 таб. 29, изображающемъ набережную въ Гласковѣ, или съ помощью сжатого воздуха и кессоновъ.

Такого рода фундаменты могутъ быть опускаемы или до материка или вообще до такой глубины на коей они въ данномъ грунтѣ, хотябы и слабомъ, могутъ считаться достаточно устойчивыми. Основныя условія устойчивости опускныхъ фундаментовъ во всякомъ землистомъ грунтѣ заключаются въ слѣдующемъ:

1) Давленіе на основаніе у наиболѣе нагруженнаго ребра фундамента не должно превосходить сопротивленія грунта выпиранію изъ подъ сооруженія (изъ основанія).

2) Давленіе на основаніе у наименѣе нагруженнаго ребра фундамента должно быть таково, чтобы не происходило выпиранія основанія вверхъ подъ боковымъ напоромъ грунта извнѣ.

Если мы представимъ себѣ стѣну (черт. 10 таб. 29) съ фундаментомъ, погруженнымъ въ землистый грунтъ на глубину y , поддерживающую насыпь высотой D , и предположимъ что вѣсъ куб. единицы грунта есть Δ_0 , а насыпи Δ_1 ; то по Ренкину будетъ имѣть:

Сопротивленіе выпиранію изъ подъ наиболѣе нагруженнаго ребра фундамента B на 1 площади давленія фундамента, пренебрегая давленіемъ воды на грунтъ

$$r = \frac{\Delta_0 y}{K_0^2}$$

гдѣ $K_0 = \frac{1 - \sin \varphi_0}{1 + \sin \varphi_0}$ и φ_0 уголъ покоя грунта, служащаго основаніемъ.

Величина силы, выпирающей земляное основание вверх у наименьше нагруженного ребра фундамента B_1 на 1 площади основанія:

$$r_1 = (\Delta_1 D + \Delta_0 y) K_1^2,$$

гдѣ
$$K_1 = \text{Cos } \theta \frac{\text{Cos } \theta - \sqrt{\text{Cos}^2 \theta - \text{Cos}^2 \varphi_0}}{\text{Cos } \theta + \sqrt{\text{Cos}^2 \theta - \text{Cos}^2 \varphi_0}}$$

θ —уголь, составляемый поверхностью насыпи за стѣною съ горизонтомъ и φ_0 по прежнему уголь покоя грунта, служащаго основаніемъ.

Если мы обозначимъ:

Полное давленіе отъ стѣны на единицу длины фундамента чрезъ— P .

Силу сдвигающую стѣну съ фундамента на 1 длины фундамента чрезъ— Q

и вѣсь кубической единицы фундамента чрезъ— Δ .

Ширину фундамента чрезъ— x .

Разстояніе центра давленія въ плоскости верха фундамента отъ наружнаго ребра стѣны чрезъ— λ .

Разстояніе центра давленія въ основаніи отъ наружнаго ребра фундамента чрезъ— λ_1

и боковыя давленія земли на фундаментъ чрезъ— Q_0 и Q_1 .

То будемъ имѣть:

Вѣсь единицы длины фундамента $P_0 = \Delta xy$.

Сумма вертикальныхъ силъ дѣйствующихъ на основаніе

$$\Sigma P = P + P_0 + Q_0 \text{Sin} \theta.$$

Боковыя давленія земли на фундаментъ

$$Q_0 = \Delta_0 K_1 \int_{\frac{D\Delta_1}{\Delta_0}}^{\frac{D\Delta_1}{\Delta_0} + y} z dz = \frac{K_1 y}{2} (2 D \Delta_1 + \Delta_0 y)$$

$$Q_1 = \frac{K_0 \Delta_0 y^2}{2}$$

Сумма моментовъ силъ относительно наружнаго ребра фундамента B .

$$\begin{aligned} \Sigma M_0 &= P(x - b + \lambda) + \frac{P_0 x}{2} + \frac{Q_1 y}{3} - Q_0 \beta - Qy = \\ &= P(x - b + \lambda) + \frac{\Delta y x^2}{2} + \frac{K_0 \Delta_0 y^3}{6} - Qy - \\ &\quad - \frac{K_1 y}{2} (2D\Delta_1 + \Delta_0 y) \cdot \beta. \end{aligned}$$

$$\text{гдѣ } \beta = \left(\frac{a}{tg \theta} - x \right) \text{Sin} \theta = a \text{Cos} \theta - x \text{Sin} \theta$$

$$\text{и } a = \frac{D\Delta_1}{\Delta_0} + y - \frac{K_1 \Delta_0}{Q_0} \int_{\frac{D\Delta_1}{\Delta_0}}^{\frac{D\Delta_1}{\Delta_0} + y} z^2 dz = \frac{3\Delta_1 D + \Delta_0 y}{2\Delta_1 D + \Delta_0 y} \cdot \frac{y}{3}.$$

За симъ будемъ имѣть $\lambda_1 = \frac{\Sigma M_0}{\Sigma P}$

и давленія на 1 площади основанія

$$\text{наибольшее у ребра } B - p_0 = \frac{2\Sigma P}{x^2} [2x - 3\lambda] = \frac{4\Sigma P}{x} - \frac{6\Sigma M_0}{x^2}$$

$$\text{наименьшее у ребра } B_1 - p_x = \frac{2\Sigma P}{x^2} [3\lambda_1 - x] = \frac{6\Sigma M_0}{x^2} - \frac{2\Sigma P}{x}.$$

Для устойчивости фундамента необходимо, чтобы

$$p_0 = r = \frac{\Delta_0 y}{K_0^2}$$

$$\text{и } p_x = r_1 = (\Delta_1 D + \Delta_0 y) K_1^2.$$

Эти два уравненія по подстановкѣ соотвѣтственныхъ величинъ будутъ содержать двѣ неизвѣстныя x и y .

Задаваясь величиною x , изъ нихъ легко можно опредѣлить величину y , т. е. величину углубленія фундамента и наоборотъ, задаваясь величиною y , можно опредѣлить величину x т. е. ширину фундамента.

Набережныя на опускныхъ фундаментахъ вообще устраиваются лишь въ тѣхъ случаяхъ, когда устройство ихъ на основаніяхъ свай-

ныхъ представляется по мѣстнымъ условіямъ затруднительнымъ и дорогимъ; въ большинствѣ же случаевъ рѣчныя набережныя устраиваются на свайныхъ основаніяхъ.

Свайныя основанія можно раздѣлить на двѣ категоріи:

а) основаній *не возвышенныхъ*, т. е. мало возвышающихся надъ поверхностью грунта;

и б) основаній *возвышенныхъ*, т. е. болѣе или менѣе значительно возвышающихся надъ поверхностью грунта.

Свайныя основанія первой категоріи представляются болѣе устойчивыми, но свайныя основанія второй категоріи устраиваются чаще въ тѣхъ видахъ, чтобы по возможности уменьшить объемъ кладки стѣны и, въ особенности, чтобы сократить работу ея съ водоотливомъ. Съ этою послѣдней цѣлью свайныя основанія возвышаются до горизонта низкихъ водъ и нерѣдко устраиваются даже въ такихъ грунтахъ, которые способны выносить непосредственно давленіе отъ сооруженія.

Примѣръ такого рода сооруженія показанъ на черт. 1 табл. 30. Сваи въ основаніе вообще забиваются до отказа и въ такомъ количествѣ, чтобы каждая свая могла вынести приходящееся на нее давленіе. Головы свай сръзаются въ извѣстномъ уровнѣ и соединяются поперечными насадками, поверхъ коихъ устраивается ростверкъ. Для увеличенія устойчивости возвышенныхъ свайныхъ основаній промежутки между сваями загружаются камнемъ, какъ показано на черт. 1 табл. 30 и на черт. 4 и 5 табл. 29.

Увеличеніе устойчивости свайныхъ основаній можетъ быть достигнуто забивкою наклонныхъ свай или, какъ показано на черт. 8, 9 и 10 табл. 28, или какъ показано на черт. 2 табл. 29, а также посредствомъ связи насадокъ, накладываемыхъ на сваи съ анкерными сваями забитыми сзади.

Устройство набережной на возвышенномъ свайномъ основаніи *въ слабомъ грунтѣ*, имѣющее цѣлью возможное уменьшеніе боковаго напора земли на стѣну и ея основаніе, а также возможное уменьшеніе вѣса стѣны и давленія ея на основаніе, показано на черт. 2 табл. 30, изображающемъ набережную въ Роттердамѣ.

Набережныя на материковыхъ грунтахъ, а также на невозвышенныхъ свайныхъ основаніяхъ устраиваются за перемычками съ водоотливомъ. Примѣръ устройства перемычки показанъ на черт. 3

табл. 30, изображающемъ постройку набережной порта Генриха IV въ Парижѣ на р. Сенѣ.

На приведенномъ чертежѣ основаніе ограждается особою шпунтовою линіею, независимо отъ перемычки; но само собою разумѣется, что огражденіемъ основанія могутъ служить и шпунтовые линіи перемычки, если перемычка устранивается изъ шпунтовыхъ линій; въ такомъ случаѣ внутренняя шпунтовая линія перемычки должна быть на мѣстѣ показанной на черт. 3 табл. 30, ограждающей шпунтовой линіи.

При устройствѣ набережныхъ въ рѣкахъ съ болѣе или менѣе значительнымъ теченіемъ и судоходствомъ нужно стремиться къ тому, чтобы перемычка возможно менѣе стѣсняла живое сѣченіе рѣки.

Послѣ устройства набережной, перемычки и всѣ временныя приспособленія должны быть срѣзаны и разобраны такимъ образомъ, чтобы не оставалось никакихъ препятствій для подхода судовъ къ стѣнѣ въ плотную.

Устройства перемычки и водоотлива можно избѣгнуть, исполняя нижнюю часть стѣны изъ бетона, какъ показано на черт. 4 табл. 30, изображающемъ набережную порта С. Бернаръ въ Парижѣ на р. Сенѣ.

Каменные набережныя стѣны кромѣ давленій отъ земли и воды подвергаются еще слѣдующимъ разрушительнымъ дѣйствіямъ:

- 1) размывающему дѣйствію текущей воды;
- 2) растворяющему дѣйствію воды, проникающей въ кладку;
- 3) разрушительному дѣйствію переменъ температуры и въ особенности мороза;
- и 4) иногда разрушительному дѣйствію ударовъ отъ грузовъ и пристающихъ судовъ.

Противъ размывающего дѣйствія текущей воды набережная должна быть защищаема:

а) по всей своей высотѣ—прочною облицовкою, съ правильными, тонкими, хорошо заполненными прочнымъ растворомъ, швами и б) въ основаніи—въ мѣрѣ надобности—ограждающими шпунтовыми линіями, каменными отсыпями, а иногда тѣмъ и другимъ способами вмѣстѣ. Но при этомъ необходимо имѣть въ виду, что, какъ ограждающія шпунтовые линіи, такъ и каменные отсыпи, не должны препятствовать подходу судовъ.

Вода, проникающая въ массу кладки набережной стѣны изъ рѣки

изъ атмосферы, и изъ грунта, благодаря содержанію въ ней нѣкоторыхъ газовъ и въ особенности углекислоты, обладаетъ способностью въ большей или меньшей степени растворять кремнеизвестковыя соединенія въ матерьялахъ кладки.

Неравномѣрное расширеніе и сжатіе наружныхъ и внутреннихъ частей кладки подъ вліяніемъ переменъ температуры влечетъ за собою напряженія, могущія нарушить связь между камнями и въ особенности между облицовкою и забуткою; морозъ-же, какъ извѣстно, кромѣ того дѣйствуетъ разрушительно на нѣкоторыя породы камней и на кладку, пропитанную водою.

Поэтому для надлежащей прочности противъ растворяющаго дѣйствія воды и переменъ температуры кладка набережныхъ стѣнъ должна быть вообще исполняема изъ плотныхъ, непористыхъ, трудно растворимыхъ водою, водонепроницаемыхъ и хорошо сопротивляющихся дѣйствію мороза камней съ прочною связью облицовки съ забуткою и съ плотнымъ заполненіемъ всѣхъ швовъ между камнями прочнымъ водоупорнымъ растворомъ, т. е. растворомъ изъ хорошаго портландъ-цемента.

При этомъ облицовка должна быть исполняема изъ правильно притесанныхъ камней, укладываемыхъ тычками и ложками. Высота каждаго ряда облицовки— h , можетъ соотвѣтствовать одному, двумъ или тремъ рядамъ забутки, при чемъ облицовочныя камни должны имѣть по возможности слѣдующіе размѣры:

ложка длину отъ $2h$ до $2,5h$ и ширину отъ $1h$ до $1,5h$,

тычки—длину около $2h$ и ширину отъ h до $1,5h$.

Верхъ портовыхъ набережныхъ стѣнъ покрывается безъ всякихъ выступовъ крупными, иногда цѣльными по всей ширинѣ стѣны, камнями, которые называются *кордонными* и защищаютъ верхъ стѣны отъ атмосферныхъ водъ и ударовъ. Камни эти ставятся на пилонахъ и подливаются на растворѣ изъ портландъ-цемента (черт. 8 табл. 28, черт. 7 табл. 29 и черт. 1, 4 и 10 табл. 30).

По верху *оградительныхъ* набережныхъ стѣнъ ставятся *парапеты* и устраиваются тротуары изъ лещадныхъ плитъ. Примѣръ этого рода устройства показанъ на черт. 6 табл. 28. При этомъ *кордонные* камни, на коихъ устанавливается парапетъ, обдѣлываются снаружи въ видѣ карниза. Если оградительная набережная имѣетъ конструкцію стѣны обыкновеннаго французскаго типа, то ей придаютъ ши-

рину на верху соотвѣтствующую ширинѣ потребнаго тротуара. Паркеты вообще состоятъ или изъ тесаныхъ камней, поставленныхъ на ребро (черт. 6 табл. 28), или изъ металлическихъ рѣшетокъ, укрѣпленныхъ въ каменныхъ тумбахъ.

Въ тѣхъ случаяхъ когда подъ вліяніемъ волненій, (что можетъ имѣть мѣсто въ приморскихъ и приозерныхъ частяхъ рѣки, а также въ озерахъ), набережная стѣна можетъ подвергаться ударамъ отъ стоящихъ у нея судовъ, для огражденія стѣны отъ ударовъ, и судовъ отъ поврежденія, у набережныхъ или забиваются такъ называемые *буревые сваи* (черт. 11 табл. 29 и черт. 2 табл. 30) или устраиваются отбойныя брусья (черт. 8 и 9 табл. 28 и черт. 2 табл. 29).

Брусья эти прикрѣпляются къ стѣнѣ посредствомъ закладныхъ, желѣзныхъ штырей или полосъ такимъ образомъ, чтобы ихъ въ случаѣ поврежденія можно было отнимать и замѣнять новыми.

Для причала судовъ вдоль набережныхъ ставятся тумбы, или деревянные (черт. 5 табл. 30), или чугуныя (черт. 6 табл. 30); при чемъ чугуныя тумбы, какъ показано на чертежѣ, обкладываютъ внизу камнемъ; кромѣ сего набережныя снабжаются *рымами*, т. е. причальными кольцами, которыя укрѣпляются, какъ показано на черт. 7 табл. 30, или какъ показано на черт. 8 табл. 30. Для удобства ремонта кольца иногда соединяются съ закладными штырями, какъ показано на черт. 9 табл. 30.

Если нагрузка и выгрузка судовъ производится съ помощью конной возки, то у портовыхъ набережныхъ полезно бываетъ устраивать невысокіе деревянные барьеры, какъ показано на черт. 10 и 11 табл. 30.

Для сообщенія съ судами при разныхъ горизонтахъ воды набережныя, какъ портовые, такъ и оградительныя, снабжаются *стремлянками* и *лѣстницами*. На черт. 1 табл. 31 показано устройство желѣзной стремянки въ оградительной набережной, а на черт. 2 табл. 31 показано устройство лѣстницы въ оградительной набережной.

Деревянные набережныя.

Въ мѣстностяхъ небольшого грузооборота, гдѣ лѣсъ дешевъ, устраиваются деревянные набережныя. Деревянные набережныя бываютъ трехъ типовъ: заборчатые, свайныя шпунтовые и ряжевыя.

Заборчатые набережные устраиваются слѣдующимъ образомъ:

Вдоль берега забивается рядъ свай (черт. 3 табл. 31), сваи соединяются по верху шапочною насадкою, позади ихъ устраивается заборка изъ пластинъ, брусевъ или досокъ, смотря по обычаю мѣстности. Такая конструкция набережной устойчива только до высоты одной сажени. Потребную толщину заборки, т. е. пластинъ, брусевъ или досокъ, закладываемыхъ за сваи, при данномъ разстояніи между сваями, можно опредѣлить по расчету, что же касается до размѣровъ свай и разстоянія между ними, то опредѣленіе сихъ величинъ по расчету въ зависимости отъ напора земли и сопротивленія свай выворачиванію невозможно и въ этомъ отношеніи остается руководствоваться опытомъ. При высотѣ стѣнки до 1 саж. достаточны шестивершковыя сваи, забитыя въ разстояніи около 5 ф. одна отъ другой, при большей высотѣ сваи приходится брать большей толщины, забивать чаще и укрѣплять анкерами. При высотѣ стѣнки до 2-хъ саж. (черт. 4 табл. 31) свая обыкновенно укрѣпляется однимъ анкеромъ по высотѣ. Анкера въ такомъ случаѣ состоятъ изъ парныхъ схватокъ, соединенныхъ однимъ концомъ со сваями стѣнки посредствомъ врубокъ и болтовъ или хомутовъ и другимъ концомъ съ анкерными сваями, забитыми сзади, посредствомъ особаго бруса, называемаго *ригелемъ*.

При высотѣ стѣнки болѣе 2 саж. сваи укрѣпляются по высотѣ двумя рядами анкеровъ. Примѣръ подобной набережной, показанъ на черт. 5 табл. 31, изображающемъ старую набережную въ Дюнкирхенѣ. Въ этой набережной сваи брусчатая укрѣплены по высотѣ двумя анкерами, изъ коихъ одинъ горизонтальный, другой наклонный, поддерживаются по длинѣ особыми сваями и въ концѣ связываются съ анкерными сваями посредствомъ общаго ригеля. Для предотвращенія вымыва засыпки за заборкою, внизу положены тяжелыя фашины (набитыя камнемъ); поверхъ ихъ во всю высоту стѣнки утрамбованъ слой глины толщиною около 6 футовъ и остальное пространство засыпано обыкновенной землей. Такая конструкция прочна и устойчива даже при ударахъ волнъ, но принадлежитъ къ дорогимъ тидамъ и представляетъ то неудобство въ постройкѣ, что правильная забивка брусчатыхъ свай затруднительна, онѣ могутъ при забивкѣ поворачиваться и становиться ребромъ. Во избѣжаніе этого слѣдуетъ употреблять круглыя сваи.

Особенный типъ заборчатой набережной представляет собою старая набережная въ Нейфарвассерской гавани при устьѣ р. Вислы, показанная на черт. 1 табл. 32. Особенности устройства ея видны на чертежѣ. Этого рода типъ также хорошо сопротивляется волненію и можетъ быть съ удобствомъ примѣняемъ для стѣнокъ небольшой высоты, въ озерныхъ устьяхъ рѣкъ и въ озерахъ.

Общій недостатокъ заборчатыхъ набережныхъ состоитъ въ томъ, что онѣ легко разстраиваются отъ мороза, такъ какъ земляная засыпка, примерзая къ дереву и пучась, приподнимаетъ заборку, образуя въ послѣдней щели. Образование щелей влечетъ за собою образование *кавернъ*, или пустотъ, въ засыпкѣ за заборкой, вслѣдствіе чего береговая полоса у стѣнки приходитъ въ разстройство. Особенно не хороши въ этомъ отношеніи пластинныя заборки. Стараются уменьшить этотъ недостатокъ тѣмъ, что прибиваютъ доски и пластины гвоздями черезъ одну къ сваямъ. Ниже горизонта низкихъ водъ заборки дѣлаются въ видѣ щитовъ изъ пластинъ или досокъ, связанныхъ шпонками, которыя въ пластинахъ загоняются въ приготовленные вырубкы, а къ доскамъ прямо прибиваются гвоздями. Въ мягкихъ грунтахъ, во избѣжаніе осадки заборокъ, подъ щиты кладутъ фашины. Верхъ щитовъ прикрѣпляется къ сваямъ гвоздями.

Шпунтовая набережная стѣнки устойчивѣе и прочнѣе заборчатыхъ; въ Россіи онѣ въ большемъ употребленіи и въ нѣкоторыхъ случаяхъ обходятся дешевле. Впрочемъ при высотѣ болѣе 1½ саж. необходимо и шпунтовая стѣнка укрѣплять анкерами, между тѣмъ какъ укрѣпленіе анкерами шпунтовой стѣны гораздо труднѣе, чѣмъ заборчатой. Шпунтовая стѣнка съ анкерными укрѣпленіями показана на черт. 2 табл. 32. Для устройства такой стѣнки маячныя сваи шпунтовой линіи должны быть связаны опускными схватками, которыя при помощи желѣзныхъ тяжей должны быть соединены съ опускнымъ ригелемъ, заложенымъ за анкерныя сваи, забиваемыя одновременно съ маячными сваями шпунтоваго ряда.

На рѣкахъ съ большою разностью горизонтовъ низкихъ и высокихъ водъ наиболѣе удобнымъ представляется смѣшанный типъ набережныхъ стѣнокъ, въ которомъ низъ (до горизонта низкихъ водъ) шпунтовый, а верхъ (выше горизонта низкихъ водъ) заборчатый; потому что въ предѣлахъ измѣненій горизонта воды дерево подвергается гніенію, а ремонтировать заборку легче, чѣмъ шпунтовую

стѣну. Примѣромъ такой набережной можетъ служить набережная въ Пиллау, показанная на черт. 3 табл. 32. Въ этой набережной сваи, удерживающія верхнюю заборку, забиты въ разстояніи около 3 ф. наклонно и укрѣплены (черезъ двѣ) анкерами; нижняя часть стѣнки состоятъ изъ шпунтовой линіи. Высота этой набережной около 2-хъ саж.

Типъ въ такомъ же родѣ набережной (до 3-хъ саж.) высоту представляетъ набережная въ Антверпенѣ, показанная на черт. 4 табл. 32. Стѣнка этой набережной до горизонта низкихъ водъ состоятъ изъ шпунтоваго ряда свай, изъ которыхъ нѣкоторыя выпущены немного выше и къ нимъ примыкаютъ стойки, укрѣпленныя черезъ одну тремя анкерами: однимъ горизонтальнымъ и двумя наклонными. Стойки расположены въ разстояніи одного метра другъ отъ друга, и за ними устроена досчатая заборка. Набережная эта принадлежитъ къ очень устойчивымъ типамъ, выдерживающимъ даже сильное волненіе.

Въ тѣхъ случаяхъ, когда шпунтовая стѣнка не имѣетъ заборчатой надстройки и верхнюю часть ея приходится ремонтировать, то прибѣгаютъ къ слѣдующему способу: кладутъ схватки у уровня низкихъ водъ и въ уровнѣ верха схватокъ срѣзываютъ шпунтовый рядъ за исключеніемъ нѣкоторыхъ свай, расположенныхъ въ разстояніи отъ 3 до 5 ф. Сваи эти срѣзываются нѣсколько выше верха схватокъ и наращиваются стойками, стойки укрѣпляются анкерами и за стойками устраивается заборка.

Деревянные набережныя изъ хорошаго сосноваго лѣса стоятъ безъ ремонта 10 лѣтъ. Въ Россіи идетъ по преимуществу на постройки сосна; другія же изъ прочныхъ породъ, какъ напримѣръ дубъ, рѣдко встрѣчаются.

Ряжевыя набережныя (черт. 5 табл. 32) устраиваются въ тѣхъ случаяхъ, когда грунтъ не допускаетъ забивки свай. Устройство ихъ слѣдующее: на берегу или на льду, а иногда и на плаву, рубится ряжь, въ видѣ простаго бревенчатаго сруба изъ бревень толщиною отъ 5 до 6 вершковъ, шириною по низу приблизительно равную высотѣ предполагаемой стѣны и длиною около 6 саж. съ продольными и поперечными простѣнками въ разстояніи отъ 5 до 7 футъ и съ днищемъ изъ пластинъ. Вѣнцы ряжа по высотѣ связываются или скобами или *сжимами* съ тою цѣлью, чтобы при предстоящей на-

грузкѣ днища нижніе вѣнцы не могли отдѣлиться отъ верхнихъ. На мѣстѣ предположенной постановки стѣны дно рѣки выравнивается, и когда ряжь срубится до высоты равной глубинѣ воды, его подводятъ на мѣсто постановки и загружаютъ камнемъ или вообще тяжелымъ грунтомъ до тѣхъ поръ, пока онъ не станетъ на дно.

Послѣ сего ставятъ въ плотную одинъ къ другому такое число ряжей, какое требуется по длинѣ набережной и дѣлаютъ на нихъ выше воды общую ряжевую нарубку, уменьшая ширину ея уступами какъ показано на чертежѣ. Послѣ сего весь возведенный ряжевой срубъ засыпается до верху какимъ либо тяжелымъ непучащимся грунтомъ: лучше всего гравіемъ.

Ряжевые набережныя чрезвычайно просты и удобны по устройству, а также прочны; но требуютъ много лѣса, а потому устраиваются лишь при невозможности забивки свай и тамъ, гдѣ лѣсъ очень дешевъ.

Въ случаѣ очень большой высоты берега и слабости его грунта, угрожающаго чрезмѣрно большимъ напоромъ на стѣну, вмѣсто деревянныхъ набережныхъ стѣнъ можно устроить *деревянные эстакады*, т. е. сплошные помосты вдоль всего берега; помосты эти имѣютъ такую же конструкцію, какъ и деревянные пристани, причемъ откосъ берега подъ ними укрѣпляется какимъ либо способомъ. Примѣръ деревянной эстакады съ каменнымъ настиломъ показанъ на черт. 1 табл. 33, изображающемъ эстакаду, устроенную у устья Кляйдскаго канала въ Фортскомъ проливѣ.

Металлическія набережныя.

Металлическія набережныя встрѣчаются вообще говоря довольно рѣдко и устраиваются въ мѣстностяхъ, гдѣ дорогъ лѣсъ и камень, но дешевы металлическія издѣлія и въ особенности чугуныя и желѣзныя. Первая металлическая набережная была устроена въ Лондонѣ на р. Темзѣ. Эта набережная показанная на черт. 2 табл. 33 представляетъ каменный массивъ съ чугуною обдѣлкою и устроена слѣдующимъ образомъ. Вдоль берега забить рядъ свай, соединенныхъ боковыми схватками, которыя послужили для направленія забитыхъ затѣмъ чугуновыхъ свай. Чугуныя сваи употреблены двухъ типовъ: маячныя и промежутчныя. Маячныя сваи, имѣющія въ поперечномъ сѣченіи видъ показанный въ планѣ, забиты въ разстоя-

ни 7 футъ одна отъ другой; промежутокъ между ними наполненъ болѣе легкими сваями, плотно прилегающими одна къ другой и составляющими какъ бы шпунтовую стѣнку. Маячныя сваи нарощены чугунными стойками одинаковаго съ ними поперечнаго сѣченія, связанными съ берегомъ анкерными тяжами. За реборды стоекъ заложены чугунные доски. Съ наружной стороны эти доски имѣютъ выпуклую поверхность показанную на чертежѣ. Сзади устроенной такимъ образомъ чугунной стѣнки возведенъ массивъ изъ бетона и затѣмъ произведена засыпка.

Коммерческіе доки.

Отдѣльные выступы — пристани и набережныя для нагрузки и выгрузки судовъ иногда не могутъ имѣть въ данномъ мѣстѣ рѣчки пристанной линіи того протяженія, которое требуется существующимъ грузооборотомъ. Въ такомъ случаѣ устраиваются такъ называемые коммерческіе доки. Доки представляютъ собою бассейны обыкновенно выкопанные въ берегу и обнесенные внутри набережными или пристанями. Коммерческіе доки Викторіи въ Лондонѣ на р. Темзѣ, показанные на черт. 3 табл. 33 состоятъ изъ двухъ большихъ и 3-го малаго бассейна. Всѣ три бассейна соединены между собою каналами. Первый бассейнъ соединенъ кромѣ того каналомъ съ рѣкою. Въ первомъ бассейнѣ суда ожидаютъ подхода къ набережнымъ. Во второмъ бассейнѣ устроены выступы пристани, къ которымъ пристають суда, приходящія изъ перваго бассейна. Такъ какъ вода здѣсь стоячая, то суда могутъ причаливать къ обѣимъ сторонамъ пристаней. Пристани крытыя и на нихъ устроены товарныя склады. Въ 3-мъ маленькомъ бассейнѣ устроены съ двухъ сторонъ по 3 эллинга для починки судовъ. Бассейны окружаетъ съ 2-хъ сторонъ линія желѣзной дороги. Удобства и выгодныя стороны доковъ слѣдующія: во первыхъ, вслѣдствіе стоячей воды доковъ, пристанная линія въ нихъ можетъ имѣть произвольное направленіе, а потому на небольшомъ пространствѣ можетъ получить большое протяженіе, во вторыхъ, иногда нельзя пользоваться рѣчнымъ берегомъ для устройства товарныхъ складовъ у пристаней, въ такомъ случаѣ доки даютъ возможность расположить пристани у складовъ въ наиболѣе удобномъ въ коммерческомъ отношеніи мѣстѣ.

Въ заключеніе относительно мѣсть нагрузки и выгрузки судовъ

необходимо еще замѣтить слѣдующее. За границей портовых набережных и доки снабжаются обыкновенно механическими приспособленіями для нагрузки и выгрузки товаровъ, какъ то: подъемными кранами, норіями и т. п. Въ Россіи на рѣчныхъ пристаняхъ рабочей трудъ пока еще на столько дешевле, что не представляется выгоды въ такихъ механическихъ приспособленіяхъ, нагрузка и выгрузка судовъ производится ручная; но безъ сомнѣнія со временемъ и у насъ введутъ механическую выгрузку и нагрузку судовъ. Механическая нагрузка и выгрузка имѣетъ ту выгоду, что сберегаетъ время и уменьшаетъ длину пристанной линіи, а слѣдовательно уменьшаетъ и всѣ расходы съ этимъ сопряженные.

§ 5. Мѣста стоянокъ и зимовокъ судовъ.

Суда послѣ выгрузки должны уходить изъ порта, чтобы дать мѣсто другимъ судамъ, ожидающимъ своей очереди и могутъ долго оставаться въ портѣ только тогда, если есть свободное мѣсто и нѣтъ никакой опасности для ихъ стоянки. Въ открытой рѣкѣ, у набережныхъ, напр., суда не могутъ зимовать, ибо имъ угрожаетъ ледоходъ или плоты, которые весною со вскрытіемъ рѣки, послѣ ледохода, сплавляются внизъ по рѣкѣ. Въ виду вышесказаннаго, для судоходства необходимы такія мѣста, гдѣ бы суда могли безопасно зимовать или выжидать опасный для себя періодъ, напр. ледоходъ. Такія же мѣста должны быть устраиваемы и на пути между двумя конечными пунктами грузооборота, чтобы суда не успѣвшія дойти до мѣста назначенія и застигнутыя въ пути зимой или ледоходомъ имѣли убѣжище. Мѣста, предназначенныя для стоянки или зимовки судовъ, называются *гаванями* или *затонами* и раздѣляются на естественныя и искусственныя. Естественный затонъ, образуемый напр. косою выдающеюся въ рѣку отъ берега и лежащею по теченію, безопасенъ только тогда, когда берегъ косы выше уровня ледохода. Черт. 1 табл. 34. Если берегъ косы ниже горизонта ледохода, то можно устроить ограждающую дамбу *a* сопряженную съ высшимъ мѣстомъ берега. Если берега затона ниже уровня весеннихъ водъ, то весной въ половодье затонъ затопляется и такъ какъ скорость теченія въ затонѣ небольшая, то въ немъ отлагаются наносы и образуются мели. Мели эти надо очищать или, для предупрежденія ихъ, оградить

дамбою берега затона выше уровня высоких водъ. Если нѣтъ естественныхъ затоновъ, то устраиваютъ искусственные затоны, поступая слѣдующимъ образомъ. Если напр. по срединѣ рѣки есть островъ (черт. 2 табл. 34) дѣлящій рѣку на два рукава, то заграждаютъ одинъ (болѣе слабый) изъ рукавовъ и—если при этомъ оказывается, что островъ и берегъ рѣки ниже уровней ледохода и весеннихъ водъ, то на островѣ строятъ соотвѣтственной высоты оградительную дамбу, и загражденіе той же высоты продолжаютъ въ берегъ до высшей точки. Если же на рѣкѣ нѣтъ ни подходящихъ острововъ ни косъ, то искусственная гавань или затонъ можетъ быть выкопана или въ вогнутомъ берегѣ, какъ показано на черт. 3 табл. 34, въ такомъ мѣстѣ, гдѣ она будетъ защищена естественно отъ ледохода и весеннихъ водъ, или въ выпукломъ берегѣ ввидѣ канала, какъ показано на черт. 4 табл. 34. Если при этомъ выпуклый берегъ возвышается надъ уровнемъ ледохода и весеннихъ водъ, то верхній конецъ канала слѣдуетъ оставить закрытымъ. Если берегъ не достаточно возвышается, то каналъ съ верховаго закрытаго конца можно еще оградить дамбою. Закрытіе затоновъ дамбами вообще должно производиться съ такимъ расчетомъ, чтобы оно не производило слишкомъ большаго стѣсненія живаго сѣченія потока и подпора воды и не имѣло бы опасныхъ послѣдствій для его береговъ. Дамбы въ сихъ случаяхъ могутъ имѣть такое же устройство какъ выправительныя сооруженія, о которыхъ рѣчь будетъ впереди. Неудобство закрытыхъ отъ весеннихъ водъ затоновъ состоитъ въ томъ, что ледъ застаивается въ нихъ дольше, чѣмъ въ рѣкѣ, и его приходится выкалывать. Для устраненія этого неудобства въ случаѣ, показанномъ на черт. 4 табл. 34 прорываютъ сквозной каналъ и съ верховаго конца устраиваютъ въ немъ загражденіе отъ ледохода слѣдующимъ образомъ. Въ верхнемъ концѣ канала устраиваются рѣшетчатые свайные быки въ родѣ показаннаго на черт. 5 табл. 34 въ разстояніи около 1 саж. одинъ отъ другаго. Направленіе теченія показано на чертежѣ стрѣлкою. Дно рѣки прочно укрѣпляютъ дѣлая выемку и загружая ее крупнымъ камнемъ. Быки соединяются между собою поперечными схватками въ нѣсколько ярусовъ. Если хотять загородить каналъ, то со стороны теченія ставятъ рядъ вертикальныхъ брусевъ, которые плотно прижимаются теченіемъ къ горизонтальнымъ схваткамъ, связывающимъ быки. Загражденіе произ-

водится до ледохода, и ледоходъ не можетъ проникнуть въ каналъ. Послѣ ледохода брусья вынимають и пускають въ затонъ токъ воды, тогда въ затонѣ образуется теченіе, которое и унесетъ съ собою ледъ изъ затона. Если ширина канала-затона незначительна сравнительно съ шириною рѣки, то каналъ не окажетъ существеннаго вліянія на русло рѣки и самъ не будетъ засоряться, въ противномъ же случаѣ въ немъ будутъ слагаться наносы и образовываться мели. Такой сквозной затонъ устроенъ во Франціи на р. Сенъ. Въ Россіи при сильныхъ ледоходахъ и большой разницѣ въ уровнѣ воды до ледохода и во время ледохода, такіе затоны требовали бы слишкомъ сложной конструкціи и потому не устраиваются. У насъ слѣдуетъ предпочитать затоны на глухо закрытые отъ ледохода и весеннихъ водъ, потому что долгое стояніе льда въ затонахъ и сопряженныя съ его удаленіемъ ледокольные работы не представляютъ затрудненій, такъ какъ у насъ всегда имѣются привычныя и хорошо знакомыя съ этою рода работой рабочіе.

Въ мѣстахъ стоянокъ судовъ, въ затонахъ, необходимо устраивать приспособленія для ремонта судовъ. Эти приспособленія могутъ состоять изъ наклонныхъ плоскостей; устройство которыхъ имѣетъ тѣ же основанія, какъ и устройство эллиговъ для морскихъ судовъ съ тою лишь разницею, что конструкція ихъ проще, уклонъ придаваемый имъ можетъ быть больше, и суда на нихъ могутъ втягиваться для починки поперекъ при помощи деревянныхъ рельсовъ, салазокъ, скользящихъ по нимъ, и простыхъ воротовъ. Послѣ ремонта суда стаскиваются съ такой наклонной плоскости. Если судоходство не велико и суда небольшихъ размѣровъ, то вмѣсто наклонныхъ плоскостей можно пользоваться или пологими берегами, укрѣпленными мостовою съ проложенными въ ней продольными брусьями въ видѣ рельсовъ для втягиванія судовъ или же площадками устраиваемыми въ мѣстахъ затопляемыхъ высокими водами. Во время высокихъ водъ судно подводятъ къ такой площадкѣ и ждутъ спада воды, по спадѣ воды судно садится на площадку, и его ремонтируютъ; съ наступленіемъ же новыхъ высокихъ водъ судно всплываетъ и его отводятъ въ сторону. Этотъ способъ ремонта и постройки судовъ практикуется почти на всѣхъ нашихъ рѣкахъ. Затоны и гавани въ центральныхъ мѣстахъ грузооборота, какъ напр. у насъ у Нижняго-Новгорода могутъ быть снабжены приспособленіями для нагрузки и выгрузки судовъ и представлять собою коммерческіе доки.

§ 6. Бичевники.

Бичевники по русскимъ законамъ составляютъ необходимую принадлежность всѣхъ судоходныхъ и сплавныхъ рѣкъ, озеръ, разливовъ и вообще водъ, на которыхъ открыто судоходство или сплавъ или гонка лѣса и дровъ. Открытіе водныхъ путей для судоходства, сплава или гонки лѣса и дровъ не требуетъ для своего осуществленія особаго правительственнаго распоряженія. Водный путь считается открытымъ для общаго пользованія коль скоро онъ въ естественномъ своемъ состояніи, безъ особыхъ искусственныхъ приспособленій, пригоденъ для производства по одному судоходства, сплава или гонки лѣса и дровъ. Бичевники раздѣляются на естественные и искусственные. Естественные бичевники въ видѣ береговыхъ полосъ установленной закономъ ширины, представляемыхъ въ распоряженіе судоходства не отводятся и не нарѣзываются, а существуютъ словомъ закона у каждаго естественно судоходнаго или сплавно-го пути.

На водныхъ путяхъ, сплавныхъ только временно, помощью прибылой воды, бичевники существуютъ лишь на время дѣйствительнаго производства по нимъ сплава или гонки и при томъ только въ видѣ тропы, для прохода рабочихъ, производящихъ сплавъ или гонку. Въ тѣхъ случаяхъ, когда вслѣдствіе особыхъ условій подобнаго пути или по причинѣ значительности производимаго по немъ сплава, означенная тропа оказывается недостаточною, бичевникъ можетъ быть распоряженіемъ Министра Путей Сообщенія увеличенъ до 2 саж. ширины на томъ протяженіи пути, гдѣ это вызываетъ необходимость. На рѣкахъ, сплавныхъ и судоходныхъ въ теченіе всей навигаціи, естественные бичевники существуютъ по назначенію Министра Путей Сообщенія на всемъ протяженіи обоихъ береговъ или по одному берегу въ мѣстахъ, гдѣ это нужно, шириною до 10 саж. Ширина бичевой полосы считается, при крутыхъ береговыхъ откосахъ, отъ гребня откоса по берегу, а при пологихъ, затопляемыхъ берегахъ, отъ урѣза среднихъ меженныхъ водъ. Бичевники этого рода предоставляются въ распоряженіе судоходства для тяги судовъ и плотовъ, для временнаго храненія судовыхъ и плотовыхъ грузовъ, для починки и устройства судовъ и вязки плотовъ, для временнаго помѣщенія рабочихъ, для пастьбы тягловыхъ лошадей и проч. на-

добностей судоходства. Прибрежные владѣльцы имѣютъ право, въ размѣрахъ не стѣсняющихъ судоходства, запахивать бичевники возводить на нихъ временныя постройки, добывать изъ нихъ строительныя матеріалы, причемъ отнюдь не должны повреждать устроенныхъ на бичевникахъ для потребностей судоходства приспособленій и сооружений. Тамъ, гдѣ бичевники по назначенію имѣютъ ширину менѣе 10 саж., судоходцы, въ случаѣ несчастія съ судами, могутъ пользоваться для склада грузовъ и снастей прибрежною полосою до 10 саж. шириною, выбирая для сего мѣста свободныя отъ хозяйственныхъ и прочихъ устройствъ прибрежныхъ владѣльцевъ.

Приспособленія для бичевой тяги на естественныхъ бичевникахъ устраиваются на казенной счетъ въ мѣрѣ надобности распоряженіемъ Министерства Путей Сообщенія, причемъ казна можетъ, не стѣняя правъ владѣльцевъ, добывать на бичевникахъ матерьялы.

Въ населенныхъ мѣстахъ (городахъ, мѣстечкахъ, селеніяхъ и пр.), гдѣ открытіе бичевника въ узаконенной ширинѣ было бы стѣснительно и потребовало бы сноса значительныхъ строеній, вмѣсто бичевниковъ оставляются вдоль рѣки, для надобностей судоходства только набережныя (полосы) въ такой ширинѣ, какая необходима для удобнаго прохода съ бичевою и проѣзда; при этомъ для нагрузки и выгрузки судовъ, причала ихъ и пр. отводятся особыя мѣста подъ названіемъ пристаней.

Искусственные бичевники, нарѣзанные и обдѣланные въ видѣ дорогъ, существуютъ вдоль рѣкъ, приводимыхъ искусственно въ судоходное состояніе и вдоль искусственныхъ судоходныхъ путей—каналовъ; необходимыя для устройства изъ земли отчуждаются изъ частнаго владѣнія на основаніи общихъ правилъ отчужденія частной собственности для общественной надобности. Искусственные бичевники состоятъ въ непосредственномъ распоряженіи и завѣдываніи Министерства Путей Сообщенія и содержатся на казенный счетъ.

О работахъ по устройству и содержанію искусственныхъ бичевниковъ мы будемъ говорить въ отдѣлѣ искусственныхъ водяныхъ путей, здѣсь же остановимся на мѣрахъ благоустройства естественныхъ бичевниковъ. Всѣ эти мѣры имѣютъ главною цѣлью устраненіе тѣхъ препятствій, которыя представляетъ естественный бичевникъ свободному ходу и удобной работѣ тягловыхъ людей и лошадей; а потому заключаются:

1) Въ расчисткѣ полосы, необходимой для хода людей и лошадей, отъ кустарниковъ, деревьевъ и лѣсной поросли, отъ камней и всякаго рода заваловъ, при чемъ расчистка отъ кустовъ и деревьевъ должна быть дѣлаема съ корчеваніемъ пней.

2) Въ устройствѣ спусковъ и подъемовъ соотвѣтственной пологости при переходахъ съ низменныхъ на возвышенныя части берега и наоборотъ; при чемъ спуски и подъемы эти должны имѣть уклоны, для хода людей не круче 0,08 — 0,09 и въ крайнемъ случаѣ на небольшихъ протяженіяхъ не круче $\frac{1}{3}$ и для лошадей не круче 0,03—0,04 и въ крайнемъ случаѣ на небольшихъ протяженіяхъ не круче $\frac{1}{5}$; спуски эти достигаются посредствомъ устройства небольшихъ выемокъ (срѣзовъ) и насыпей на ширину потребнаго хода для людей и лошадей (отъ 4 до 15 ф.). При этомъ должно имѣть въ виду, что бичевая дорога можетъ возвышаться надъ горизонтомъ воды не болѣе $2\frac{1}{2}$ саж. При невозможности удовлетворить этому условію, а также достигнуть соотвѣтственной пологости спусковъ и подъемовъ посредствомъ небольшихъ работъ, встрѣчающіяся на пути бичевой дороги значительныя возвышенія берега обходятся переправою тягловыхъ людей и лошадей на другой берегъ.

3) Въ устройствѣ переправъ черезъ мѣста, затопленныя водою, чрезъ мѣста топкія (болотистыя) и чрезъ притоки и рукава рѣкъ. Для переправы чрезъ мѣста, затопленныя водою на твердыхъ грунтахъ, устраиваются соотвѣтственной ширины земляныя насыпи, для переправы чрезъ мѣста затопленныя со слабымъ грунтомъ, а также чрезъ мѣста топкія устраиваются, такъ называемыя, *гати*, т. е. соотвѣтственной ширины дамбы изъ хворостной или фашинной кладки съ земляною загрузкою и съ небольшою насыпью земли сверху. Для переправы чрезъ рукава и притоки рѣки устраиваются самой простой конструкціи деревянныя балочныя мосты съ одиночными половыми настилами шириною не болѣе 3 саж. изъ пластинъ, или накатника т. е. бревенъ толщ. $4\frac{1}{2}$ вершк., обтесанныхъ съ трехъ сторонъ (черт. 6 таб. 34). Такъ какъ мосты эти устраиваются въ уровнѣ бичевой дороги и иногда ниже горизонта высокыхъ водъ, то, въ предотвращеніе подъема ихъ верхняго строенія водою, насадки и прогоны ихъ связываются желѣзными хомутами или скобами со сваями, а настиль связывается съ прогонами посредствомъ соединенія прижимныхъ (нижнихъ перильныхъ) брусевъ съ прогонами болтами.

Для того, чтобы бичева не могла задѣвать за перила, перила заканчиваются откосными брусьями.

и 4) Въ устройствѣ проводовъ бичевой дороги подѣ существующими чрезъ рѣку мостами, не имѣющими разводной части для пропуска судовъ, идущихъ бичевою тягой. Проводы этого рода могутъ быть устраиваемы или въ видѣ настилокъ на запоняхъ и плотяхъ, причаленныхъ къ мостовому устою, или, какъ показано на чер. 1 таб. 35. Такъ какъ подѣ мостами, не имѣющими разводной части, суда могутъ проходить въ большинствѣ случаевъ лишь безъ мачтъ, то выше и ниже такого рода мостовъ должны быть устанавливаемы спеціальныя мачтовые краны, для снятія и постановки мачтъ на судахъ.

Кромѣ описанныхъ мѣръ, устраняющихъ препятствія ходу бичевой тяги, на естественныхъ бичевникахъ должны быть принимаемы въ случаяхъ надобности нѣкоторыя мѣры къ облегченію бичевой тяги. Съ этою цѣлью должны быть устанавливаемы въ мѣстахъ крутыхъ поворотовъ направляющіе блоки, а въ мѣстахъ сильныхъ противныхъ теченій — кабестаны. За симъ могутъ требоваться нѣкоторыя работы по упроченію поверхности бичевой дороги а именно: отводъ атмосферныхъ водъ отъ бичевой дороги посредствомъ прорытія сточныхъ бороздъ, водоотводныхъ канавокъ и посредствомъ соответственныхъ небольшихъ планировокъ поверхности дороги, а также укрѣпленіе поверхности дороги въ мѣстахъ сыпучихъ песковъ и въ мѣстахъ слабыхъ, иловатыхъ (растворяемыхъ водою) грунтовъ. Укрѣпленіе поверхности дороги можетъ быть достигаемо въ сыпучихъ пескахъ — разсыпкою вереска или мелкаго хвороста (изъ хвойныхъ молодыхъ порослей и вѣтвей) слоемъ толщиною до 6 дюймъ, а въ слабыхъ иловатыхъ мѣстахъ — разсыпкою мѣстнаго гравія или чуры слоемъ отъ 3 до 4 дюймовъ.

Г Л А В А П.

Мѣры улучшенія естественнаго судоходнаго состоянія рѣкъ.

§ 1. Препятствія, встрѣчаемыя въ рѣкахъ судоходствомъ, при его возникновеніи и дальнѣйшемъ развитіи.

Препятствія, встрѣчаемыя въ рѣкахъ судоходствомъ при его возникновеніи и дальнѣйшемъ развитіи, можно раздѣлить на двѣ категоріи: препятствій *случайныхъ*, имѣющихъ происхожденіе извнѣ и препятствій *естественныхъ*, создаваемыхъ самимъ потокомъ, или составляющихъ неизбѣжное послѣдствіе дѣйствія потока и природы его русла.

Препятствія первой категоріи заключаются въ *засореніи* рѣчнаго русла разными предметами извнѣ, а именно: обвалами верхнихъ частей береговъ, падающими съ береговъ деревьями и камнями, разнаго рода *выносами* изъ притоковъ, лѣсными матерьялами, потонувшими при сплавѣ, потерянными при судоходствѣ якорями и наконецъ потонувшими судами.

Небольшіе землястые обвалы береговъ и такіе-же выносы изъ притоковъ иногда размываются и удаляются теченіемъ самой рѣки; но за исключеніемъ сихъ случаевъ, всѣ вообще перечисленные засоренія, разъ они случились, остаются въ рѣчныхъ руслахъ и не только сами собою представляютъ препятствія для судоходства, но поражаютъ иногда новыя препятствія въ видѣ образующихся у нихъ водоворотовъ и крутыхъ отклоненій теченія, или въ видѣ складывающихся у нихъ отмелей, постоянно растущихъ до размѣра острововъ и косъ, возвышающихся надъ водою; а все это вмѣстѣ, можетъ иногда повлечь за собою такія измѣненія въ состояніи рѣчнаго по-

тока и его русла, при коихъ рѣчной потокъ дѣлается неудобнымъ не только для судоходства, но и для культуры прибрежныхъ мѣстностей.

Значительныя засоренія русла рѣки могутъ быть причиною или значительныхъ подмывовъ прибрежныхъ земель и даже уклоненія рѣки въ сторону отъ существующаго русла, или образованія ледяныхъ зажоровъ въ ней, или наводненій прибрежныхъ мѣстностей во время высокихъ водъ, или подтопленія ихъ и заболачиванія, или всѣхъ этихъ неудобныхъ обстоятельствъ вмѣстѣ въ большей или меньшей степени.

Поэтому освобожденіе рѣкъ отъ засореній представляется необходимымъ не только для судоходныхъ, но и для культурныхъ цѣлей страны.

Въ природѣ почти не существуетъ рѣкъ, которыя-бы въ первоначальномъ состояніи не имѣли въ руслѣ своемъ засореній отъ упавшихъ камней или деревьевъ.

Поэтому передъ открытіемъ судоходства или сплава нужно каждую рѣку изслѣдовать въ этомъ отношеніи и обнаруженныя въ ней засоренія въ размѣрѣ необходимости устранить. Въ рѣкахъ, служившихъ предварительно долгое время для сплава лѣса и дровъ розсыпью, къ подлежащимъ устраненію засореніямъ въ видѣ упавшихъ съ береговъ камней и деревьевъ присоединяются иногда въ значительномъ количествѣ потонувшія бревна и дрова. Наконецъ по мѣрѣ развитія сплава и судоходства на рѣкѣ, съ возрастаніемъ требованій относительно глубины, ширины и поворотовъ ходовой полосы, является необходимость устраненія въ болѣе широкихъ размѣрахъ старыхъ засореній отъ камней, деревьевъ, потонувшихъ лѣсныхъ матерьяловъ и дровъ, а также необходимость устраненія препятствій отъ засореній обвалами береговъ и выносами изъ притоковъ.

Вмѣстѣ съ симъ при всякомъ размѣрѣ судоходства и сплава представляется необходимымъ немедленно устранять всѣ случайно утонувшіе на ходовой полосѣ или сѣвшіе на дно ея предметы, какъ напр. якоря, суда и пр.

Устраненіе съ ходовой полосы препятствій отъ засореній, очевидно, можетъ быть производимо посредствомъ простаго удаленія ихъ изъ русла въ предѣлахъ ходовой полосы и работа эта называется *расчисткою* ходовой полосы рѣки.

Расчистка судоходныхъ рѣкъ отъ случайно утонувшихъ на ходовой полосѣ судовъ, якорей и т. п. должна неизбѣжно повторяться при всякомъ новомъ случаѣ такихъ засореній.

Расчистка-же рѣкъ отъ засореній падающими съ береговъ камнями и деревьями, обвалами береговъ и выносами изъ притоковъ, можетъ быть произведена въ потребномъ размѣрѣ въ одинъ разъ на болѣе или менѣе продолжительное время, если вмѣстѣ съ расчисткою этого рода засореній будутъ приняты нѣкоторыя мѣры къ устраненію причинъ ихъ вызывающихъ.

Мѣры эти весьма полезно принимать съ расчисткою рѣкъ и онѣ должны заключаться въ слѣдующемъ:

Для предотвращенія паденія камней въ рѣку, — камни, лежащіе на береговыхъ откосахъ и вблизи ихъ, и могущіе при нѣкоторомъ поврежденіи откосовъ легко упасть въ рѣку, должны быть собраны и удалены. Точно также для предотвращенія паденія деревьевъ въ рѣку, должны быть срублены и удалены тѣ изъ нихъ, которыя растутъ по береговымъ откосамъ и вблизи ихъ и при поврежденіи откосовъ могутъ легко упасть въ воду.

Для предотвращенія обваловъ береговъ, могущихъ засорять рѣку, необходимо произвести соотвѣтственное укрѣпленіе береговыхъ откосовъ.

Для предотвращенія-же засоряющихъ рѣку значительныхъ выносовъ изъ притоковъ ея должны быть произведены особыя работы, уменьшающія количество наносовъ, приносимыхъ притоками, и дающія такое направление ихъ движенію, при коемъ они въ возможно большемъ размѣрѣ могутъ проноситься рѣкою далѣе.

Препятствія второй категоріи, встрѣчаемыя судоходствомъ въ рѣкахъ, а именно препятствія, такъ наз. естественныя, т. е. создаваемые самимъ потокомъ или составляющія неизбѣжное послѣдствіе дѣйствія потока и природы его русла, заключаются:

1) въ отдѣльныхъ твердыхъ выступахъ дна и откосовъ русла, появляющихся при разработкѣ русла потокомъ, а также въ водоворотахъ и неблагоприятныхъ теченіяхъ у этихъ выступовъ;

2) въ недостаточныхъ глубинахъ: — въ раздѣленіяхъ русла на рукава, въ порогахъ, на перевалахъ, перекатахъ, въ устьяхъ рѣкъ и въ частяхъ рѣкъ, уклонившихся отъ нормальнаго состоянія,

3) въ крутыхъ изгибахъ динамической оси (стрешня) потока и въ раздѣленіяхъ его въ порогахъ, на перевалахъ и перекатахъ,

4) въ крутыхъ изгибахъ русла въ плесахъ и сопровождающихъ ихъ *прижимныхъ* теченіяхъ, т. е. въ значительномъ приближеніи динамической оси потока въ такихъ мѣстахъ къ вогнутому берегу и

5) въ крутыхъ поверхностныхъ уклонахъ и большихъ скоростяхъ теченія на перевалахъ, перекатахъ и особенно въ порогахъ.

Отдѣльные твердые выступы въ днѣ и откосахъ русла, а также пороги, съ сопровождающими ихъ неудобствами теченій, свойственны рѣкамъ, проходящимъ въ грунтахъ каменистыхъ или встрѣчающимъ на пути своемъ каменные гряды и террассы, а потому представляють собою препятствія характера исключительнаго или мѣстнаго; всѣ-же прочія изъ перечисленныхъ естественныхъ препятствій при-сущи въ большей или меньшей степени всякой рѣкѣ въ естественномъ состояніи.

Въ уменьшеніи естественныхъ препятствій въ рѣкахъ вообще можетъ встрѣчаться надобность какъ при возникновеніи судоходства, такъ и при дальнѣйшемъ его развитіи.

Отдѣльные, твердые выступы въ днѣ и откосахъ русла могутъ быть устанены въ размѣрахъ необходимости *расчисткою* и вмѣстѣ съ устраненіемъ ихъ устраняется вызываемыя ими неблагоприятныя теченія и водовороты.

Углубленіе русла въ порогахъ и на перевалахъ въ нѣкоторыхъ предѣлахъ можетъ быть также достигнуто *выемкою*, т. е. *расчисткою*. Что-же касается недостаточной глубины ходовой полосы въ раздѣленіи русла на рукава, на перекатахъ и въ устьяхъ рѣкъ и въ частяхъ рѣкъ, уклонившихся отъ нормальнаго состоянія, а также неудобной крутизны поворотовъ ходовой полосы въ плесахъ и неблагоприятныхъ теченій въ плесахъ, на перекатахъ, перевалахъ и въ порогахъ; то всѣ эти препятствія въ свободномъ рѣчномъ потокѣ могутъ быть устранены лишь при помощи особыхъ работъ, называемыхъ *выправительными работами*.

Наконецъ препятствія отъ крутыхъ поверхностныхъ уклоновъ потока и слишкомъ большихъ скоростей его на перекатахъ, перевалахъ и въ порогахъ при помощи соотвѣстныхъ *выправительныхъ работъ* въ свободномъ потокѣ могутъ быть лишь нѣсколько умѣрены, но не могутъ быть устранены. Для совершеннаго ихъ устраненія потокъ долженъ быть приведенъ въ несвободное искусственное состояніе.

Если при томъ уменьшеніи препятствій вообще, которое можетъ быть достигнуто *расчисткою* и *выправленіемъ* свободного рѣчнаго потока, судоходство по немъ въ требуемыхъ размѣрахъ все-же оказывается неудобнымъ или невозможнымъ въ теченіи всего или большей части навигаціоннаго періода, то рѣка не можетъ быть признана естественно-судоходною.

Въ заключеніе намъ остается упомянуть объ одномъ особаго рода препятствіи, иногда встрѣчаемомъ судоходствомъ въ рѣкахъ, а именно: о препятствіи отъ травянистой и тростниковой растительности, развивающейся въ рѣчномъ руслѣ.

Травянистая и тростниковая растительность можетъ появляться и развиваться въ рѣчномъ руслѣ лишь въ томъ случаѣ, когда грунтъ его иловатый и когда теченіе потока очень слабо, т. е. въ низменныхъ участкахъ и въ устьяхъ рѣкъ съ слабымъ теченіемъ. Препятствія отъ существующей растительности, очевидно, могутъ быть устраняемы расчисткою, а дальнѣйшее развитіе растительности можетъ быть болѣе или менѣе предотвращено усиленіемъ теченія потока при помощи выправительныхъ работъ.

§ 2. О расчисткѣ рѣчныхъ русель вообще.

Представимъ себѣ нѣкоторый участокъ рѣки длиною l между сѣченіями M и N черт. 2 таб. 35 и предположимъ, что на этомъ протяженіи потокъ имѣетъ однообразный поверхностный уклонъ $i = \frac{z}{l}$, гдѣ z есть возвышеніе горизонта воды въ сѣченіи M надъ горизонтомъ воды въ сѣченіи N . Пусть при этомъ въ сѣченіи N площадью Ω существуетъ нѣкоторое засореніе acd , препятствующее судоходству и занимающее часть площади сѣченія N равную w , такъ что въ N потокъ имѣетъ площадь живаго сѣченія.

$$\Omega_0 = \Omega - w = bh$$

гдѣ b есть ширина сѣченія по урѣзу воды и h — средняя глубина живаго сѣченія.

Подводный периметръ живаго сѣченія приблизительно будетъ $p = b + 2h$ и вслѣдствіе незначительной величины $2h$ сравнительно съ b можно принять $p = b$.

Поэтому подводный радиус живаго сѣченія будетъ

$$r = \frac{\Omega_0}{p} = \frac{\Omega_0}{b} = \frac{bh}{b} = h.$$

Допуская однообразный поверхностный уклонъ въ участкѣ MN потока, мы вмѣстѣ съ тѣмъ можемъ предположить, что движеніе воды въ немъ происходитъ по закону параллельно струянаго движенія выражаемому уравненіемъ.

$$ri = Av^2$$

$$\text{или } hi = Av^2$$

гдѣ r , h и i имѣютъ объясненныя значенія, A — коэффициентъ сопротивленія движенію и v — средняя скорость движенія.

Если расходъ воды мы предположимъ Q , то будемъ имѣть:

$$v = \frac{Q}{\Omega_0}$$

Вставляя въ приведенное уравненіе движенія воды

вмѣсто h его величину $\frac{\Omega_0}{b}$, вмѣсто

i его величину $\frac{z}{l}$ и вмѣсто

v его величину $\frac{Q}{\Omega_0}$ получимъ

$$\frac{\Omega_0}{b} \cdot \frac{z}{l} = A \cdot \frac{Q^2}{\Omega_0^2}$$

$$\text{откуда } z = \frac{A \cdot Q^2 \cdot b \cdot l}{\Omega_0^3}$$

Выраженіе это показываетъ, что съ увеличеніемъ площади Ω_0 живаго сѣченія въ N отъ расчистки, разность — z между горизонтами воды въ M и N должна уменьшиться, а такъ какъ горизонтъ воды въ сѣченіи N отъ расчистки подняться не можетъ, то ясно, что расчистка сѣченія N влечетъ за собою пониженіе горизонта воды въ M ; другими словами отъ расчистки сѣченія N въ сѣченіи M уменьшится глубина и уменьшеніе это будетъ тѣмъ больше, чѣмъ больше будетъ увеличена расчисткой площадь живаго сѣченія въ N .

При неумѣренной расчисткѣ сѣченія N въ сѣченіи M можетъ произойти такое уменьшеніе глубины, что послѣ расчистки сѣченія N судоходство будетъ встрѣчать тѣже затрудненія въ сѣченіи M , которыя оно прежде встрѣчало въ сѣченіи N . Это необходимо имѣть въ виду и, для достиженія полезныхъ результатовъ углубленія русла въ сѣченіи N , расчистку нужно производить на возможно меньшую достаточную для судоходства ширину, такъ чтобы не произошло значительнаго увеличенія площади живаго сѣченія въ расчищенномъ мѣстѣ.

Нерѣдко значительныя засоренія и естественныя твердыя возвышенія дна рѣки производятъ подпоръ воды, такъ что потокъ, подходящій къ стѣсненному ими сѣченію N , имѣетъ на нѣкоторомъ протяженіи поверхностный уклонъ i или обратный (чер. 3 таб. 35) на правленію теченія, или равный нулю (чер. 4 таб. 35).

Въ этихъ случаяхъ выше сѣченій N происходитъ неравномѣрное движеніе воды и чрезъ сѣченія N вода проходитъ, подъ влияніемъ выше пріобрѣтенныхъ скоростей и подпора, какъ чрезъ водосливы. Въ случаѣ, показанномъ на черт. 3 при расчисткѣ сѣченія N и сѣченій къ нему прилегающихъ, горизонтъ воды въ N будетъ понижаться до тѣхъ поръ, пока потокъ не получитъ нѣкотораго однообразнаго поверхностнаго уклона, напр. обозначеннаго пунктиромъ. Расчистка русла до этого момента въ сѣченіи N и въ сѣченіяхъ выше его лежащихъ можетъ вызвать *увеличеніе средней скорости* теченія, но не уменьшеніе ея, послѣ же сего момента будетъ имѣть послѣдствія объясненныя на черт. 2.

Въ случаѣ показанномъ на черт. 4 табл. 35, соотвѣтствующемъ переваламъ и порогамъ, въ сѣченіяхъ расположенныхъ (по теченію) ниже сѣченія N , *средняя скорость теченія* также не можетъ уменьшиться отъ расчистки сихъ сѣченій: она можетъ остаться при расчисткѣ безъ измѣненія или можетъ увеличиться.

Поэтому вообще мы можемъ сказать, что при расчисткѣ въ рѣкахъ большихъ засореній, производящихъ подпоръ, а также при расчисткѣ пороговъ и переваловъ, *средняя скорость* теченія v —въ расчищаемыхъ сѣченіяхъ или остается безъ измѣненія или увеличивается, но не уменьшается *). Исходя изъ сего и предполагая расходъ воды (Q

*) Въ такихъ случаяхъ отъ расчистки можетъ происходить *уменьшеніе наибольшахъ скоростей* и *увеличеніе наименьшихъ*, а *средняя скорость* или не измѣняется или увеличивается.

мы можемъ выразить площадь живаго сѣченія въ какомъ либо изъ подобныхъ мѣстъ, подлежащихъ расчисткѣ такъ:

$$\Omega = \frac{Q}{v}$$

и можемъ слѣдовательно сказать, что Ω при расчисткѣ должно остаться безъ измѣненія или должно уменьшиться, но не можетъ увеличиться, вслѣдствіе чего горизонтъ воды въ расчищаемыхъ сѣченіяхъ отъ расчистки долженъ понижаться.

Поэтому если предположимъ, что въ подобныхъ условіяхъ расчисткѣ подлежитъ какое либо сѣченіе показанное на черт. 5 табл. 35, имѣющее ширину по урѣзу воды — b_0

среднюю глубину = h_0

и площадь живаго сѣченія $\Omega = b_0 h_0$

и что требуется достигнуть расчисткою въ немъ на нѣкоторой ширинѣ b_1 глубину h_1 то, обозначая чрезъ δ происходящее отъ расчистки пониженіе горизонта воды, чрезъ y производимое углубленіе дна на ширинѣ b_1 и предполагая, что живое сѣченіе отъ расчистки не измѣнится будемъ имѣть

$$\Omega = b_0 h_0 = (h_1 - y) b_0 + b_1 y$$

$$\text{и } \delta b_0 = y b_1$$

$$\text{откуда } h_1 = h_0 + \left(1 - \frac{b_1}{b_0}\right) y \dots \dots \dots (1)$$

$$\text{и } \delta = \frac{b_1}{b_0} y \dots \dots \dots (2)$$

Изъ уравненія (2) видно, что въ рассматриваемыхъ случаяхъ наименьшее возможное отъ расчистки пониженіе горизонта воды въ расчищаемыхъ мѣстахъ прямо пропорціонально той ширинѣ, на которую производится расчистка; изъ уравненія (1), что наибольшую глубину h_1 можно получить отъ расчистки, уменьшая по возможности ширину расчистки b_1 и что при расчисткѣ на всю ширину русла (т. е. когда $b_1 = b_0$) нельзя вовсе получить никакого увеличенія судоходной глубины.

Это необходимо имѣть въ виду при расчисткѣ засореній, производящихъ подпоръ воды, а также при расчисткѣ пороговъ и перелатовъ.

Вѣрность приведенныхъ теоретическихъ соображеній относительно расчистки рѣкъ подтвердилась уже давно опытомъ.

Гагенъ въ своемъ извѣстномъ сочиненіи „Handbuch der Wasserbaukunst“ приводитъ примѣръ безуспѣшной расчистки р. Алля въ Восточной Пруссіи въ концѣ прошлаго столѣтія. Рѣка эта имѣла удовлетворительную глубину для судовъ малыхъ размѣровъ, но была мѣстами сильно засорена гранитными валунами, препятствовавшими развитію судоходства. Удаленіемъ нѣкоторыхъ, наиболѣе неудобныхъ, валуновъ было достигнуто углубленіе хода на небольшую ширину; тогда явилось желаніе достигнуть увеличенной глубины на большей ширинѣ хода и приступили къ работамъ. По мѣрѣ расчистки горизонтъ воды частью въ расчищаемыхъ мѣстахъ, частью выше ихъ началъ понижаться и къ концу работъ въ рѣкѣ получились тѣ же глубины, которыя имѣлись прежде до начала первыхъ работъ по удаленію отдѣльныхъ валуновъ.

§ 3. Выемка засореній, состоящихъ изъ отдѣльныхъ твердыхъ предметовъ.

Выемка изъ рѣчнаго русла отдѣльныхъ твердыхъ предметовъ производится посредствомъ приспособленій, устройство коихъ зависитъ отъ рода предмета, сопротивленія его подъему, а также отъ глубины и ширины рѣки.

Небольшіе камни, куски дерева и т. п. предметы, представляющіе сопротивленіе подъему до 5 пудовъ, могутъ быть извлекаемы въ ручную посредствомъ граблей (черт. 6 табл. 35). Грабли эти желѣзныя съ прочною деревянною рукояткою, имѣютъ зубья такихъ размѣровъ и формъ, какія нужны для надлежащаго захвата поднимаемыхъ предметовъ. Рабочіе ими дѣйствуютъ съ плотовъ, съ судовъ, или прямо стоя на днѣ рѣки, если глубина незначительна.

Для извлеченія предметовъ болѣе тяжелыхъ и вообще представляющихъ болѣе значительное сопротивленіе подъему, требуются соответственныя приспособленія во 1-хъ для захвата и во 2-хъ для подъема.

Мы рассмотримъ эти оба рода приспособленій въ отдѣльности, останавливаясь лишь на простѣйшихъ ихъ типахъ наиболѣе примѣнимыхъ при расчисткѣ неглубокихъ рѣкъ.

Для захвата камней вѣсомъ до 20 пудовъ можно употреблять щипцы, показанныя на черт. 7 табл. 35. Щипцы эти накладываются на камень при помощи рукоятокъ и зажимаютъ его при натяженіи подъемнаго каната.

Для захвата болѣе тяжелыхъ камней можно употреблять или цѣпную петлю или цѣпную сѣть.

Цѣпная петля, т. е. желѣзная цѣпь, сложенная въ видѣ петли, поддерживаемой съ боковъ вѣтвями такой же цѣпи, какъ показано на черт. 8 табл. 35, накладывается съ помощью багра на камень и захватываетъ его подъ выступающими частями при натяженіи подъемнаго конца.

Цѣпная сѣть, состоящая изъ двухъ желѣзныхъ параллельныхъ цѣпей, по срединѣ связанныхъ желѣзными-же цѣпями въ видѣ сѣтки, какъ показано на черт. 1 табл. 36, подводится подъ камень сбоку; концы цѣпей со стороны, подведенной подъ камень, натягиваются вверхъ, камень накатывается на сѣтку; послѣ того четыре конца цѣпей собираются вмѣстѣ и камень подымается какъ показано на чертежѣ.

Этими приспособленіями подымаются камни вѣсомъ до 200 пуд. Камни большаго вѣса предъ подъемомъ обыкновенно разбиваются на части при помощи взрывовъ *).

Утонувшія въ рѣкѣ пни съ корнями и цѣлыя деревья называются *карчами*. Общій ходъ и характеръ *карчевыхъ* засореній рѣкъ слѣдующій. Дерево, упавшее въ рѣку, сначала увлекается теченіемъ, но постепенно намокая увеличивается въ вѣсѣ, приближается къ дну и наконецъ, задѣвъ своими вѣтвями или корнями за выступы дна, останавливается. Если русло рѣки песчаное, слабое, то подъ остановившимся деревомъ, вслѣдствіе производимаго имъ стѣсненія живаго сѣченія, происходитъ подмывъ и дерево погружается въ образующееся подъ нимъ углубленіе, стѣсненіе живого сѣченія вмѣстѣ съ симъ мало по малу прекращается и лежащее въ углубленіи рѣчнаго дна дерево постепенно прикрывается наносами. Въ концѣ концовъ въ слабыхъ рѣчныхъ руслахъ *карчи* оказываются какъ бы

*) Отдѣльныя камни не особенно большого размѣра на малыхъ глубинахъ въ слабыхъ руслахъ можно устранять *гороніемъ*; для этого вблизи камня въ руслѣ рѣки вырывается яма достаточной глубины и камень сталкивается въ нее.

вросшими въ дно рѣки своими вѣтвями и корнями и представляютъ значительныя сопротивленія подъему, иногда доходящія до нѣсколькихъ тысячъ пудовъ. Для захвата карчей обыкновенно служатъ желѣзныя цѣпи, которыя подводятся подъ отдѣляющіяся отъ dna стволы или просто руками рабочихъ, (при очень малой глубинѣ) или посредствомъ вилки, показанной на черт. 2 табл. 36. Вилкою этою сначала подводится подъ карчу веревка, привязанная концомъ къ цѣпи, а посредствомъ веревки протягивается и цѣпь.

Карчи можно захватывать еще другимъ способомъ: посредствомъ винтоваго болта (черт. 3 табл. 36). Прочный желѣзный болтъ, какъ показано на чертежѣ имѣетъ на одномъ концѣ проушину, а на другомъ небольшое кольцевое утолщеніе и винтовую нарѣзку. Подъ кольцевое утолщеніе болта подкладывается кольцо подъемной цѣпи, болтъ ввинчивается въ карчу и такимъ образомъ прикрѣпляетъ подъемную цѣпь къ карчѣ. Верхняя проушина болта служитъ для закладыванія рычаговъ при завинчиваніи и вывинчиваніи его.

Для облегченія подъема карчей, вѣтви ихъ выдрившіяся въ русло, обыкновенно подрубаются, большія же сильно занесенныя карчи, предъ подъемомъ, слѣдуетъ отдѣлять отъ русла посредствомъ взрывовъ.

Приспособленія для подъема камней и карчей, въ зависимости отъ количества предстоящей работы и мѣстныхъ условій, могутъ имѣть самое разнообразное устройство и приводиться въ движеніе или силою людей или силою пара.

Подъемъ отдѣльныхъ, небольшихъ камней и нагрузку ихъ въ лодки на небольшихъ глубинахъ можно производить съ переносныхъ козелъ помощью дифференціальныхъ блоковъ; тѣмъ же приспособленіемъ можно пользоваться для подъема отдѣльныхъ небольшихъ карчей.

Вообще же для подъема камней и карчей употребляются краны, устраиваемые на судахъ.

Самый простой видъ крана, могущій служить для подъема небольшихъ камней и для перемѣщенія ихъ въ подвѣшенномъ состояніи на берегъ, показанъ на черт. 4 табл. 36. Устройство этого крана слѣдующее: съ носа судна выпускается наклонное бревно, упирающееся въ бортъ и нижнимъ концомъ прочно прикрѣпленное къ кильсону. На выступающемъ концѣ бревна прикрѣпленъ блокъ,

через который перекинута подъемная цѣпь, наматываемая на валъ лебедки, стоящей на суднѣ.

Если извлекаемые изъ русла камни нужно для дальнѣйшаго перемѣщенія укладывать на суда или же вообще подымать на болѣе или менѣе значительную высоту, то можетъ быть употреблень кранъ, показанный на черт. 5 табл. 36.

Устройство его ясно видно изъ чертежа. Кранъ этого рода можетъ служить также для подъема легкихъ карчей, но вообще не можетъ развивать большой силы, потому что судно его поддерживающее подвергается значительному продольному изламывающему усилюю.

Для подъема камней и корчей большой тяжести пользуются приспособленіями, устанавливаемыми на двухъ спаренныхъ судахъ. Черт. 6 табл. 36. Суда соединяются между собою въ одно цѣлое поперечными фермами напр. шпренгельными — какъ показано на чертежѣ, при чемъ фермы связываются между собою распорками и раскосами. На верхъ фермъ кладутся параллельно осямъ судовъ прогонные брусья, на которыхъ прикрѣпляются блоки, для перевода подъемныхъ цѣпей къ лебедкамъ, стоящимъ на судахъ.

Такого рода снарядъ можетъ съ удобствомъ служить для подъема и перемѣщенія къ берегу въ подвѣшенномъ состояніи тяжелыхъ камней и карчей, но неудобенъ для передачи ихъ на другія суда.

Детали устройства такого рода снарядовъ могутъ быть варьированы до безконечности:

При работѣ по расчисткѣ р. Припяти отъ карчей былъ примѣненъ слѣдующій снарядъ. Къ носовой части большого плоскодоннаго судна была прикрѣплена на шарнирахъ прочная рама, которая въ нерабочее время укладывалась на суднѣ, а для работы спускалась съ судна и устанавливалась впереди судна на дно. Подъемная цѣпь отъ карчи переводилась къ лебедкѣ, стоящей на суднѣ, черезъ блокъ, прикрѣпленный вверху этой рамы и такимъ образомъ вертикальное давленіе отъ подъема карчи передавалось не на судно, а на дно рѣки, что давало возможность развивать значительную подъемную силу.

Нѣсколько особая условія представляетъ собою очистка рѣчнаго русла отъ затонувшихъ судовъ.

Подъемъ затонувшаго судна можетъ быть произведенъ разными

способами въ зависимости отъ того состоянія, въ которомъ судно находится.

Если судно безъ поврежденія корпуса сѣло на мель и имѣеть борта выше горизонта воды, то достаточно уменьшить лишь нагрузку судна и оно снимается съ мели само собою. Если при посадкѣ судна на мель произошло поврежденіе обшивки въ подводной части его корпуса и судно хотя и имѣеть борта выше горизонта воды, но залито водою черезъ пробоины, то для подъема его необходимо произвести въ потребномъ размѣрѣ разгрузку и водоотливъ, а для возможности сего послѣдняго можетъ потребоваться временное закрытіе пробоинъ въ обшивкѣ. Въ нѣкоторыхъ случаяхъ временное закрытіе пробоинъ можетъ быть достигнуто наложеніемъ снаружи на поврежденную обшивку паруса; парусъ при водоотливѣ напоромъ воды снаружи прижимается къ обшивкѣ и закрываетъ до извѣстной степени отверстія въ ней. Если съ помощью такого приспособленія нельзя произвести потребнаго отлива изъ судна, сѣвшего на мель, или же если судно потонуло по какимъ либо причинамъ на такой глубинѣ, что борта его скрылись подъ водой, то его приходится подымать такъ же, какъ камень или карчу. Для этого чаще всего по обѣ стороны утонувшаго судна устанавливаются на якоряхъ два прочныхъ судна съ достаточною подъемною силою; суда эти связываются другъ съ другомъ прочными поперечными связями, не допускающими ихъ сближенія. На бортахъ ихъ, обращенныхъ къ затонувшему судну, устанавливають одну противъ другой пары домкратовъ въ такихъ мѣстахъ и въ такомъ числѣ, какъ то представляется удобнымъ и достаточноымъ для подъема судна. На противостоящіе домкраты двухъ судовъ кладутся прочныя поперечины; соотвѣтственно имъ подъ корпусъ затонувшаго судна подводятся цѣпи; концы цѣпей прикрѣпляются къ поперечинамъ, лежащимъ на домкратахъ и такимъ образомъ на каждое, предназначенное къ подъему, поперечное сѣченіе судна, можно дѣйствовать двумя цѣпями посредствомъ соотвѣтственныхъ поперечинъ и домкратовъ. Натягивая и укорачивая поочередно въ каждой парѣ подъемныя цѣпи, затонувшее судно можно поднять до требуемой высоты и въ подвѣшенномъ состояніи отвести къ берегу.

Если потонувшее судно занесено наносами и вообще представляеть большія препятствія подъему, то удаленіе его изъ русла рѣки можетъ быть произведено двоякимъ способомъ. Оно можетъ быть пред-

варительно открыто, освобождено от наносовъ и разгружено въ потребномъ размѣрѣ подъ водою посредствомъ водолазовъ и затѣмъ поднято; или же оно можетъ быть разбито на части посредствомъ взрывовъ и вынута по частямъ. Первый способъ, очень дорогой, примѣняется въ томъ только случаѣ, если судно заключаетъ въ себѣ цѣнный грузъ.

§ 4. Взрывныя работы.

Взрывы, какъ было выше сказано, примѣняются для облегченія выемки камней, карчей, судовъ и вообще отдѣльных предметовъ, представляющихъ большія препятствія подъему въ цѣломъ видѣ; но еще большее примѣненіе они имѣютъ и являются единственнымъ средствомъ въ случаяхъ необходимости удаленія твердыхъ выступовъ въ дни и откосахъ русла, грядъ камней и заваловъ изъ сплотившихся карчей и лѣсныхъ матерьяловъ, а также въ случаѣ углубленія сплошнаго каменистаго или скалистаго дна русла.

Взрывныя работы составляютъ предметъ особой спеціальной литературы и отчасти предметъ общихъ началъ строительнаго искусства, поэтому, не входя въ подробности, мы остановимся лишь на главнѣйшихъ ихъ приемахъ и тѣхъ свойствахъ взрывчатыхъ веществъ, которыя имѣютъ особое значеніе въ водяномъ дѣлѣ.

Первоначально для взрывовъ подводныхъ, какъ и сухихъ, употреблялся исключительно *порохъ* разнаго приготовления, а у насъ обыкновенно *порохъ* такъ называемый *пушечный*.

Для надлежащаго дѣйствія взрыва порохъ въ извѣстномъ количествѣ долженъ быть заключенъ въ особое *помѣщеніе* или *внутри* взрываемой массы или *подъ* нею. *Помѣщеніе* это (въ минномъ дѣлѣ) называется *камерою*, а часть его, занятая порохомъ называется *горномъ*. Горнъ послѣ введенія пороха долженъ быть хорошо закрытъ. Линія кратчайшаго разстоянія отъ центра горна до какой либо наружной поверхности взрываемой массы называется линіею наименьшаго сопротивленія и вѣсь того количества пороха, которое для взрыва данной массы должно заключаться въ горнѣ, опредѣляется формулой:

$$p = ml^3$$

гдѣ l —длина линіи наименьшаго сопротивленія

и m —коэффициентъ, зависящій отъ качества пороха, способа его заложения и сопротивленія взрываеваемой массы.

Въ горной практикѣ выяснено, что при среднихъ качествахъ пороха, для камней средней твердости, при заряденіи въ буровыя скважины и при l въ футахъ вѣсъ заряда въ фунтахъ

$$p = 0,5l^3.$$

Для взрывовъ камней, дерева и вообще сплошныхъ массъ порохъ вводится въ буровыя скважины или въ т. н. *шпур*ы. Шпуръ дѣлается въ зависимости отъ размѣра и сопротивленія взрываеваемой массы, длиною отъ 8 до 60 дюймовъ и діаметромъ отъ $\frac{3}{4}$ до 2 дюйм., при чемъ діаметръ ихъ дѣлается тѣмъ больше, чѣмъ больше длина. Зарядъ пороха или другими словами горнъ долженъ занимать отъ $\frac{1}{4}$ до $\frac{1}{3}$ длины шпура. Зарядъ долженъ вводиться:

а) въ сухой шпуръ—въ патронахъ бумажныхъ, пропитанныхъ непронускающимъ сырости веществомъ, напр. воскомъ, саломъ и т. п.

и б) въ наполненный водою шпуръ (при подводныхъ работахъ)—въ водонепроницаемыхъ патронахъ изъ просмоленного холста, изъ пропитанной водоупорными веществами кожи, изъ жести и т. п.

При взрывахъ на сушѣ въ конецъ патрона вставляется *штревель*, т. е. деревянная палка, имѣющая длину приблизительно равную длинѣ шпура, и патронъ со штревелемъ вводится въ шпуръ; послѣ того для закрытія горна кладется *пыжъ* (комочъ пакли или войлока) и сверхъ его производится забивка шпура землею, надающею искръ отъ ударовъ; *шомполъ* для забивки употребляется деревянный или мѣдный. Послѣ того, какъ шпуръ забить, изъ него вытаскивается штревель и въ оставшійся каналъ вводится *затравка*, т. е. деревянный желобокъ или тростниковая трубочка, наполненная пороховою мякотью. Къ концу затравки прикрѣпляется сѣрянка, т. е. нитка пропитанная сѣрою, служащая для поджиганія заряда. Затравка и сѣрянка должны быть такой длины, чтобы за время ихъ горѣнія рабочій поджегшій сѣрянку успѣлъ до взрыва уйти въ безопасное мѣсто.

Въ настоящее время употребляется затравка Бикфорда, представляющая собой трубку изъ льняной ткани, непронускающей сырости, обвитую снаружи просмоленнымъ снуркомъ и наполненную горючимъ веществомъ; для подводныхъ работъ затравка эта помѣщается въ

гутаперчевую трубку и въ такомъ видѣ можетъ быть неопредѣленное время подь водою. Затравка Бикфорда концемъ вставляется въ пороховой патронъ и вмѣстѣ съ патрономъ вводится въ шпуръ; послѣ чего производится осторожно забивка шпура. Для поджога Бикфордовой затравки сѣрянка не нужна.

Взрывы пороха производятся также при помощи электричества, для чего въ патронъ должны быть введены концы проводниковъ отъ электрической машины или гальванической батареи.

При подводныхъ взрывахъ шпуры не забиваются, въ нихъ вода служить забойкою.

Буреніе и зарядженіе шпуровъ въ рѣкахъ производится смотря по обстоятельствамъ съ судовъ, съ плотовъ, съ временныхъ подмостей, а иногда для сего рабочіе прямо становятся на взрываемое препятствіе или на дно рѣки, если глубина незначительна.

Въ 1867 году фирма „Нобель и К^о“ въ Гамбургѣ предложила употреблять для взрывовъ изобрѣтенное ею вещество подь названіемъ *динамитъ*, представляющее собою особую землю (т. н. кизиль-гуръ или инфузорная земля), встрѣчающуюся въ Ганверѣ, пропитанную *нитро-глицериномъ* и имѣющую видъ жирнаго, сыраго, коричневаго порошка, на ошупь сходнаго съ древесными опилками. Приготовленный Нобелемъ кизиль-гуровый динамитъ оказался обладающимъ замѣчательными, весьма удобными для взрывной техники, свойствами.

Будучи хорошо приготовленъ и въ неиспорченномъ состояніи, порошокъ этого динамита взрывается лишь отъ сильнаго по немъ удара твердымъ предметомъ на твердой же подкладкѣ и отъ взрыва какого либо вещества, введеннаго внутрь его массы; отъ искръ онъ не взрывается и, будучи брошенъ въ небольшомъ количествѣ на огонь, сгораетъ; воспламененіе-же большихъ его массъ оканчивается взрывомъ. Плотнo уложенныя въ какое либо твердое помѣщеніе массы динамита взрываются при сильномъ сотрясеніи, напр. отъ взрыва по сосѣдству.

Будучи взорванъ, динамитъ обладаетъ значительно большею разрушительною силою, чѣмъ порохъ, и дѣйствуетъ разрушительно не только въ тѣхъ случаяхъ, когда онъ введенъ внутрь разрываемой массы или подь нее, но даже и тогда, когда онъ приложенъ къ ней сбоку или сверху. Это свойство взрывной силы динамита даетъ возможность употреблять его для взрывовъ, въ особенности подводныхъ,

без буренія шпуровъ, такъ назыв. способомъ *свободнаго заложения*; по той же причинѣ шпуры съ зарядами изъ динамита можно не забивать. Отъ отсутствія забивки въ шпурѣ и, въ особенности, при свободномъ заложении (вовсе безъ шпура) сила динамитнаго взрыва значительно ослабляется, но тѣмъ не менѣе такіе способы употребленія динамита въ нѣкоторыхъ случаяхъ бывають очень удобны и выгодны. Динамитъ обладаетъ свойствомъ застывать при температурѣ $+12^{\circ}$ Ц. и совершенно замерзаетъ при температурѣ $+4^{\circ}$ Ц., при чемъ измѣняетъ свой цвѣтъ въ бѣлый. При застываніи динамита, нитро-глицеринъ его приходитъ въ каплеобразное состояніе и въ такомъ состояніи динамитъ крайне опасенъ: онъ взрывается отъ самаго малаго сотрясенія. Динамитъ же совершенно замерзшій взрывается очень трудно и вовсе не взрывается отъ причинъ достаточныхъ для взрыва его въ нормальномъ состояніи.

Кизиль-гуровый динамитъ готовится трехъ номеровъ:

№ 1 содержитъ 75% нитроглицерина

№ 2 „ 48—50% „

№ 3 „ 30—35% „

Для подводныхъ работъ и при свободномъ заложении употребляется № 1; № 2 и № 3 употребляются при сухихъ взрывахъ слабыхъ породъ.

Динамитъ доставляется въ небольшихъ цилиндрическихъ патронахъ діам. отъ $\frac{1}{2}$ до 2-хъ дюйм. и длиною отъ 1 до 8 дюйм. Патроны дѣлаются изъ искусственнаго пергамента или водонепроницаемаго холста и вообще изъ матерьяловъ, не пропускающихъ воды и не впитывающихъ въ себя нитроглицерина. Взрывы динамитныхъ патроновъ производятся посредствомъ взрыва приложеннаго къ нимъ запальнаго динамитнаго патрона. Запальный патронъ взрывается посредствомъ взрыва вложеннаго въ него особаго капсуля напр. съ гремучею ртутью. Капсуль же взрывается или обыкновенною искрою при помощи затравки Бикфорда или электрическою искрою при помощи введенныхъ въ него электрическихъ проводниковъ.

Шпуры для динамита готовятся такъ же, какъ и для пороха, но зарядъ въ нихъ долженъ занимать $\frac{1}{8}$ — $\frac{1}{6}$ часть длины. Патроны динамита въ потребномъ по расчету количествѣ вводятся осторожно въ шпуръ и слегка нажимаются деревяннымъ шомполомъ; сверху кладется запальный патронъ съ взрывнымъ капсулемъ и вве-

денными въ него электрическими проводниками или затравкою и шпуръ засыпается пескомъ или заливается водою.

Кизиль-гуровый динамитъ представляется однако же не совсѣмъ удобнымъ для подводныхъ работъ потому, что онъ, въ обыкновенныхъ патронахъ, не вполне ограждающихъ его отъ доступа воды, нерѣдко разлагается водою. Разложеніе это заключается въ томъ, что вода вытѣсняетъ изъ него нитро-глицеринъ. Такой порчѣ отъ воды не поддаются:

Студенистый динамитъ Нобеля, состоящій изъ 93% нитро-глицерина и 7% растворимаго пироксилина и *Целюлезный динамитъ*, состоящій изъ 75% нитро-глицерина и 25% измельченной древесины (опилокъ).

Взрывное дѣйствіе кизиль-гуроваго динамита № 1 при шпуровомъ заряденіи приблизительно въ 10 разъ болѣе дѣйствія пороха.

Студенистый динамитъ сильнѣе кизиль-гуръ динамита № 1, а целюлезный динамитъ по силѣ дѣйствія приблизительно сходенъ съ симъ послѣднимъ.

Динамиты, какъ сказано выше, обладаютъ свойствомъ взрываться отъ сильнаго быстрого сотрясенія ихъ частицъ, происходящаго напр. отъ взрыва по сосѣдству. Поэтому при нѣсколькихъ зарядахъ динамита, заложенныхъ неподалеку другъ отъ друга въ средѣ, хорошо передающей сотрясеніе, взрывъ одного заряда влечетъ за собою взрывы остальныхъ. Разстояніе, на которое передается взрывъ отъ одного заряда—активнаго, т. е. взрываемаго посредствомъ затравки или электрическихъ проводниковъ, другому—*пассивному*, не имѣющему затравки или проводниковъ, называется разстояніемъ—*детонаціи*.

Точныхъ изслѣдованій относительно разстоянія детонаціи еще нѣтъ, но извѣстно, что разстояніе это тѣмъ больше, чѣмъ активный зарядъ больше и чѣмъ плотнѣе та среда, въ которой происходитъ передача сотрясенія.

Въ горной практикѣ выяснено, что при шпуровомъ заряденіи для кизиль-гуръ динамита № 2 разстояніе детонаціи въ футахъ $l = 1,21 P$ приблизительно, гдѣ P вѣсъ активнаго заряда въ фунтахъ.

Для динамита № 1 оно больше.

Разстояніе детонаціи можетъ быть впрочемъ опредѣлено для каждаго случая работъ путемъ опыта.

Совокупные взрывы, т. е. одновременные взрывы нѣсколькихъ за-

рядовъ динамита даютъ весьма сильные результаты и потому при взрываніи большихъ массъ приобѣгаютъ къ *совокупнымъ взрывамъ*.

Для воспроизведенія такихъ взрывовъ пользуются *детонирующимъ* свойствомъ динамита, т. е. располагаютъ заряды въ разстояніи детонаціи одинъ отъ другаго. Хотя при электрическомъ паленіи можно произвести совокупный взрывъ и такихъ зарядовъ, которые расположены на произвольномъ разстояніи другъ отъ друга, но въ видахъ устраненія послѣдствій неисправности проводниковъ въ какомъ либо одномъ зарядѣ, заряды, подлежащіе совокупному взрыву и въ этомъ случаѣ лучше располагать въ разстояніи детонаціи другъ отъ друга.

Заряды динамита, почему либо не давшіе взрыва, никогда не слѣдуетъ вынимать—это очень опасно: они могутъ быть взорваны посредствомъ заложенія другаго заряда по сосѣдству—силою детонаціи.

Хотя взрывное дѣйствіе динамита гораздо слабѣе при *свободномъ заложеніи*, чѣмъ при хорошемъ шпуровомъ; но такъ какъ для хорошаго шпуроваго заложенія требуется правильное, соотвѣтственное свойствамъ взрываемаго предмета или каменной породы направленіе и углубленіе шпура, то при подводныхъ работахъ иногда бываетъ гораздо выгоднѣе отказаться отъ мало полезной и медленной работы буренія шпуровъ на угадъ и примѣнять способъ *свободнаго заложенія*, расходуя немного больше динамита. Свободное заложеніе подъ водою представляется предпочтительнымъ во всѣхъ тѣхъ случаяхъ, когда заряды можно удобно примыкать къ предметамъ, подлежащимъ взрыву снизу или сбоку.

У насъ въ довольно большомъ количествѣ произведены подводныя взрывныя работы при помощи динамита на р. р. Днѣстрѣ и Днѣпрѣ. Техникъ Ф. Львовъ, производившій эти работы написалъ статью подъ названіемъ: „Взрываніе подводныхъ камней помощью динамита“, напечатанную въ № 20 Журнала М. II. С. за 1889 годъ. Въ статьѣ этой хотя и не особенно полной и обстоятельной можно найти нѣкоторыя практическія данныя, имѣющія значеніе въ виду крайней бѣдности литературы по этому предмету.

Мы заимствуемъ слѣдующіе чертежи изъ приложенныхъ къ этой статьѣ.

Черт. 7 табл. 36, изображающій въ натуральную величину взрывной капсуль (мѣдный), содержащій $\frac{1}{2}$ грама гремучей ртуті, съ введенною въ него заправкою Бикфорда. Капсуль обжимается

вокругъ затравки и соединеніе облепляется, въ предотвращеніе проникновенія сырости, воскомъ или смолой (*d*).

Черт. 8. табл. 36, изображающій запальный патронъ динамита съ вложеннымъ въ него капсулемъ.

Оболочка патрона плотно прижимается къ затравкѣ посредствомъ обвязки шнуркомъ и соединеніе это облепляется, въ предотвращеніе прониканія воды, смолою (*a*).

Черт. 9 и 10 табл. 36, изображающіе зарядъ изъ динамитныхъ патроновъ для *свободнаго заложения* подъ водою. Зарядъ состоитъ изъ нѣсколькихъ простыхъ и запального патрона, помѣщенныхъ въ холщевой мѣшокъ.

Черт. 11 табл. 36, изображающій зарядъ на шестѣ, приготовленный къ свободному заложению подъ водою и черт. 12 табл. 36, изображающій свободное заложеніе зарядовъ подъ водою. Какъ видно изъ этихъ чертежей заряды прикрѣпляются къ деревяннымъ заостреннымъ шестамъ, снабженнымъ внизу грузами изъ камня; шесты съ зарядами прислоняются къ взрываемому камню и удерживаются на мѣстѣ соотвѣтственно расположенными веревками съ камнями на концахъ, дѣйствующими какъ якоря.

Заложеніе зарядовъ и поджиганіе затравокъ могутъ производить рабочіе съ лодокъ или прямо стоя на днѣ рѣкъ, если глубина незначительна.

Данныя сообщаемыя г. Львовымъ относительно подводныхъ взрывовъ свободнымъ заложениемъ можно выразить слѣдующими формулами:

Количество динамита (Нобеля № 1 или целюлезнаго) потребное для взрыванія *n* куб. саж. гранитнаго камня въ фунтахъ:
для пороговъ

$$p = 14 n + 10$$

для заборовъ, т. е. для грядъ камней

$$p = 20 n + 10$$

Для целюлезнаго и сгуденистаго динамита разстояніе детонаціи въ аршинахъ, при глубинѣ воды *h* аршинъ и вѣсѣ активнаго заряда *p* фунтовъ.

$$l = \frac{p}{2} + \frac{1}{4} (3 - h).$$

§ 5. Выемка землястых засореній и землекопныя работы въ рѣкахъ.

Выемку землястыхъ засореній въ рѣкахъ приходится производить или временно на ряду съ принятіемъ другихъ мѣръ улучшения суходоходнаго состоянія рѣкъ или постоянно въ томъ исключительномъ случаѣ, когда появленіе этого рода засореній никакими мѣрами не устраняется или не можетъ быть устранено.

Кромѣ сего въ берегахъ и днѣ рѣкъ, при возведеніи разнаго рода сооруженій приходится производить въ болѣе или менѣе значительныхъ размѣрахъ выемку землястыхъ грунтовъ, т. е. землекопныя работы. Какъ для выемки землястыхъ засореній, такъ и для землекопныхъ работъ въ рѣкахъ вообще употребляются одинаковыя орудія и приспособленія, разнящіеся въ устройствѣ и употребленіи лишь въ зависимости отъ объема и срока потребной выемки, а также отъ того въ какихъ условіяхъ выемку приходится производить: надъ водою, подъ водою и на какой глубинѣ.

Мы рассмотримъ въ общихъ чертахъ эти орудія и приспособленія въ порядкѣ постепеннаго усложненія ихъ устройства, соотвѣтственно условіямъ работы, не останавливаясь на обыкновенной ручной землекопной работѣ на сушѣ.

Подводную выемку при глубинѣ воды до 2-хъ футовъ, съ успѣхомъ, равнымъ обыкновенной ручной землекопной работѣ на сушѣ, можно производить желѣзными лопатами нѣсколько большихъ размѣровъ, чѣмъ обыкновенно употребляемыя на сушѣ.

Подводную выемку при глубинѣ воды до 5 футовъ, приблизительно съ тѣмъ же успѣхомъ, можно производить съ лодки или плота посредствомъ желѣзнаго черпака черт. 1 табл. 37, вмѣщающаго въ себѣ до 3 пудовъ землястаго грунта. Устройство этого черпака изъ листоваго котельнаго желѣза ясно видно изъ чертежа; въ днѣ и стѣнкахъ его сдѣланы отверстія для выпуска воды, зачерпываемой вмѣстѣ съ грунтомъ. Работа имъ производится какъ показано на черт. 2 табл. 37.

Когда грунтъ представляетъ значительное сопротивленіе выемкѣ, или когда глубина воды больше 5 футовъ употребляется черпакъ, приводимый въ дѣйствіе двумя рабочими; черт. 3 табл. 37. Черпакъ этотъ снабженъ съ задней стороны рукояткою, а съ передней—ве-

ревкою; одинъ рабочій, дѣйствуя на рукоятку, врѣзываетъ черпакъ въ грунтъ, а другой, дѣйствуя на веревку, тянетъ его впередъ и затѣмъ подымаетъ вмѣстѣ съ зачерпнутымъ грунтомъ вверхъ. Если вѣсъ черпака съ грунтомъ великъ и работа производится съ лодки, то вытяжная веревка черпака наматывается на воротъ черт. 4, табл. 37.

На рѣкѣ Ду во Франціи въ 1827 г. употреблялась воротовая черпаковая машина показанная на черт. 5 табл. 37. Устройство ея слѣдующее: на двухъ, обладающихъ достаточною подъемною силою плотамъ, связанныхъ прочными прогонами устроены помосты; на большемъ изъ нихъ укрѣплены козлы съ воротомъ внизу и съ направляющимъ валомъ наверху, внизу также имѣется направляющій валъ.

Отъ черпака идутъ двѣ веревки: одна чрезъ нижній направляющій валъ, другая чрезъ верхній; обѣ наматываются на воротъ и длина ихъ такъ рассчитана, что въ то время, когда нижняя веревка тянетъ черпакъ на нѣкоторое разстояніе впередъ, верхняя не натянута; затѣмъ съ извѣстнаго момента верхняя веревка натягивается и черпакъ начинаетъ подыматься вверхъ. Рабочій стоящій на плоту управляетъ черпакомъ за рукоятку и когда черпакъ наполнится землею и подыметъ выше уровня пола большаго плота, сбрасываетъ съ него землю на плотъ.

Вся машина удерживается на плаву на одномъ мѣстѣ по мѣрѣ потребности или посредствомъ забиваемыхъ у наружныхъ угловъ плотовъ удержныхъ свай, къ которымъ укрѣпляется при помощи особыхъ обоймицъ и веревокъ, или при помощи якорей. Въ послѣднемъ случаѣ на концахъ плотовъ ставятся лебедки, на которыя наматываются канаты отъ якорей. Вынимаемый грунтъ снимается съ плота въ лодки и ими отвозится въ сторону.

На рѣкѣ Гароннѣ во Франціи въ 1874 г. была употреблена машина, показанная на черт. 6 табл. 37. Воротъ этой машины, дѣйствующій на черпакъ приводится въ движеніе теченіемъ воды при посредствѣ лопатчатыхъ колесъ. Черпакъ ея имѣлъ устройство показанное на черт. 7 и чет. 8 табл. 37. Въ случаѣ слабаго теченія движущія веревки съ водянаго ворота можно было перевести на лебедку и работать лебедкою. Работа машины и нѣкоторыя детали ея ясно видны изъ чертежей.

Всѣ описанныя приспособленія для выемки землястыхъ засореній и грунтовъ весьма просты и дешевы въ первоначальномъ устройствѣ, но требуютъ довольно значительнаго расхода рабочей силы для приведенія ихъ въ дѣйствіе и управленія ими и въ единицу времени даютъ сравнительно небольшіе результаты; а потому примѣнимы для работъ незначительныхъ, при коихъ не могутъ окупаться болѣе совершенныя и болѣе дорогія въ первоначальномъ устройствѣ приспособленія.

Для работъ значительныхъ употребляются паровыя землечерпательныя машины, которыя можно раздѣлить на слѣдующія категоріи:

- 1) Щипцовыя машины.
- 2) Одночерпаковыя или ковшевыя машины американскаго образца.
- 3) Черпаковыя машины цѣпныя или непрерывнаго дѣйствія.
- и 4) Землесосы.

1) *Щипцовыя машины* для подводныхъ работъ представляютъ собою паровыя плавучіе краны снабженныя черпательными снарядами въ видѣ щипцовъ или ящичковъ, раскрывающихся при опусканіи внизъ и створяющихся при подъемѣ вверхъ.

На черт. 1 табл. 38 показана такого рода машина съ черпательнымъ снарядомъ въ видѣ полуцилиндрическаго ящичка, раскрывающагося по производящей.

Щипцовыя машины весьма разнообразны по деталямъ устройства и вообще удобопримѣнимы въ тѣхъ случаяхъ, когда выемку приходится производить на малой площади, но сравнительно на большую глубину.

2 *Одночерпаковыя или ковшевыя машины* американскаго типа нашли себѣ широкое примѣненіе въ Америкѣ; въ Европѣ же онѣ въ маломъ употребленіи. Снаряды эти представляютъ собою краны съ поворотною стрѣлою, снабженною большимъ черпакомъ или ковшомъ на длинной рукояткѣ, имѣющей поступательное и вращательное движеніе на оси прикрѣпленной къ стрѣлѣ и могутъ быть употребляемы какъ для подводной такъ и для надводной выемки. Въ первомъ случаѣ они устраиваются на судахъ или понтонахъ, во второмъ на колесныхъ ходахъ двигающихся по рельсамъ.

На черт. 2 табл. 38 показана такая сухопутная машина системы Рустонъ, Прокторъ и К^о.

Черпакъ имѣеть открывающееся дно въ видѣ клапана, удерживаемаго въ закрытомъ состояніи задвижкой. Онъ направляется и врѣзывается въ грунтъ посредствомъ цѣпныхъ приводовъ, затѣмъ особыми приводами подымается и поворотомъ стрѣлы отводится къ землепріемнымъ судамъ, вагонамъ и вообще къ мѣсту выгрузки, послѣ чего задвижка, удерживающая дно, отодвигается посредствомъ прикрѣпленной къ ней веревки и поднятая земля вываливается въ назначенное мѣсто.

Одночерпаковыя машины могутъ вынимать до 10 куб. саж. въ часъ при объемѣ черпака въ 0,2 к. с.

3. *Черпаковыя машины цѣпныя* или непрерывнаго дѣйствія представляются наиболѣе совершенными снарядами для подводной выемки.

Простѣйшій видъ такой машины показанъ на черт. 3 табл. 38. На суднѣ или понтонѣ, имѣющемъ по диаметальной оси прорѣзь въ передней части или въ серединѣ въ видѣ колодца, установлены прочныя козлы; къ нимъ прикрѣплена на оси прочная рама, съ двумя блоками чрезъ которыя проходитъ безконечная цѣпь изъ полосоваго желѣза, поддерживаемая въ верхней части катками поставленными на рамѣ. Къ цѣпи придѣланы черпаки, представляющіе изъ себя полуцилиндры. Верхній блокъ, приводящій цѣпь въ движеніе сдѣланъ четырехъ граннымъ, причеиъ длина его граней равна длинѣ звеньевъ цѣпи. Для опусканія и подъема по мѣрѣ надобности нижняго конца рамы установленъ на переднемъ концѣ судна воротъ. Верхній блокъ приводится въ вращательное движеніе стоящимъ на суднѣ локобилемъ. При вращеніи верхняго блока цѣпь движется въ сторону его вращенія, черпаки забираютъ землю, поднимаютъ и выбрасываютъ ее въ особый желобъ, помѣщаемый сзади верхняго блока. Вынутая масса по желобу спускается въ землеотвозное судно.

Чтобы такая землечерпательница могла работать, необходимо судно, поддерживающее ее перемѣщать надлежащимъ образомъ непрерывно впередъ, вправо и влево. Для сего бросаются якоря и отъ нихъ даются цѣпи на судно: одна на корму, одна на носъ и двѣ съ боковъ справа и слѣва; впрочемъ, носовая и боковыя цѣпи могутъ быть замѣнены двумя носовыми цѣпями, направляющимися въ стороны подъ нѣкоторымъ угломъ къ продольной оси выемки. Цѣпи

сопряженнаго дѣйствія должны такимъ образомъ соотвѣтственно натягиваться и отпускаться, чтобы землечерпательница имѣла непрерывное движеніе впередъ и въ бокъ то въ одну то въ другую сторону. Движеніе это называется *папилмонажемъ*. Для возможности расчистки такихъ мелкихъ мѣсть, въ которыхъ судно землечерпательницы пройти не можетъ, черпаковая цѣпь должна по возможности больше выступать впередъ изъ корпуса судна. Землечерпательницы, имѣющія такое расположеніе черпаковой цѣпи представляются наиболѣе удобными для рѣчныхъ работъ.

Снарядъ показанный на черт. 3 табл. 38, можетъ быть помещенъ на телѣжкахъ, имѣющихъ продольный и боковой ходы и, будучи поставленъ въ такомъ видѣ на рельсовый путь, поддерживаемый сваями, можетъ служить для выемки напр. котловановъ между перемычками и т. п.

На черт. 4 табл. 38 показана цѣпная черпачная машина системы Couvreur на колесномъ ходу. Машина эта можетъ производить, какъ показано въ чертежѣ срѣзку откосовъ, а двѣ такія машины, дѣйствуя въ противоположныя стороны могутъ рыть каналъ.

На черт. 1, 2 и 3 табл. 39 показана въ фасадѣ, планѣ и разрѣзѣ болѣе совершенная рѣчная землечерпательница. Рабочая способность такихъ машинъ зависитъ отъ размѣра черпаковъ, скорости ихъ хода, силы паровой машины и можетъ доходить до 20 куб. саж. выемки въ часъ и болѣе.

4. *Землесосы* или всасывающія машины, имѣютъ слѣдующее устройство. На соотвѣтственномъ суднѣ устанавливается сильный центробѣжный насосъ, приводимый въ дѣйствіе паровою машиною и отъ него въ прорѣзѣ корпуса судна по діаметральной плоскости спускается желѣзная всасывающая труба. Труба съ наносомъ соединяется шарнирнымъ колѣномъ такъ, что нижній конецъ ея посредствомъ меньшаго крана, поставленнаго на суднѣ можетъ быть поднятъ или опущенъ на потребную глубину. Примѣръ такого устройства показанъ на черт. 1 табл. 40, изображающемъ землесосъ въ Бремергафанѣ. Конецъ всасывающей трубы опускается до поверхности земли, которую нужно извлечь и при дѣйствіи насоса земля увлекается вмѣстѣ съ водою въ насосъ и оттуда въ видѣ грязи спускается желобами въ землеотвозныя суда или ящики, находящіеся въ корпусѣ судна землесоса.

Землесось употребленный въ С. Назерскомъ портѣ, имѣетъ два всасывающихъ рукава по обѣ стороны судна, соединенныхъ между собою внизу подъ судномъ поперечнымъ колѣномъ съ заборными отверстиями. Землесосы могутъ поднимать до 25 куб. саж. земли съ водою въ 1 часъ и болѣе; рабочая ихъ способность зависитъ отъ силы насоса, но полезная ихъ дѣятельность зависитъ въ весьма значительной мѣрѣ отъ качества земли. Въ земляхъ глинистыхъ и песчаноглинистыхъ полезное ихъ дѣйствіе почти равно нулю, въ земляхъ же песчаныхъ и въ слабомъ илѣ—очень велико, такъ что они могутъ быть съ удобствомъ примѣнимы спеціально въ сихъ послѣднихъ грунтахъ. Землесосы благодаря шарнирному соединенію всасывающей трубы съ судномъ могутъ работать при волненіи и потому, при извлеченіи песчаныхъ и иловатыхъ наносовъ въ озерахъ и устьяхъ рѣкъ подверженныхъ волненіямъ, имѣютъ неоспоримыя преимущества передъ черпачными машинами.

Въ землечерпательныхъ работахъ серіозный вопросъ представляетъ удаленіе вынутой земли.

Для этого практикуется весьма разнообразныя способы и приемы. Мы опишемъ нѣкоторыя изъ нихъ.

При рѣчномъ землечерпаніи самымъ простымъ способомъ удаленія вынутой земли представляется свалка ея въ обыкновенныя лодки или суда и отвозка въ сторону. Но при этомъ вторичная выемка земли изъ судовъ представляетъ цѣнную работу. Для удешевленія этой работы примѣняются разныя приспособленія. Простѣйшимъ изъ нихъ представляется устройство на суднѣ для пріема земли широкаго палубнаго помоста съ съемными бортами, такъ чтобы землю съ него можно было легко стаскивать. При большихъ землечерпательныхъ работахъ устраиваются спеціальныя землеотвозныя суда, называемыя *шаландами*. Шаланды имѣютъ особыя ящики для помѣщенія земли, съ клапанами для выбрасыванія ея въ днѣ или въ бакахъ. На черт. 2 табл. 40 показана желѣзная шаланда съ клапанами въ днѣ. Клапаны представляютъ собою двустворчатыя двери, открывающіеся внизъ и створяющіеся въ діаметральной оси дна. Клапаны эти въ закрытомъ состояніи поддерживаются цѣпами, находящимися въ діаметральной плоскости судна и при освобожденіи цѣпей подъ давленіемъ земли открываются внизъ.

На черт. 3 табл. 40 показана желѣзная самодвижущаяся паро-

вая шаланда съ боковыми клапанами. Шаланда эта снабжена пароводнымъ винтомъ и для выпуска земли имѣетъ шесть клапановъ съ каждой стороны. Всѣ клапаны открываются приводомъ отъ паровой машины. Расположеніе земли и клапановъ, а также дѣйствіе ихъ видно изъ чертежа.

Шаланды съ донными клапанами удобопримѣнимы лишь въ тѣхъ случаяхъ, когда есть очень глубокія мѣста для свалки земли, что въ рѣкахъ встрѣчается въ видѣ исключенія.

Шаланды съ боковыми клапанами могутъ найти себѣ большее примѣненіе въ рѣкахъ.

Вообще въ рѣкахъ шаландами можно пользоваться лишь тогда, когда мѣста, удобныя для свалки земли, имѣются въ самомъ руслѣ рѣки; если этого нѣтъ, то приходится обращаться къ другимъ способамъ удаленія земли въ родѣ нижеслѣдующихъ.

На Суэзскомъ каналѣ для удаленія земли были примѣнены наклонныя желоба. Устройство такого трубчатого наклоннаго желоба показано на черт. 4 табл. 40. Желобъ, представлявшій собою сдѣланную изъ стальныхъ листовъ трубу, какъ видно изъ чертежа, былъ подвѣшенъ къ землечерпательницѣ посредствомъ особой системы канатовъ и для удержанія землечерпательницы въ равновѣсїи съ противоположной стороны къ ней подвѣшенъ былъ на цѣпяхъ плавающій противувѣсъ (понтонъ).

Земля вмѣстѣ съ водою стекала по желобу на откосъ, причемъ, для способствованія движенію земли, въ желобъ еще нагнеталась вода посредствомъ особаго насоса, стоящаго на противовѣсномъ понтонѣ. Такой способъ отвода земли оказался удобнымъ для земель песчаныхъ и вообще рыхлыхъ, легко разбиваемыхъ водою. У насъ такой способъ удаленія земли отъ землечерпательницъ былъ примѣненъ при устройствѣ новыхъ Сяськаго и Свирскаго каналовъ.

При устройствѣ канала, соединяющаго Амстердамъ съ моремъ, впервые былъ примѣненъ для отвода земли отъ землечерпательницъ плавающій трубопроводъ съ центробѣжнымъ насосомъ. Трубопроводъ этотъ состоялъ изъ звеньевъ деревянныхъ трубъ, соединенныхъ кожанными рукавами съ проложенными въ нихъ желѣзными спиралями, и поддерживался на плаву прикрѣпленными къ нему деревянными брусьями. Приспособленіе это извѣстно подъ именемъ грязеотводнаго аппарата (mud-pump). Продукты землечерпанія посред-

ствомъ трубчатого желѣзнаго желоба проводились въ желѣзную вертикальную трубу прикрѣпленную сбоку къ корпусу землечерпательницы (черт. 5 табл. 40), снабженную внизу у горизонта воды центробѣжнымъ насосомъ. Центробѣжный насосъ приводился въ дѣйствіе, посредствомъ вертикальнаго вала, приводомъ отъ машины землечерпательницы, и всасывая воду чрезъ воронку, вгонялъ вмѣстѣ съ нею продукты землечерпанія въ трубо-проводъ. Притокъ воды снизу регулировался вращающеюся заслонкой, а притокъ продуктовъ землечерпанія въ насосъ сверху регулировался помѣщенной надъ насосомъ конической воронкою, которая при помощи системы рычаговъ въ мѣрѣ надобности опускалась и подымалась.

Устройство идущаго отъ насоса трубопровода показано на черт. 6, 7 и 8 табл. 40. Изъ чертежа 7, показывающаго въ планѣ и черт. 6 показывающаго въ поперечномъ разрѣзѣ часть трубопровода, прилегающую къ центробѣжному насосу, видно, что надъ кожаными рукавами были устроены еще шарнирные соединенія трубъ, предотвращающія растяженіе рукавовъ. На черт. 8 показана въ планѣ тоже часть трубопровода въ меньшемъ масштабѣ на большемъ протяженіи. Изъ чертежа этого видно, что трубопроводъ въ началѣ былъ снабженъ колѣнчато-рычажнымъ шарнирнымъ соединеніемъ, дающимъ необходимую свободу для движенія землечерпательницы. Соединеніе это устроено было слѣдующимъ образомъ: въ срединѣ длиннаго звена трубы помѣщался деревянный поплавокъ, на которомъ былъ укрѣпленъ вращающійся на вертикальной оси стержень, поддерживаемый въ концахъ также поплавками; концы этого стержня были соединены съ шарнирами сосѣднихъ звень шарнирными же рычагами, параллельными среднему звену. Вся же система могла свободно укорачиваться, удлиняться и изгибаться въ сторону при движеніяхъ землечерпательницы и при томъ не нарушалось дѣйствіе трубопровода. Такимъ способомъ продукты землечерпанія при работахъ амстердамскаго канала прогонялись на разстояніе 275 метр. и выбрасывались на берега на высоту 1,5 метра надъ горизонтами воды.

Такой способъ удаленія продуктовъ землечерпанія былъ примененъ и у насъ при работахъ устройства С.-Петербургскаго морскаго канала.

На работахъ же Амстердамскаго канала примененъ былъ и способъ удаленія продуктовъ землечерпанія при помощи безконечнаго

полотна. Способъ этотъ показанъ на черт. 1 табл. 41. Безконечное полотно состояло изъ пѣни желѣзныхъ ящичковъ, катящихся по роликамъ, поддерживаемымъ фермою установленною на судахъ.

Въ Вѣнѣ при выправительныхъ работахъ Дуная былъ примѣненъ слѣдующій способъ удаленія продуктовъ землечерпанія. Продукты эти принимались въ обыкновенныя суда безъ палубъ; суда подводились къ особо устроенной пристани черт. 2 табл. 41, земля изъ нихъ вынималась цѣпною черпаковою машиною и нагружалась на вагонеты, которыми и отвозилась по рельсовому пути въ назначенное мѣсто.

§ 6. Удаленіе землястыхъ засореній и наносныхъ отложеній искусственнымъ смывомъ.

Судоходцамъ извѣстно съ незапамятныхъ временъ: а) что проходить судна противъ теченія по мелкому мѣсту рѣчнаго русла влечетъ за собою нѣкоторый смывъ наносныхъ отложеній съ его дна или вообще нѣкоторое углубленіе дна въ направленіи хода, если грунтъ дна легко поддается размыву; б) что судно, при ходѣ противъ теченія, *ставшее* на слабую землястую мель, въ непродолжительное время освобождается отъ мели вслѣдствіе подмыва ея подъ судномъ теченіемъ и, подвигаясь по немножку впередъ можетъ пройти мель, если она не высока, а теченіе сильно, и в) что, при недостаточной силѣ теченія, размывъ землястой мели въ подобныхъ обстоятельствахъ можетъ быть ускоренъ постановкою судна у мели бокомъ, постановкою у нее нѣсколькихъ судовъ рядомъ, пропускомъ надъ мелью судовъ меньшей осадки; постановкою на мели судовъ, щитовъ и вообще разныхъ предметовъ, стѣсняющихъ живое сѣченіе потока надъ мелью.

Этимъ свойствомъ потока и поименованными мѣрами судоходцы съ незапамятныхъ временъ пользовались для временнаго углубленія хода въ мѣстахъ землястыхъ засореній рѣкъ и въ мелкихъ слабыхъ мѣстахъ рѣчныхъ русель.

Въ лѣтописяхъ нашего судоходства по этому предмету сохранились между прочимъ слѣдующія свѣдѣнія.

Въ 1810 г. для углубленія мелей на верхней Волгѣ (между Тверью и г. Рыбинскомъ) Совѣтъ Главнаго Управленія Путей Сооб-

щенія разрѣшилъ построить 1.000 переносныхъ щитовъ. На фарватерѣ Овсяниковскаго переката на р. Волгѣ въ 1834 г. смотритель судоходства Рейбургъ углубилъ мель съ 11 до 20 вершковъ хода (на 9 вершковъ) при помощи судовъ поставленныхъ поперекъ рѣки. Послѣ этого для углубленія мелей на р.р. Волгѣ, Днѣпрѣ, Окѣ, Донѣ предлагались, проектировались и отчасти примѣнялись разнаго рода мѣры временнаго стѣсненія потока; но прежде чѣмъ перейти къ описанію нѣкоторыхъ изъ этихъ мѣръ, а также нѣкоторыхъ подобнаго рода мѣръ, употребленныхъ въ Западной Европѣ, не бесполезно дать себѣ отчетъ въ причинѣ смыва землистыхъ засореній рѣчнаго русла подѣ влияніемъ стѣсненія живаго сѣченія потока.

Причина эта чрезвычайно ясна и понятна.

Если мы представимъ себѣ живое сѣченіе потока (черт. 3 табл. 41) и предположимъ, что на нѣкоторой небольшой его ширинѣ x , имѣющей среднюю глубину h и среднюю скорость теченія v , поставлено загражденіе въ видѣ какого либо твердаго предмета высотой y , то струи воды будутъ стремиться обойти этотъ предметъ со всѣхъ сторонъ и будутъ встрѣчать сопротивленія въ прилегающихъ массахъ воды въ дни и откосахъ русла. Вслѣдствіе сего съ верховой стороны разсматриваемаго сѣченія образуется подпора т. е. возвышеніе горизонта воды такой величины, какая необходима для востановленія части живой силы воды, затраченной на преодѣленіе препятствій въ полосѣ x . Вслѣдствіе этого подпора въ части живаго сѣченія x , стѣсненной препятствіемъ xy , вода будетъ проходить съ нѣкоторою скоростью v' и расходъ воды въ этой части будетъ

$$v'. (xh - xy) = v'. x (h - y).$$

Но при условіи небольшой ширины загражденія x сравнительно со всею шириною потока, можно принять что расходъ воды въ полосѣ x долженъ остаться безъ измѣненія, поэтому будемъ имѣть

$$v. xh = v'. x (h - y)$$

откуда

$$v' = v. \frac{h}{h - y} = v. \frac{1}{1 - \frac{y}{h}}$$

Изъ выраженія этого видно, что v' больше v и тѣмъ больше чѣмъ больше $\frac{y}{h}$; т. е. что при загражденіи потока на небольшую

ширину средняя скорость течения въ полосѣ его, имѣющей заграждение, увеличивается и дѣлается тѣмъ больше, чѣмъ на большую высоту полоса заграждается. Съ увеличеніемъ средней скорости, очевидно, произойдетъ увеличеніе скорости течения по дну и тѣмъ въ большей степени, чѣмъ ближе къ дну будетъ расположено заграждение. Вслѣдствіе этого въ днѣ русла подъ загражденіемъ долженъ происходить подмывъ, если русло по своему матерьялу способно ему поддаваться, и подмывъ этотъ еще будетъ усиливаться отъ того, что струи потока, отражаемые препятствіемъ, будутъ ударяться въ дно. Подмывъ прекратится тогда, когда площадь загражденной полосы увеличится на столько что скорость течения въ ней по дну сдѣлается равною скорости течения бывшей до заграждения.

Если мы представимъ себѣ живое сѣченіе (черт. 4 табл. 41) шириною b и среднею глубиною h , а слѣдовательно площадью bh , со среднею скоростью течения v и съ расходомъ

$$Q = v bh$$

и предположимъ, что оно заграждено на ширинѣ x или на площади hx , причѣмъ заграждение это по направленію течения простирается лишь на плоскость разсматриваемаго живого сѣченія; то вслѣдствіе сего заграждения предъ разсматриваемымъ живымъ сѣченіемъ (съ верховой стороны) произойдетъ подпоръ, въ разсматриваемомъ же живомъ сѣченіи произойдетъ нѣкоторое пониженіе горизонта воды, а съ низовой стороны его образуется нѣкоторый подъемъ горизонта воды и вода въ стѣсненномъ живомъ сѣченіи будетъ проходить съ нѣкоторою среднею скоростью v' .

Для нашихъ объясненій мы можемъ принять, что горизонтъ воды въ стѣсненномъ сѣченіи остается на той же высотѣ, на какой онъ былъ до заграждения и въ силу неизмѣняемости расхода воды будетъ имѣть

$$Q = v. b. h = v' h (b - x).$$

Откуда получимъ

$$v' = v. \frac{1}{1 - \frac{x}{b}}$$

Выраженіе это показываетъ, что вслѣдствіе заграждения живого сѣченія по всей высотѣ на нѣкоторую ширину x , средняя скорость

теченія въ остающейся свободной его части увеличивается и тѣмъ больше чѣмъ больше $\frac{x}{b}$, т. е. чѣмъ на большую часть ширины сѣченіе заграждается. Съ увеличеніемъ средней скорости произойдетъ, очевидно, увеличеніе скорости теченія по дну, а вслѣдствіе сего произойдетъ размывъ русла, если оно способно поддаваться размыву.

И такъ мы видимъ, что разнаго рода стѣсненія потока имѣютъ въ общемъ одно и тоже послѣдствіе:

Увеличеніе скоростей въ стѣсненномъ участкѣ и затѣмъ углубленіе въ немъ русла, если оно способно поддаваться размыву. Но что же произойдетъ съ углубленнымъ русломъ если загражденія производившія стѣсненія его будутъ удалены? Очевидно, за удаленіемъ изъ русла загражденій, скорости теченія въ немъ уменьшатся, а вслѣдствіе сего достигнутое углубленіе его будетъ постепенно занесено наносами, если рѣка ихъ несетъ.

Тожe самое произойдетъ и съ углубленіемъ русла произведеннымъ землечерпаніемъ, если противъ занесенія его не будутъ приняты особыя мѣры. И такъ углубленія русла, производимыя временнымъ стѣсненіемъ потока, также какъ и производимыя землечерпаніемъ безъ принятія особыхъ мѣръ къ ихъ сохраненію, могутъ существовать лишь временно.

Временное стѣсненіе потока хотя и производитъ на русло дѣйствіе сходное съ землечерпаніемъ, но не всегда можетъ замѣнять землечерпаніе, потому что результаты его дѣйствія даже при самыхъ благоприятныхъ обстоятельствахъ ограничены и съ точностью впередъ не могутъ быть опредѣлены; тогда какъ землечерпаніемъ всегда въ болѣе или менѣе опредѣленное время могутъ быть достигнуты желаемые результаты.

Всѣ предложенныя и примѣняемыя на практикѣ приспособленія для углубленія рѣчныхъ руселъ посредствомъ ихъ размыва, происходящаго отъ стѣсненія потока, основаны на объясненныхъ началахъ. Они чрезвычайно многочисленны, разнообразны и могутъ быть раздѣлены на три категоріи:

- 1) приспособленій, дѣйствующихъ въ состояніи движенія,
- 2) приспособленій, перемѣщаемыхъ, но дѣйствующихъ въ неподвижномъ состояніи

и 3) приспособленій, *устраиваемыхъ* въ рѣчныхъ руслахъ.

Первая категория состоитъ изъ грабель, скребковъ, боронъ и щитовъ перемѣщаемыхъ при помощи судовъ въ направленіи желаемого углубленія русла. Многія изъ приспособленій этого рода, рассчитанныя на соединенное дѣйствіе стѣсненія потока и искусственнаго разрыхленія дна русла, не оправдали ожидаемыхъ отъ нихъ результатовъ. Поэтому не вдаваясь въ подробности мы остановимся лишь на одномъ изъ сихъ приспособленій, имѣющемъ такое устройство, что, при извѣстныхъ условіяхъ, имъ можно пользоваться и какъ приспособленіемъ второй категоріи, т. е. работающимъ въ неподвижномъ состояніи.

Приспособленіе это, примѣненное въ 1831 г. для расчистки отъ землястыхъ наносовъ каналовъ у устья р. Шаренты во Франціи, и показанное на черт. 5 табл. 41, состоитъ изъ прочнаго понтона и подвѣшенной къ нему въ кормѣ деревянной рамы съ четырьмя двигающимися въ пазахъ щитами и двумя трехъугольными поворотными крыльями. Внизу рама снабжена желѣзною полосою съ зубьями.

Посредствомъ показанныхъ на чертежѣ двухъ небольшихъ поворотныхъ рамъ (*a, a*), блоковъ, канатовъ и ворота рама можетъ быть поставлена и удерживаема въ вертикальномъ положеніи на желаемой высотѣ отъ дна русла. Въ то время, когда аппаратъ не работаетъ, рама можетъ быть поднята и уложена на понтонъ.

Въ каналахъ у устья Шаренты, неимѣющихъ постояннаго теченія, можно было производить искусственный токъ посредствомъ выпуска изъ шлюза задержанной воды отъ морскаго прилива. Этимъ искусственнымъ токомъ и описаннымъ приспособленіемъ пользовались для очистки каналовъ отъ наносовъ слѣдующимъ образомъ:

Аппаратъ устанавливался въ каналѣ на засоренномъ наносами мѣстѣ кормою къ верховью его и рама со щитомъ и крыльями спускалась въ вертикальномъ положеніи на дно его такъ, чтобы желѣзная зубчатая полоса ея вѣзлась на 4—6 дюйм. въ наносъ.

Затѣмъ изъ шлюза пускался токъ воды и когда разность горизонтовъ воды съ верховой и низовой стороны рамы доходила до 6 дюймовъ аппаратъ подъ напоромъ воды самъ собою начиналъ двигаться впередъ и гналъ передъ собою слой наносовъ. Если наносы на столько скоплялись подъ понтономъ, что затрудняли его движеніе, то понтонъ удерживался на мѣстѣ канатами съ берега; имѣющіеся въ рамѣ щиты подымались и чрезъ открытыя отверстія на-

правлялся токъ воды подь понтонъ: токомъ этимъ наносы смывались. Если этого было недостаточно, то приподымалась вся рама къ верху и пускался токъ воды снизу. Очистка канала производилась такими послѣдовательными приѣмами начиная съ низоваго его конца.

Само собою разумѣется, что подобный аппаратъ, будучи установленъ въ рѣчномъ потокѣ по теченію кормою вверхъ неподвижно, при спускѣ рамы до извѣстной глубины, можетъ вызывать размывъ дна наноснаго рѣчнаго русла. При этомъ откосныя крылья рамы приспособленныя къ формѣ канала могутъ быть сняты, и подъемныя щиты въ рамѣ могутъ служить для регулированія напора воды на аппаратъ при сильномъ теченіи.

Постановкою одного или нѣсколькихъ такихъ аппаратовъ въ живомъ сѣченіи рѣки можно достигнуть желаемаго стѣсненія потока и болѣе сильнаго размыва.

Всѣ перемѣщаемыя, но дѣйствующія въ неподвижномъ состояніи, приспособленія для углубленія рѣчнаго дна большею частью имѣютъ по идеѣ одинаковое съ описаннымъ аппаратомъ устройство и разнятся отъ него только въ частностяхъ.

Изъ числа приспособленій этой категоріи представляютъ нѣкоторыя особенности, употребляемыя у насъ для временнаго углубленія песчаныхъ мелей на р. Волгѣ такъ называемыя—*передвижныя плотины*, изобрѣтенныя инженеромъ В. К. Янковскямъ. Плотина Янковскаго показанная на черт. 1 табл. 42, состоитъ изъ плавучей платформы шириною 3 саж. и длиною 5 саж. и подвѣшеннаго къ ней снизу деревяннаго щита имѣющаго ширину и длину около 2,5 саж.

Платформа состоитъ изъ двухъ плотовъ, связанныхъ продольными лежнями, такъ что между плотами имѣется промежутокъ въ 3 саж. На лежни положены поперечины и на нихъ настилаются доски для ходьбы рабочихъ. Щитъ подвѣзанный къ одной изъ поперечинъ гальванизированной желѣзною проволокою состоитъ изъ брусчатой рамы обшитой дюймовыми досками съ промежутками въ $\frac{1}{2}$ дюйма. Къ рамѣ щита въ особыхъ деревянныхъ подшипникахъ прикрѣпленъ вращающійся валъ изъ круглаго бревна и въ него задѣланы бревна, называемыя *лохтями*, связанныя вверху поперечиною и поддержи-

вающія достатый желобъ, служащій для помѣщенія нагрузки изъ камней.

Во время передвиженія плотины щитъ прижимается къ платформѣ и лохти укладываются на нее сверху. При постановкѣ же плотины въ дѣйствіе, платформа удерживается въ назначенномъ мѣстѣ съ передняго конца двумя мертвыми якорями и съ задняго конца слегка осаженною въ грунтъ наклонною сваею; щитъ посредствомъ лохтей отпускается къ дну рѣки и удерживается въ этомъ положеніи нагрузкою помѣщенною въ желобѣ.

Для дѣйствія во время судоходнаго періода, плотины Янковскаго, какъ и всѣ этого же рода приспособленія, не могутъ быть устанавливаемы на судовомъ ходѣ; такъ какъ въ такомъ положеніи они закрывали бы путь судамъ. Поэтому ихъ устанавливаютъ у судового хода по нѣскольку въ рядъ въ положеніи наклонномъ къ теченію напр. по линіи *аб*, показанной на черт. 2 табл. 42.

При такомъ положеніи плотовъ стѣсненный потокъ направляется и разрабатываетъ болѣе глубокой ходъ параллельно линіи *аб*, продукты же размыва дна частью проносятся внизъ по теченію, частью подъ щиты и сзади щитовъ какъ показано на черт. 1, табл. 43, складывается валь.

Приспособленія *устраиваемыя* въ руслахъ рѣкъ внѣ судового хода съ цѣлью временнаго стѣсненія потока и углубленія судового хода могутъ имѣть самую разнообразную конструкцію. Весьма удобное устройство такого рода приспособленія показано на черт. 3 табл. 42, оно состоитъ изъ легкаго плота (запони), установленнаго при помощи якорей *внѣ судового хода* нормально или наклонно къ теченію и удерживающаго загражденіе изъ ряда вертикальныхъ досокъ слегка забитыхъ въ дно рѣки. Приспособленію это примѣнимо на малыхъ глубинахъ съ болѣе или менѣе устойчивымъ дномъ, удобно, просто и дешево.

Стѣсненіе потока загражденіемъ его мелкихъ частей внѣ судового хода можетъ быть достигнуто посредствомъ устройства въ сихъ частяхъ перемычекъ изъ кулей наполненныхъ мѣстною землею или изъ одиночныхъ и двойныхъ плетней съ привалкою къ нимъ земли или заполненіемъ промежутковъ между ними землею.

Этого рода сооруженія также очень дешевы и просты, остаются въ рѣкѣ до разрушенія ихъ потокомъ и во все время существованія

своего поддерживают достигнутое углубленіе хода; но имѣютъ за собою то неудобство, что въ случаяхъ измѣненія направленія стрелыя рѣки обращаются иногда въ подводное препятствіе для судоходства.

Въ заключеніе относительно всѣхъ описанныхъ способовъ углубленія въ слабыхъ рѣчныхъ руслахъ судового хода посредствомъ временнаго стѣсненія потока, а также съ помощью землечерпанія (безъ принятія особыхъ мѣръ къ сохраненію результатовъ имъ достигнутыхъ), необходимо замѣтить, что всѣ они приводятъ судоходное состояніе рѣки лишь къ *временному улучшенію*, а слѣдовательно, строго говоря, имѣютъ значеніе мѣръ *помогающихъ судоходству*, а не *улучшающихъ судоходное состояніе рѣки*.

§ 7. Матеріалы и работы для укрѣпленія береговъ и выправленія теченія въ рѣкахъ.

Берегоукрѣпительныя и выправительныя работы обыкновенно требуются къ производству въ весьма большихъ количествахъ для достиженія сравнительно небольшихъ результатовъ въ улучшеніи судоходныхъ условій рѣкъ; а потому въ числѣ требованій, предъявляемыхъ къ этого рода работамъ, требованіе дешевизны стоитъ на первомъ планѣ и работы эти въ ряду строительныхъ работъ носятъ совершенно особый характеръ. Онѣ производятся по возможности изъ мѣстныхъ самыхъ дешевыхъ матеріаловъ, самыми простѣйшими способами и непременно такимъ образомъ, чтобы послѣдующій ремонтъ ихъ былъ *удобенъ, простъ, дешевъ* и требовался въ *возможно меньшихъ размѣрахъ*. Обыкновенно употребляемые для нихъ матеріалы можно раздѣлить на: простые и составные.

Къ *простымъ* матеріаламъ относятся:

1) *Хворостъ*, т. е. стволы кустарниковъ и молодыхъ деревьевъ. По русскому Урочному на строительныя работы Положенію хворостины должны имѣть въ комлѣ толщину не болѣе 1 вершка и длину отъ 7 до 9 футъ.

Если требуется проростаніе хвороста въ сооруженіи, то онъ долженъ быть или *ивовый* (изъ вербы—*Salix alba*,—изъ миндаделистной ивы—*Salix amygdalina*, изъ корзиночной ивы—*Salix viminalis*) или еще лучше *лозовый* или *тальниковый* (желтый тальникъ—*Salix vitel-*

ліна и красный тальник—*Salix purpurea*) и при томъ свѣже-срубленный, весенней или осенней рубки и въ сооруженіи долженъ быть поставленъ въ такія условія, въ коихъ возможно немедленное его проростаніе по положеніи въ дѣло. Если проростаніе хвороста въ сооруженіи не требуется или невозможно по тѣмъ условіямъ, въ коихъ сооруженіе находится (напримѣръ подь водою), то хворостъ можетъ быть всякой породы—безразлично, лишь бы размѣры его удовлетворяли требованіямъ.

2) *Камень* всякихъ породъ—рваный, колотый, ломаный и булыжникъ - круглякъ. Онъ вообще долженъ быть нерастворимъ въ водѣ, неразмываемъ водою, не очень легокъ и долженъ имѣть размѣры кусковъ соотвѣтствующіе назначенію. Для загрузокъ въ огражденных пространствахъ можетъ идти мелкій и крупный камень безразлично; для *набросокъ* же и кладокъ, подверженныхъ дѣйствію теченія, требуется камень въ кускахъ такого удобнаго для работы вѣса, при которомъ онъ не можетъ быть сносимъ теченіемъ; этому требованію, при обыкновенныхъ условіяхъ, удовлетворяетъ камень называемый *бутовымъ*, имѣющій въ кускахъ наибольшее измѣреніе около 1 фута; для *мощенія* требуется камень меньшихъ размѣровъ чѣмъ *бутовой*, но въ кускахъ болѣе или менѣе правильной призматической формы или *круглякъ*.

3) *Земли* разнаго рода, за исключеніемъ торфяной, преимущественно-же *глинистая*. Для загрузокъ, въ особенности подводныхъ, предпочитаютъ сорта земель тяжелые, трудно растворимые въ водѣ и трудно размываемые водою; подь основаніе каменныхъ мостовыхъ—крупный песокъ, гравій или чура; при разсадкахъ, для подсыпки подь дерновыя выстилки и для засыпки хвороста, предназначаемаго къ проростанію,—легкіе растительные сорта. Безусловно неудобною землею во всѣхъ случаяхъ представляется *мелкій* чистый песокъ, потому что изъ загрузокъ онъ легко выносятся водою и растенія въ немъ плохо принимаются.

4) *Связующіе матеріалы*:

а) *колья*—длиною отъ 1½ до 5½ футъ, толщиною отъ 1½ до 2½ дюймовъ, дѣлаемые изъ вѣтвей и тонкихъ древесныхъ стволовъ или изъ дерева легко раскалываемаго вдоль волоконъ.

Если требуется чтобы колья проростали, то ихъ дѣлаютъ изъ цѣльныхъ стволовъ свѣже-срубленной ивы.

Съ нижняго конца кольца всегда заостряются, а въ верхнемъ, когда служатъ для прибивки и нажатія массы хвороста, имѣютъ или сукъ (черт. 1 табл. 43) или *просверливаются* и снабжаются *поперечинкою*.

б) *веревки* пеньковыя, смоленыя, толщиною въ $\frac{1}{2}$ дюйма (около $1\frac{1}{2}$ д. въ окружности) или желѣзная (отожженная для большей гибкости) проволока толщиною около $\frac{1}{8}$ дюйма.

и в) *вицы*, т. е. скрученные тонкіе древесные прутья (безъ вѣтвей), преимущественно ивовые.

Къ *составнымъ* матеріаламъ относятся:

1) *Фашины однокомельныя*, т. е. пуки хвороста, сложеннаго комлями въ одну сторону, перевязанные двумя видами (черт. 2 табл. 43). При употребленіи въ дѣло ихъ перевязываютъ иногда еще третьею вицею. По русскому Урочному Положенію на строительныя работы они должны имѣть длину отъ 7 до 9 футовъ, діаметръ въ комлѣ—1 футъ и средній діаметръ отъ 9 до 10 дюйм.

2) *Прутяные канаты*:

а) *вязаные*, представляющіе собою неопредѣленной длины пуки тонкихъ безъ вѣтокъ и гибкихъ хворостинъ, преимущественно ивовыхъ, сложенныхъ въ перевязку и стянутыхъ чрезъ 8 дюймовъ вицами. Канаты эти вяжутся, какъ показано на черт. 3 табл. 43, толщиною (діаметромъ) отъ 4 до 5 дюймовъ и длиною по потребности.

б) *плетеные* въ три пряди, какъ показано на черт. 4 табл. 43. Каждая прядь этихъ канатовъ состоитъ изъ сложенныхъ въ перевязку и скрученныхъ вмѣстѣ тонкихъ гибкихъ преимущественно ивовыхъ хворостинъ. Канаты эти плетутся толщиною около 4—5 дюймовъ и на столько слабо, чтобы въ промежутки между прядями проходили кольца, не разрывая ихъ.

3) *Тяжелыя фашины*, т. е. фашины изъ хвороста сложеннаго комлями и вершинами въ перевязку, наполненныя внутри мелкимъ камнемъ и перевязанныя черезъ 2—3 фута веревками или проволокою. На черт. 5 табл. 43 показана въ разрѣзъ тяжелая фашина длиною 5 метровъ, видъ приспособленій (козелъ) для вязки тяжелыхъ фашинъ и процессъ ихъ вязки. Тяжелыя фашины могутъ имѣть произвольную длину и такую толщину, какая при данной ихъ длинѣ для работъ удобна. У насъ на р. Вислѣ въ пограничной съ Австріею части употреблялись, показанныя (въ половинѣ длины) на

черт. 6 табл. 43, тяжелыя фашины длиною 3 саж., діаметромъ 0,35 саж., вмѣщающія около 0,1 куб. саж. камня каждая.

Въ Баваріи, въ особенности на р. Лехъ, употреблялись такъ называемыя *безконечныя* тяжелыя фашины или тяжелыя *кишки*, имѣющія произвольную длину, равную длинѣ возводимаго изъ нихъ сооруженія.

4) *Фашинные тюфяки*, — состоящіе изъ нѣсколькихъ рядовъ фашинъ, правильно настланныхъ между двумя взаимно связанными сѣтками изъ прутяныхъ канатовъ.

Фашинные тюфяки представляютъ собою или отдѣльныя платформы длиною не болѣе 10 саж. или такъ называемыя *безконечныя* ленты, имѣющія произвольную длину, равную длинѣ возводимаго сооруженія. Въ обоихъ случаяхъ ширина имъ дается не болѣе 5½ саж. Устраиваются фашинные тюфяки слѣдующимъ образомъ. На приготовленномъ мѣстѣ сначала вяжется, показанная на черт. 7а, табл. 43, сѣтка изъ прутяныхъ канатовъ положенныхъ въ разстояніи около 3 футъ ось отъ оси. Нижніе канаты кладутся параллельно длинѣ тюфяка, а верхніе перпендикулярно къ нимъ и оба ряда связываются въ пересѣченіяхъ двумя положенными на крестъ вицами. Ко всѣмъ наружнымъ узламъ сѣтки, а также къ внутреннимъ чрезъ одинъ или чрезъ два привязываются веревки такой длины, чтобы ими можно было связать послѣ укладки фашинъ нижнюю сѣтку съ верхней. Для того, чтобы веревки отъ внутреннихъ узловъ не были заложены фашинами, въ узлы эти временно забиваютъ кольца, къ вершинамъ которыхъ прикрѣпляютъ концы веревокъ. За симъ производится укладка фашинъ. Первый рядъ кладется поперекъ тюфяка перпендикулярно нижнему ряду канатовъ такимъ образомъ (черт. 7-б табл. 43), чтобы внизъ выходили метлы, а вверхъ комли фашинъ, чтобы фашины, перекрывая одна другую, на достаточную длину получили между собою надлежащую связь и чтобы крайнія фашины выступали комлями въ наружу за крайніе канаты на ¾ фута. Второй рядъ фашинъ кладется тѣмъ же порядкомъ перпендикулярно къ первому, но по возможности съ такою разверсткою фашинъ, чтобы масса двухъ рядовъ получила равномерную толщину. Третій рядъ кладется также, какъ первый, четвертый какъ второй и т. д. до послѣдняго ряда, который укладывается всегда перпендикулярно къ предшествовавшему ряду, но такимъ образомъ чтобы метлы фашинъ

приходились на верхъ и прикрывали комли. Поверхъ послѣдняго ряда фашины накладывается такая же сѣтка изъ прутьяныхъ канатовъ, какъ и сѣтка, служащая основаніемъ тюфяку, и соотвѣтственные узлы обѣихъ сѣтокъ стягиваются и прочно связываются между собою посредствомъ предназначенныхъ къ тому веревокъ; при чемъ кольца служившіе для поддержанія внутреннихъ веревокъ вынимаются. Фашинные тюфяки обыкновенно служатъ для покрытія рѣчного дна и подводныхъ частей откосовъ и для положенія на назначенное мѣсто должны быть загружаемы сверху тяжелою, трудно размываемою, землею или камнемъ. Чтобы грузочный матеріалъ могъ держаться на поверхности тюфяка, по наружнымъ линіямъ канатовъ верхней сѣтки, а иногда по двумъ крайнимъ и по внутреннимъ линіямъ канатовъ, чрезъ нѣсколько клѣтокъ одинъ отъ другаго, забиваются ряды кольевъ, имѣющихъ длину приблизительно на 1 футъ болѣе толщины тюфяка. Колья эти забиваются такъ, чтобы нижніе концы ихъ лишь вонзались въ нижнюю сѣтку, но не проходили насквозь. Верхніе концы кольевъ, возвышающіеся надъ поверхностью тюфяка, переплетаются плетнями изъ ивоваго хвороста, которые и служатъ огражденіемъ для грузочнаго матеріала. Количество потребнаго грузочнаго матеріала зависитъ отъ плавучести тюфяка и силы теченія; при обыкновенныхъ условіяхъ вѣсь его долженъ быть приблизительно на 25% болѣе подъемной силы тюфяка. Толщина фашинныхъ тюфяковъ зависитъ отъ глубины воды, высоты возводимаго изъ нихъ сооруженія и отъ степени ровности той поверхности, на которую тюфяки укладываются. Если поверхность, подлежащая покрытію, имѣетъ болѣе или менѣе значительныя неровности, то тюфяки должны обладать достаточною гибкостью и имѣть для сего малую толщину. Въ такихъ случаяхъ ихъ дѣлаютъ всего въ 2 ряда фашины и иногда употребляютъ фашины тоньше обыкновеннаго размѣра. Чѣмъ больше скорость теченія и чѣмъ больше площадь отдѣльнаго тюфяка, тѣмъ погруженіе его въ назначенное мѣсто затруднительнѣе; по этому предѣльныхъ размѣровъ отдѣльные тюфяки ($5\frac{1}{2} \times 10$ кв. саж.) могутъ быть съ удобствомъ примѣняемы лишь при небольшихъ скоростяхъ теченія во время работъ.

Главнѣйшія работы, производимыя изъ всѣхъ описанныхъ матеріаловъ съ цѣлью укрѣпленія береговъ и выправленія теченія рѣкъ, суть слѣдующія.

Разсадка кустарниковыхъ породъ въ надводныхъ частяхъ береговъ и на отмеляхъ, съ цѣлью защиты ихъ отъ размыва водою или съ цѣлью нарощенія ихъ наносами. Для разсадокъ употребляются преимущественно черенки (куски вѣтвей) мѣстныхъ породъ ивы и лозы. Лучшими для сего породами можно считать вербу, корзиночную иву и тальники. Для достиженія хорошихъ результатовъ разсадки должны производиться осенью изъ свѣжесрубленныхъ черенковъ. Черенки употребляются длиною отъ 2 до $3\frac{1}{2}$ футь и зарываются въ землю комлями (болѣе толстыми концами) на глубину отъ $1\frac{1}{4}$ до 3 футь. Глубина посадки черенковъ зависитъ отъ сухости почвы; чѣмъ почва суше, тѣмъ глубже должна быть посадка. Существуютъ двѣ системы разсадокъ: разсадка *рядами* и разсадка *гнѣздами*.

Разсадка рядами производится слѣдующимъ образомъ.

На поверхности, подлежащей обсаждѣ, назначаются кольями параллельныя линіи рядовъ въ разстояніи отъ 2 до $3\frac{1}{2}$ футь одна отъ другой, направленные наклонно къ теченію. По симъ линіямъ или прорываются потребной глубины канавки, въ которыя ставятся черенки въ разстояніи 1 фута одинъ отъ другого и засыпаются вынутою землею, или же пробиваются (посредствомъ деревянныхъ кольевъ или ломовъ) дыры потребной глубины на разстояніи 1 фута одна отъ другой и черенки сажаются въ пробитыя дыры. Первый способъ посадки черенковъ (въ канавки) примѣняется въ земляхъ тяжелыхъ, холодныхъ, требующихъ предварительнаго разрыхленія для произростанія черенковъ; второй (въ дыры)—примѣняется въ земляхъ рыхлыхъ, удобныхъ для проростанія.

Разсадка *гнѣздами* производится слѣдующимъ образомъ. Сначала назначаются параллельныя линіи гнѣздъ въ разстояніи отъ 2 до $3\frac{1}{2}$ футь одна отъ другой, направленные наклонно къ теченію. По симъ линіямъ вырываются круглыя ямы потребной глубины, по дну діаметромъ около 1 фута, въ разстояніи отъ 2 до $3\frac{1}{2}$ футь одна отъ другой; по окружности вырытыхъ ямъ устанавливаются черенки въ числѣ 6—8 штукъ въ каждой и засыпаются вынутою землею. Разсадка гнѣздами употребляется въ тѣхъ случаяхъ, когда для хорошаго проростанія черенковъ требуется предварительное разрыхленіе земли, но есть опасенія, что земля эта, будучи разрыхлена рядами, можетъ легко подвергнуться размыву.

Хворостяная выстилка — применяется для укрѣпленія поверхности земляныхъ и фашинныхъ сооружений и береговыхъ откосовъ въ тѣхъ случаяхъ, когда разсадка на откосахъ можетъ быть разрушена сильнымъ теченіемъ или ледоходомъ раньше, чѣмъ примется. Хворостяная выстилка бываетъ двухъ родовъ: *поперечная* и *продольная*.

Поперечная хворостяная выстилка называется еще *метловымъ* покрытіемъ и устраивается изъ свѣжесрубленнаго ивоваго или дозоваго хвороста, располагая его по поверхности сооружения перпендикулярно къ продольной оси или по поверхности береговаго откоса перпендикулярно къ направленію теченія. При укрѣпленіи береговыхъ откосовъ хворостъ разстилается, начиная съ верхней части откоса рядами, располагая хворостины комлями въ сторону воды и вершинами вверхъ по откосу, такъ что каждый ниже лежащій (по откосу) рядъ хвороста метлами своими закрываетъ комли вышележащаго ряда фута на 3 (черт. 8 табл. 43).

Передъ укладкою каждаго ряда хвороста на поверхности откоса дѣлается небольшое углубленіе для помѣщенія комлей хвороста, хворостъ за симъ разстилается въ каждомъ ряду слоемъ толщиной (смотря по потребности укрѣпленія) до 1 фута, прибавается къ откосу двумя или тремя рядами прутьяныхъ канатовъ и ивовыми кольями и въ комляхъ засыпается съ плотною утрамбовкою землею, полученною отъ выемки углубленія въ откосѣ. Прутьяные канаты располагаются параллельно теченію въ разстояніи отъ 2 до 3 футъ одинъ отъ другаго.

При укрѣпленіи поверхности сооружения метловое покрытіе устраивается на двѣ стороны, какъ показано на черт. 9 табл. 43. Мѣсто соединенія покрытій, направленныхъ въ противоположныя стороны, располагается ближе къ рѣчной сторонѣ сооружения, если сооруженіе идетъ параллельно берегу или ближе къ сторонѣ напора воды, если сооруженіе вдается въ рѣку отъ берега, и прикрывается сверху землянымъ валомъ. Прутьяные канаты, коими прибаваются ряды хвороста, располагаются параллельно оси сооружения въ разстояніи 2—3 футъ одинъ отъ другаго, смотря по длинѣ хвороста и ширинѣ сооружения.

Поперечная хворостяная выстилка или *метловое покрытіе*, если оно надлежащимъ образомъ исполнено и не срывается ледохо-

домъ или плавающими тѣлами, обыкновенно хорошо проростаеъ и даетъ очень прочную, не требующую никакого ремонта, защиту, въ особенности береговымъ откосамъ.

Въ *продольной выстилкѣ* хворостъ располагается: по поверхности сооруженія параллельно его оси, вершинами къ концу сооруженія, по берегу— параллельно теченію, вершинами въ сторону теченія и при томъ рядами такъ, чтобы комли одного ряда были прикрыты метлами другаго ряда. Настланный хворостъ прикрѣпляется къ покрываемому имъ мѣсту поперечными прутьяными канатами и ивовыми кольями. Канаты располагаются въ разстояніи 2—3 футъ одинъ отъ другаго. При укрѣпленіи береговыхъ откосовъ, для помѣщенія комлей каждаго ряда хвороста вырываются въ откосъ по линіи его склона соотвѣтственныя углубленія въ видѣ ровиковъ, земля изъ коихъ употребляется на засыпку комлей хвороста.

Иногда настланный хворостъ прикрѣпляютъ въ замѣнъ канатовъ плетнями высотой до 1 фута. Плетни эти въ такомъ случаѣ заплетаются изъ ивоваго хвороста по забытымъ ивовымъ кольямъ поперечными и продольными рядами, при чемъ на поверхности хворостяной выстилки образуются *плетневая корзина* или *ящички*, которыя и заполняются камнемъ.

Продольная хворостяная выстилка хотя иногда и обходится дешевле поперечной, но проростаеъ гораздо хуже ея, въ особенности на откосахъ: въ верхнихъ частяхъ откосовъ она обыкновенно засыхаетъ отъ недостатка влаги. Хворостяная выстилка подъ камнемъ также не проростаеъ и иногда сгниваетъ; проростаютъ только при благоприятныхъ грунтовыхъ условіяхъ плетни, если они сдѣланы изъ свѣжесрубленнаго хвороста. Каменное заполненіе между плетнями нерѣдко даетъ осадку и приходитъ въ разстройство, но легко ремонтируется добавкою камня. Хворостяная продольная выстилка съ корзинами, заполненными камнемъ, представляется иногда весьма удобною для защиты поверхности земляныхъ и фашинныхъ сооруженій, подверженныхъ переливу воды, въ особенности когда для большей устойчивости фашинныхъ сооруженій требуется возможно большая нагрузка ихъ верхнихъ слоевъ.

Хворостяная кладка въ стѣнку употребляется для укрѣпленія подошвъ насыпныхъ откосовъ и для укрѣпленія естественныхъ бере-

говыхъ откосовъ въ тѣхъ случаяхъ (черт. 10 табл. 43), когда въ районѣ *bc* встрѣчается или слабый, легко размываемый слой или слой плавучаго грунта и, вслѣдствіе вымывовъ или выплывовъ въ районѣ *bc*, берегъ обрушается по линіи *abc*, а также въ тѣхъ случаяхъ, когда въ берегѣ обнаруживается *сдвигъ* (сползание) по водоносному прослойку, находящемуся въ районѣ *bc*.

Кладка этого рода производится слѣдующимъ образомъ. Сначала соотвѣтственно выемкою готовится основаніе для кладки хвороста, нѣсколько наклонное въ сторону берега. Хворостъ ивовый, свѣжесрубленный укладывается слоями толщиной до 1 фута и при томъ комлями въ одну сторону, въ сторону берега, а вершинами въ наружу. Каждый слой хвороста прибивается посредствомъ кольевъ тремя прутьяными канатами въ разстояніи 2—3 футъ одинъ отъ другаго и засыпается сверху (предварительно положенія слѣдующаго ряда) слоемъ земли до 1 фута съ плотною утрамбовкою. Наклонъ основанія въ сторону берега дѣлается такой, чтобы поверхность самаго верхняго слоя хвороста, вслѣдствіе большей толщины слоевъ хвороста къ комлямъ, не получила наклона въ сторону рѣки. Земля для засыпки хвороста употребляется мѣстная, но по возможности легкая и такая, чтобы проростаніе въ ней хвороста было возможно.

Надежащимъ образомъ исполненная хворостная кладка въ стѣнку проростаеъ и даетъ откосамъ весьма прочное, не требующее ремонта, укрѣпленіе.

Погружаемая фашинная кладка употребляется для возведенія въ водѣ сооруженій, идущихъ въ какомъ либо направленіи отъ берега, вообще называемыхъ *дамбами*, и имѣющихъ поперечное сѣченіе или *a b c* показанные на черт. 11 таб. 43 или *a b c d* показанные на черт. 12 табл. 43.

Кладка эта производится слѣдующимъ образомъ. Сначала въ берегѣ дѣлается сверху до уровня горизонта воды, при коемъ производится работа, выемка показанная на черт. 1 табл. 44 для заложенія въ берегъ, такъ называемаго, *корня* сооруженія и въ концѣея забиваются показанные на чертежѣ кольца, служащіе для временнаго поддержанія перваго слоя укладываемыхъ фашинь. Первый, *основной*, слой фашинь укладывается соотвѣтственно назначенному направленію сооруженія, какъ показано на черт. 2 таб. 44, начиная комлями отъ берега и вершинами въ рѣку и при томъ рядами такъ, что каждый

послѣдующій рядъ прикрываетъ на $\frac{2}{3}$ длины предъидущій. Первому ряду въ комляхъ придается такая ширина, какую должно имѣть сооруженіе у урѣза воды, а послѣдующіе ряды постепенно уширяются впередъ вѣромъ съ такимъ расчетомъ, чтобы ширина ихъ, по погруженіи въ воду и на дно, соответствовали требуемымъ ширинамъ сооруженія въ подводныхъ частяхъ и по дну. Всѣ уложенные ряды связываются между собою и съ берегомъ, какъ показано на черт. 2, посредствомъ прутяныхъ канатовъ, прибываемыхъ къ фашинамъ кольями. Колья забиваются такой длины, что проходятъ насквозь всего слоя; длина слою придается такая, при коей онъ на плаву можетъ быть удержанъ на мѣстѣ и связанъ въ одно цѣлое и съ берегомъ прутяными канатами. За симъ поверхъ *основнаго* слоя настиляется второй, такъ называемый, *обратный* слой фашинъ рядами отъ рѣки къ берегу, какъ показано на черт. 3 таб. 44. Слой этотъ также связывается прутяными канатами, прибываемыми посредствомъ кольевъ, проходящихъ въ первый слой и по верхъ его насыпается такой слой загрузочнаго матеріала (земли по возможности тяжелой и неразмываемой), чтобы подъ давленіемъ его оба слоя фашинъ сѣли на дно, какъ показано на черт. 4 таб. 44. Дальнѣйшая кладка и погруженіе слоевъ фашинъ ведется такимъ же образомъ, принимая за основаніе прежде погруженные слой и сооруженіе получаетъ видъ, показанный на черт. 5 таб. 44; при чемъ въ концѣ сооруженія по послѣднимъ погружаемымъ слоямъ настиляется *прикрывающій* слой, въ томъ порядкѣ какъ настилаются *основные* слой, но такой длины, чтобы послѣ загрузки онъ разостлался по дну, какъ показано на чертежѣ; слой этотъ загружается обыкновенно камнемъ. Послѣ сего, возведенной кладкѣ дается время *осѣсть*, на что требуется иногда годъ, и послѣ осадки укладывается показанный на черт. 5 *вѣнчающій* слой. Слой этотъ выстилается или тѣмъ же порядкомъ какъ *обратные* слой или укладкою фашинъ поперекъ сооруженія (перпендикулярно или наклонно къ его продольной оси) комлями въ наружу; въ семь послѣднемъ случаѣ фашины прикрѣпляются канатами параллельно продольной оси сооруженія. Вѣнчающій слой покрывается сверху слоемъ земли съ плотною утрамбовкою и хворостяною выстилкою. Если сооруженіе должно возвышаться болѣе или менѣе значительно надъ рабочимъ горизонтомъ воды, то вмѣсто одного вѣнчающаго слоя укладывается потребное по расчету число поперечныхъ и продоль-

ныхъ слоевъ фашинъ или хвороста, съ прикрѣпленіемъ cadaго слоя, прутяными канатами, съ засыпкою землею съ плотною утрамбовкою. *Въначающій* слой и вообще верхніе надводные слои сооруженій такого рода, предназначаемые къ проростанію, должны быть исполняемы изъ ивоваго или лозоваго свѣже рубленнаго хвороста; нижніе же подводные слои могутъ быть исполняемы изъ хвороста всякой породы. Послѣ возведенія сооруженія, та выемка въ берегѣ, въ которой заложенъ корень сооруженія, обыкновенно засыпается землею съ плотною утрамбовкою и съ укрѣпленіемъ насыпнаго откоса или хворостяною выстилкою, или хворостяною кладкою въ стѣнку.

Фашиннымъ сооруженіямъ изъ погружаемой кладки—въ поперечномъ сѣченіи—обыкновенно придаются боковые откосы одиночнаго уклона, причеиъ уклонъ этотъ имѣютъ собственно метловыя поверхности откосовъ, твердое же ядро сооруженія ограничивается само собою откосами болѣе крутыми и крутизна этихъ откосовъ дѣлается тѣмъ больше, чѣмъ больше глубина, на которой сооруженіе укладывается, независимо отъ того уклона, который стараются придать метловымъ поверхностямъ его откосовъ.

По этому въ сооруженіяхъ изъ погружаемой фашинной кладки нѣтъ никакого основанія задаваться поверхностнымъ уклономъ боковыхъ откосовъ положе, одиночнаго и такъ какъ сооруженія этого рода могутъ получить достаточно плотные боковые откосы одиночнаго уклона при глубинѣ погруженія фашинной кладки не болѣе 5 футъ; то при большихъ глубинахъ подъ основанія ихъ слѣдуетъ укладывать фашинные тюфяки на такую высоту, чтобы глубина погруженія фашинной кладки не превосходила 5 футъ. Пологость боковыхъ откосовъ такимъ образомъ возводимыхъ сооруженій можетъ быть въ случаяхъ надобности увеличена присыпкою къ нимъ камня или тяжелыхъ фашинъ. Положеніе фашинныхъ тюфяковъ подъ основаніе фашинныхъ сооруженій въ слабыхъ руслахъ полезно еще въ томъ отношеніи, что предъотвращаетъ вредное углубленіе русла отъ размыва, вызываемаго погруженіемъ фашинной кладки.

Въ заключеніе необходимо замѣтить, что фашинное сооруженіе изъ погруженной кладки можетъ обладать достаточною устойчивостью въ водѣ лишь при извѣстной *вѣскости*, которая въ свою очередь въ должной мѣрѣ можетъ быть достигнута съ помощью загрузочнаго матеріала только при высотѣ тѣла сооруженія не менѣе 4 футъ.

Погруженіе тяжелыхъ фашинь производится обыкновенно по мѣрѣ ихъ изготовленія простымъ сбрасываніемъ въ назначенное мѣсто или съ берега по откосу, если онѣ должны служить для укрѣпленія подводной части береговаго откоса, или съ судовъ и зимою со льда, если онѣ предназначаются для укрѣпленія основаній и откосовъ возведенныхъ въ рѣкѣ сооруженій. Въ первомъ случаѣ козлы для вязки тяжелыхъ фашинь, показанные на черт. 5 таб. 43, устраивается у края берега (у бровки откоса), во второмъ они могутъ быть, смотря по обстоятельствамъ, устраиваемы или съ небольшимъ измѣненіемъ конструкціи на палубахъ приспособленныхъ къ тому судовъ или же на льду, или же на берегу; но въ семъ послѣднемъ случаѣ фашины связываемыя на берегу, очевидно, должны быть по изготовленіи спускаемы съ берега на палубы судовъ для доставки къ мѣсту назначенія. Безконечныя тяжелыя фашины всегда вяжутся у самаго мѣста погруженія; причемъ по изготовленіи извѣстной длины фашины, часть ея спускается въ назначенное мѣсто, а часть, оставшаяся въ козлахъ, удлиняется дальнѣйшею вязкою и такимъ образомъ постепенная укладка фашины идетъ непрерывно вслѣдъ за ея вязкою.

Укладка фашинныхъ тюфяковъ производится слѣдующимъ образомъ.

Зимою на рѣкахъ, покрытыхъ льдомъ, тюфяки изготовляются на льду у мѣста укладки. Для сего у сдѣланной надъ мѣстомъ укладки проруби во льду поверхность льда очищается и на ней укладываются или лежни, по коимъ можно было бы сдвинуть готовый тюфякъ въ прорубь или нормально къ длинѣ будущаго тюфяка катки изъ круглыхъ бревень, съ настилкою по нимъ продольныхъ досокъ, такъ, чтобы тюфякъ можно было скатить въ прорубь по долевоу оси. На приготовленныхъ лежняхъ или на досчатой настилкѣ по каткамъ тюфякъ потребныхъ размѣровъ вяжется, какъ описано выше, причемъ подъ нижнюю его сѣтку, приблизительно на разстояніи около $\frac{1}{5}$ длины тюфяка отъ концевъ его, подкладываются два поперечныхъ, такъ называемыхъ, *удержныхъ* каната, съ концами, выступающими изъ подъ тюфяка, достаточной длины. *Удержные* канаты, вмѣсто подведенія подъ тюфякъ, могутъ быть продѣты въ особыя хворостяныя петли, прикрѣпленныя къ бокамъ тюфяка.

По изготовленіи тюфяка рабочіе берутся за удержные канаты и посредствомъ ихъ стягиваютъ или скатываютъ тюфякъ въ прорубь,

удерживаютъ его на мѣстѣ на плаву во время загрузки и направляютъ его при погруженіи. Къ каткамъ и доскамъ, служащимъ для спуска тюфяка, заблаговременно привязываютъ веревки, съ помощью коихъ попавшіе въ воду катки и доски вытаскиваются. По мѣрѣ того какъ тюфякъ подъ тяжестью нагрузки начинаетъ производить большое давленіе на удержные канаты и подвергаться нѣкоторому изгибу, канаты постепенно отпускаются, тюфякъ тонетъ и загрузку его довершаютъ со спущенныхъ надъ нимъ лодокъ, причемъ удержные канаты изъ подъ него или изъ петель выдергиваются. Загрузка тюфяка должна производиться по возможности равномерно по всей его площади и съ нѣкоторымъ небольшимъ излишкомъ лишь съ верховой стороны по теченію, дабы верховая сторона его опускалась скорѣе и онъ не могъ быть опрокинутъ теченіемъ.

Весною, лѣтомъ и осенью, когда рѣка не покрыта льдомъ, тюфяки можно заготовлять или у мѣста ихъ погруженія на плотяхъ, или на берегу, или на плавучихъ платформахъ. При работѣ съ помощью плота, у мѣста укладки тюфяка, параллельно его длинѣ, съ обѣихъ сторонъ устанавливаютъ суда достаточныхъ размѣровъ, со всѣми потребными для работы матеріалами. Надъ мѣстомъ укладки тюфяка, между судами, устанавливается легко связанный однорядный плотъ изъ бревень; на этомъ плоту тюфякъ вяжется обыкновеннымъ способомъ, причемъ удержные канаты отъ него зачаливаются къ бортамъ судовъ. Когда тюфякъ готовъ, плотъ изъ подъ него выбирается и тюфякъ, какъ описано выше, укладывается на мѣсто съ помощью загрузки.

Для вязки тюфяковъ на берегу устраиваются наклонныя плоскости, какъ показано на черт. 6 таб. 44. Эта наклонная плоскость состоитъ изъ насланной на лежняхъ досчатой платформы, имѣющей уклонъ въ сторону рѣки около $\frac{1}{10}$ и размѣры въ ширину и длину, равные размѣрамъ тюфяковъ. На нее укладываются, временно удерживаемые на мѣстѣ забитыми въ землю кольями, катки изъ круглыхъ бревень и по нимъ настилаются продольныя доски.

На этомъ досчатомъ настилѣ вяжется обыкновеннымъ способомъ тюфякъ, снабжаемый кромѣ двухъ удержныхъ канатовъ, еще однимъ, такъ называемымъ причальнымъ канатомъ, который продѣвается въ тѣло тюфяка съ задняго его конца. Когда тюфякъ готовъ, концы удержныхъ канатовъ укладываются наверху его, а причальный ка-

нать натягивается и закрепляется за стоящую на берегу сзади тумбу. После сего колья, удерживающіе катки, вынимаются и постепеннымъ отпусканіемъ причального каната тюфякъ спускается на воду; упавшіе при этомъ въ воду катки и доски вытаскиваются, при помощи привязанныхъ къ нимъ заранѣе веревокъ. Спущенный на воду тюфякъ или освобождается отъ причального каната, устанавливается между приготовленными судами съ загрузочнымъ матеріаломъ и съ ними отводится на мѣсто укладки, какъ показано на черт. 7 табл. 44, или съ помощью причального каната отводится на мѣсто укладки и тамъ устанавливается между приготовленныхъ судовъ съ загрузочнымъ матеріаломъ, освобождается отъ причального каната и за симъ погружается.

Если мѣсто укладки тюфяковъ отдалено отъ удобныхъ мѣстъ для устройства наклонной плоскости на берегу или если укладка тюфяковъ производится въ разныхъ мѣстахъ; то, вмѣсто устройства наклонной плоскости на берегу, бываетъ выгодно устраивать плавучую наклонную плоскость на суднѣ, въ родѣ показанной на черт. 8 табл. 44. Этого рода наклоннымъ плоскостямъ придается такой уклонъ, чтобы тюфяки съ нихъ могли легко спускаться безъ помощи катковъ, а именно около $\frac{1}{5}$. Вязка на нихъ тюфяковъ производится по возможности у мѣста укладки.

Такия плавучія наклонныя плоскости примѣняются для вязки и укладки, такъ называемыхъ *ленточныхъ* тюфяковъ. Для сего судно съ такою наклонною плоскостью устанавливается на причалахъ у мѣста начала кладки. Тюфякъ сначала вяжется во всю длину плоскости, за симъ частью спускается на воду, продолжается вновь вязкою до конца плоскости и опять спускается. Когда спущенная часть тюфяка оказывается такой длины, что конецъ ея уже можно уложить на дно, то ее загружаютъ и укладываютъ на нѣкоторомъ протяженіи; послѣ сего наклонная плоскость при помощи причаловъ передвигается нѣсколько впередъ и новая часть тюфяка спускается на воду, тюфякъ вяжутъ дальше, спущенную-же часть продолжаютъ нагружать и укладываютъ на большемъ протяженіи; за симъ опять слѣдуетъ новое передвиженіе наклонной плоскости впередъ, новый спускъ части тюфяка и дальнѣйшая его укладка. Такимъ образомъ вязка, спускъ и укладка тюфяка идутъ непрерывно и по всей длинѣ сооруженія укладывается цѣльный тюфякъ въ видѣ сплошной ленты.

Каменная наброска употребляется для защиты от подмыва и укрѣпленія подводныхъ частей откосовъ сооружений и береговъ и для возведенія подводныхъ частей каменныхъ дамбъ. Работа эта, какъ показываетъ ея названіе, производится простымъ бросаніемъ камня въ назначенное мѣсто.

Для достиженія большей плотности и правильности въ наброскѣ, бросаемый камень иногда направляютъ къ мѣсту назначенія деревянными желобами и на небольшихъ глубинахъ (если камень не особенно крупенъ) разравниваютъ слоями при помощи багровъ и грабель. Употребляемый для набросокъ камень, какъ выше сказано, долженъ быть такой крупности, чтобы теченіе не могло его сносить. Наброска камня производится, смотря по обстоятельствамъ, или прямо съ берега или съ подмостей, или съ судовъ.

Каменная сухая кладка употребляется для возведенія надводныхъ частей каменныхъ дамбъ и невысокихъ подпорныхъ стѣнокъ въ откосахъ. Она производится изъ такъ называемаго бутоваго камня, слоями въ одинъ или два ряда, съ выравниваніемъ поверхности каждаго слоя подъ ватерпасъ, причемъ въ облицовку подбираются и плотно укладываются самые крупные и самые постелистые камни, а всѣ промежутки между камнями въ забуткѣ каждаго ряда плотно заполняются мелкимъ камнемъ, гравіемъ или щебнемъ.

Мощеніе камнемъ употребляется для защиты надводныхъ земляныхъ поверхностей сооружений и береговыхъ откосовъ отъ поврежденія прибылыми, атмосферными водами и ходьбою. Оно заключается въ плотной укладкѣ по защищаемой поверхности слоя камня на такомъ основаніи, въ которомъ онъ можетъ быть надлежащимъ образомъ установленъ и которое при томъ не поддается размыву водою, проникающею въ промежутки между камнями, и можетъ предохранить отъ сего размыва защищаемую поверхность. Этимъ требованіямъ въ рѣчныхъ сооруженияхъ и берегахъ наилучшимъ образомъ удовлетворяетъ основаніе мостовой изъ слоя крупнаго песку, гравія или щебня; причемъ слой этотъ долженъ имѣть толщину не менѣе наибольшаго измѣренія камня, употребляемаго на мостовую. Для прочности мостовой, камни должны врываться въ слой, служащій основаніемъ, *тычкомъ*, т. е. наибольшимъ измѣреніемъ нормально къ основанію (а не плашмя), подъ рейку, съ плотною пригонкою одинъ къ другому. По выстилкѣ на всю назначенную ширину, мостовая

должна быть плотно утрамбована съ забивкою мелкихъ промежутковъ между камнями щебнемъ (съ защебенкою).

При неширокой полосѣ мощенія и разнообразныхъ размѣрахъ камня, плотная пригонка камня достигается простымъ постепеннымъ подборомъ камней другъ къ другу; при большой ширинѣ мощенія и *равномъ* камнѣ, лучшіе результаты относительно прочности мостовой даетъ подборъ камней рядами, наклонными къ долевоѣ оси мощенія, причежь и утрамбовка камня должна производиться рядами; при мощеніи откосовъ и большихъ разностяхъ въ крупности камня, подборъ долженъ идти горизонтальными рядами съ расположеніемъ рядовъ въ порядкѣ убывающей крупности снизу вверхъ.

На песчаныхъ грунтахъ можно слать мостовую непосредственно безъ балластнаго слоя; но при этомъ нужно стремиться къ возможно плотному заполненію промежутковъ между камнями защебенкою, съ цѣлью предотвращенія вымыва чрезъ нихъ грунта, если онъ слабъ. Въ такихъ случаяхъ въ промежутки между камнями и частью подъ камни иногда закладываютъ *мохъ*; но это даетъ хорошіе результаты не надолго, потому что мохъ удерживаетъ въ себѣ много воды, при замерзаніи увеличивается въ объемѣ и выскакиваетъ изъ промежутковъ между камнями; въ томъ же случаѣ, когда онъ подосланъ подъ камни болѣе или менѣе значительнымъ слоемъ, отъ увеличенія его объема при промерзаніи происходитъ даже разстройство мостовой.

Иногда надводные земляные откосы требуютъ защиты лишь отъ разрушительнаго дѣйствія атмосферныхъ водъ. Въ такихъ случаяхъ ихъ можно укрѣплять засѣвкою травами и выстилкою дерномъ.

§ 8. Укрѣпленіе береговъ.

При улучшеніи судоходнаго состоянія рѣкъ всегда представляется необходимымъ укрѣплять ихъ берега въ большемъ или меньшемъ размѣрѣ: во 1-хъ, въ тѣхъ мѣстахъ, гдѣ при помощи возведенія въ рѣкѣ сооружений (выправительныхъ) желаютъ сосредоточить или отклонить рѣчное теченіе въ такомъ направленіи, при коемъ могутъ быть достигнуты благопріятные для судоходства результаты: потому что такого рода сооруженія могутъ оказать желаемое дѣйствіе лишь при достаточной устойчивости противулежащихъ имъ береговъ; во 2-хъ, въ тѣхъ мѣстахъ, гдѣ рѣка, подмывая свои берега, можетъ получить такіа измѣненія въ планѣ и продольной профили русла,

при коихъ явятся препятствія судоходству:—потому что укрѣпленіемъ подмываемыхъ береговъ можетъ быть предотвращено появленіе сихъ нежелаемыхъ припятствій и въ 3-хъ, въ тѣхъ мѣстахъ, гдѣ происходятъ значительныя обрушенія береговъ, производящія неудобныя для судоходства засоренія русла:—потому что укрѣпленіемъ береговъ могутъ быть предотвращены эти засоренія.

Укрѣпленіе береговъ еще требуется для причала судовъ и для огражденія прибрежной территоріи отъ разрушенія, но объ этихъ видахъ береговыхъ укрѣпленій мы уже говорили и остановимся здѣсь лишь на тѣхъ береговыхъ укрѣпленіяхъ, которыя примѣняются въ цѣляхъ улучшенія судоходнаго состоянія рѣкъ. Наибольшимъ разрушеніямъ подвергаются и чаще всего требуютъ укрѣпленія такіа части береговъ, къ которымъ устремляется рѣчное теченіе, т. е. вообще берега *вогнутыя*; а потому мы и будемъ имѣть въ виду этого рода берега при дальнѣйшемъ изложеніи.

При выборѣ системы укрѣпленія берега съ цѣлью улучшенія судоходнаго состоянія рѣчки вообще необходимо сообразоваться: съ грунтовыми условіями берега, съ характеромъ его поврежденій, съ имѣющимися мѣстными строительными матеріалами, съ конфигураціей берега въ планѣ и поперечной профили и съ тѣми ближайшими цѣлями, которымъ укрѣпленіе должно удовлетворять, а именно: должно ли оно противустоять дѣйствию выправительныхъ сооружений или же оно должно просто предохранить берегъ отъ дальнѣйшихъ разрушеній. Но вмѣстѣ съ симъ необходимо имѣть въ виду, что всякое укрѣпленіе берега должно удовлетворять одному общему условію: *на известную высоту отъ подошвы приводитъ берегъ къ правильному очертанію въ планѣ и поперечной профили.*

Правильное очертаніе берега въ поперечной профили достигается приданіемъ поверхности его укрѣпленія въ сей профили такихъ прямолинейныхъ уклоновъ, которые удобоисполнимы и обезпечиваютъ устойчивость укрѣпленія, при данныхъ грунтовыхъ условіяхъ берега. Очертаніе же берега въ планѣ можетъ считаться *правильнымъ* лишь такое, которое соотвѣтствуетъ природѣ рѣчнаго потока, согласуется съ очертаніями прилегающихъ къ нему частей берега съ верховой и съ низовой стороны по теченію и съ направленіемъ того теченія, которое желательно или устанавливается выправительными сооружениями, если они въ рѣкѣ возводятся.

Нѣтъ сомнѣнія, что всякое очертаніе береговаго укрѣпленія въ планѣ, неудовлетворяющее этимъ требованіямъ, не можетъ считаться правильнымъ; потому что рѣчной потокъ будетъ, очевидно, стремиться съ особою силою разрушить или видоизмѣнить всякое такое береговое укрѣпленіе, очертаніе котораго въ планѣ или не соотвѣтствуетъ его природѣ или не согласуется съ очертаніями прилегающихъ береговъ съ низовой и верховой стороны, или не согласуется съ направлениемъ теченія, вызываемаго выправительными сооружениями.

Вопросъ, какія очертанія береговъ въ планѣ соотвѣтствуютъ природѣ рѣчныхъ потоковъ, выясняется слѣдующимъ образомъ. Намъ извѣстно, что струи рѣчныхъ потоковъ имѣютъ стремленіе двигаться по вихревымъ линіямъ и что вслѣдствіе этого болѣе или менѣе сжатый рѣчной потокъ располагается въ планѣ по нѣкоторой волнообразной линіи, причемъ естественные берега его въ планѣ получаютъ очертаніе въ видѣ цѣпи обратныхъ кривыхъ. Если мы представимъ себѣ какой либо элементъ этого потока, двигающійся параллельно берегамъ, то должны будемъ допустить, что онъ находится подъ влияніемъ двухъ переменныхъ силъ: одной,—сообщающей ему переменное поступательное движеніе, другой—центробѣжной, измѣняющей свои величины и направленіе и заставляющей его уклоняться то вправо, то влѣво.

Въ силу общихъ законовъ механики и природы эта центробѣжная сила не можетъ измѣнять и не измѣняетъ своихъ величинъ и своихъ направленій въ обратныя скачки, внезапно; а слѣдовательно, какъ въ линіи движенія потока, такъ и въ линіяхъ очертанія береговъ въ планѣ не можетъ быть внезапныхъ переходовъ отъ одной кривизны къ другой обратной, по направленію, и отъ одной къ другой кривизнѣ по величинѣ, другими словами: какъ въ линіи движенія потока, такъ и въ очертаніяхъ береговъ его въ планѣ кривыя обратныя не могутъ соприкасаться *непосредственно* и должны сопрягаться *прямыми* касательными линіями и кромѣ того кривыя эти не могутъ быть кривыми 2-го порядка, а должны быть такими кривыми, у коихъ радиусы кривизны измѣняются отъ безконечности до нѣкоторыхъ опредѣленныхъ величинъ постепенно, какъ напр. у синусоидъ и параболъ 3-ей степени. Въ точности свойства кривыхъ въ естественныхъ очертаніяхъ рѣчныхъ береговъ въ планѣ не изслѣдованы; но, при гра-

фической повѣркъ по планамъ рѣкъ, оказывается, что обратныя кривыя въ очертаніяхъ рѣчныхъ береговъ всегда сопрягаются *прямыми* касательными разной длины и весьма близко подходят какъ къ *синусоидамъ*, такъ и къ параболамъ 3-ей степени, а именно къ упругимъ *линіямъ*, т. е. къ кривымъ изгиба однородныхъ и однообразнаго поперечнаго сѣченія упругихъ пластинокъ, свободно положенныхъ на двѣ опоры и изогнутыхъ подѣ вліаніемъ гдѣ либо приложеннаго въ пролетѣ сосредоточеннаго груза.

При этомъ замѣчается также, что точки *наибольшей* кривизны этихъ кривыхъ большею частью располагаются не въ срединахъ длины кривыхъ, а нѣсколько впереди ихъ по теченію, т. е. что усиліе, изгибающее упругую пластинку или линейку по очертанію берега, въ большинствѣ случаевъ должно быть прилагаемо не по срединѣ пролета линейки между опорами, а нѣсколько ближе къ передней по теченію опорѣ.

На черт. 9 таб. 44 показано очертаніе естественнаго рѣчнаго берега въ планѣ линією *a, b, c, d, e, f, g, h, i*. Линія эта имѣетъ наибольшія кривизны въ точкахъ *b, e* и *h* и состоитъ изъ обратныхъ кривыхъ, сопряженныхъ *прямыми* касательными *cd* и *fg*. Кривыя очерчиваются: *abc*—по упругой линейкѣ изъ стали или китоваго уса, положенной на опоры *a* и *c* и изогнутой нѣкоторымъ усиліемъ, приложеннымъ въ точкѣ *b* или, другими словами, по упругой линейкѣ, изогнутой между тремя опорами *a, b* и *c*; *dfe*—по упругой линейкѣ, изогнутой между тремя опорами *d, e* и *f*; *ghi*—по упругой линейкѣ, изогнутой между тремя опорами *g, h* и *i*. Гагенъ въ сочиненіи *Handbuch der Wasserbaukunst* предлагаетъ очерчивать кривыя береговъ (*abc, def* и *ghi*) по синусоидамъ; но вмѣстѣ съ тѣмъ указываетъ на то, что при выправительныхъ работахъ прусской части р. Рейна съ давнихъ временъ практикуется очертаніе береговыхъ кривыхъ по изгибу упругихъ линеекъ изъ китоваго уса. Этотъ способъ очертанія береговыхъ кривыхъ хотя по мнѣнію Гагена и менѣе точенъ чѣмъ очертаніе по синусоидамъ, но чрезвычайно простъ и удобенъ.

Изъ изложеннаго можно сдѣлать слѣдующіе выводы относительно очертаній береговыхъ укрѣпленій въ планѣ.

Если берегъ подмывается болѣе или менѣе равномерно и въ планѣ имѣетъ правильныя, плавныя, криволинейныя очертанія, то для пре-

дохраненія только отъ дальнѣйшаго размыва онъ, очевидно, долженъ быть укрѣпленъ по существующимъ очертаніямъ въ планѣ. Если же, какъ показано на черт. 1 таб. 45, берегъ, имѣвшій очертаніе въ планѣ по нѣкоторой плавной кривой abc , вслѣдствіе подмывовъ и обрушеній переходитъ постепенно къ другому, не удобному для судоходства очертанію, и въ данный моментъ имѣеть очертаніе по am , то береговому укрѣпленію въ планѣ слѣдуетъ придать очертаніе по упругой линейкѣ, изогнутой по abc , т. е. между опорами a, b и c .

Если берегъ въ планѣ имѣеть показанное на черт. 2 таб. 45 очертаніе, состоящее изъ прямыхъ ab и df и касательной къ нимъ кривой bcd , причемъ соответствующее сему очертанію теченіе представляется неудобнымъ для судоходства по крутизнѣ поворота и для достиженія необходимыхъ удобствъ для судоходства требуется придать берегу болѣе пологое очертаніе; то береговое сооруженіе должно быть возведено по нѣкоторой кривой bcd , очерчиваемой по упругой линейкѣ, изогнутой между тремя опорами b, c и d , избираемыми такимъ образомъ, чтобы концы линейки за опорами совпадали съ линиями ab и df и чтобы кривая bcd была параллельна тому направленію теченія, которое желательно или должно быть установлено съ помощью выправительныхъ сооружений у противулежащаго берега. При такихъ условіяхъ потребное направленіе береговаго сооруженія на проектномъ планѣ можетъ быть предварительно назначено отъ руки на глазъ и затѣмъ окончательно исправлено и вычерчено по изгибу линейки. Сооруженія этого рода, не только защищающіе берегъ отъ подмыва, но главнымъ образомъ измѣняющіе направленіе теченія, представляются уже сооружениями не берего-укрѣпительными, а выправительными и мы рассмотримъ ихъ подробнѣе въ числѣ сооруженийъ *выправительныхъ*.

Возвращаясь же къ сооружениямъ, имѣющимъ цѣль укрѣпленіе берега, мы видимъ, что очертаніе ихъ въ планѣ должно совпадать или съ существующимъ правильнымъ очертаніемъ берега, или съ правильнымъ очертаніемъ берега ближайшимъ къ существующему черт. 1 таб. 45 и что по сему выправительныя сооружения у противоположнаго берега, если они возводятся, должны быть такъ расположены, чтобы создаваемое ими направленіе теченія было параллельно очертанію устраиваемаго береговаго укрѣпленія.

Высота устраиваемаго береговаго укрѣпленія опредѣляется по слѣдующимъ соображеніямъ.

Откосъ вогнутого рѣчнаго берега (черт. 3 таб. 45) вообще представляется въ слѣдующихъ условіяхъ. Нижняя часть его до горизонта *низкихъ меженныхъ* водъ постоянно находится подъ водою и постоянно подвергается болѣе или менѣе значительному размывающему дѣйствию потока. Часть же его отъ горизонта *низкихъ меженныхъ* до горизонта *высокихъ водъ* подвергается періодически размывающему дѣйствию потока, разрушительному дѣйствию ледохода, атмосферныхъ водъ, періодическаго высыханія и смачиванія, мороза и иногда отаптыванію животными и людьми. Выше горизонта *высокихъ водъ* берегъ подвергается лишь разрушительнымъ вліяніямъ атмосферныхъ водъ, мороза и иногда отаптыванію людьми и животными.

Травяная и кустарная растительность, при благопріятныхъ грунтовыхъ условіяхъ, развивается на верхнихъ частяхъ рѣчныхъ береговъ, начиная съ того горизонта, у котораго она не подвергается слишкомъ частымъ вреднымъ смачиваніямъ отъ поднимающейся воды потока; горизонтъ этотъ, называемый *горизонтомъ растительности*, располагается обыкновенно нѣсколько выше горизонта *нормальныхъ меженныхъ* водъ. Растительность, хорошо развившаяся на рѣчномъ берегу, прекрасно защищаетъ его части, ею покрытыя, не только отъ атмосферныхъ, но и отъ всѣхъ прочихъ разрушительныхъ вѣшнихъ вліяній.

Тѣмъ не менѣе, покрыть ли берегъ растительностью въ верхнихъ частяхъ, или нѣтъ, наибольшее разрушительное дѣйствіе вѣшнихъ вліяній проявляется въ нижнихъ частяхъ его и именно до горизонта *нормальныхъ меженныхъ* водъ. Такъ какъ отъ устойчивости нижнихъ частей берега зависитъ устойчивость его верхнихъ частей и такъ какъ требованіе улучшенія судоходныхъ условій всегда относится лишь къ меженнему состоянію рѣки; то, съ цѣлью улучшенія судоходныхъ условій, берега укрѣпляются обыкновенно лишь въ нижнихъ частяхъ до нѣкотораго горизонта, нѣсколько выше горизонта *нормальной межи*, не ниже горизонта растительности и вообще не ниже того горизонта, до котораго возвышаются выправительныя сооруженія, если они возводятся. Верхнія части береговъ при этомъ укрѣпляются лишь въ исключительныхъ случаяхъ, а именно, когда они, не будучи защищены растительностью, подъ вліяніемъ особыхъ грунтовыхъ условій подвергаются такимъ значительнымъ обрушеніямъ, которыя или сильно засоряютъ рѣку, или уменьшаютъ цѣнную береговую тер-

риторію, или могутъ быть причиною уничтоженія бичевника, прорыва высокихъ водъ въ сторону и т. д.

Очертаніе береговаго укрѣпленія въ поперечной профили и его конструкція избираются въ зависимости отъ очертаній берега и мѣстныхъ матеріаловъ слѣдующимъ образомъ.

Если берегъ имѣетъ въ планѣ правильное очертаніе и въ поперечной профили пологій откосъ, то онъ можетъ быть укрѣпленъ до горизонта низкихъ водъ фашинными тюфяками, какъ показано на черт. 4 таб. 45, и выше сего горизонта каменною мостовою до горизонта растительности или до верху. При тѣхъ же обстоятельствахъ берегъ можетъ быть укрѣпленъ, какъ показано на черт. 5 таб. 45, изображающимъ береговое укрѣпленіе на р. Рейнѣ, а именно: до горизонта низкихъ водъ отсыпью изъ тяжелыхъ фашинь и выше сего горизонта каменною мостовою до горизонта растительности или до верху.

Если берегъ имѣетъ крутой, подмытый у подошвы, откосъ; то онъ можетъ быть укрѣпленъ слѣдующимъ способомъ.

При преобладаніи на мѣстѣ фашинныхъ матеріаловъ—фашинною погружаемою кладкою, какъ показано на черт. 6 таб. 45, изображающемъ укрѣпленіе русскаго берега р. Вислы въ пограничной съ Австріею части. Такія укрѣпленія называются береговыми опоясками и устраиваются шириною по верху въ 2 саж. съ одиночными откосами. Они возводятся, какъ показано въ планѣ на черт. 7 таб. 45, начиная съ верховаго корня *Aa*, внизъ по теченію и заканчиваются закладываемымъ въ берегъ корнемъ *Bb*. При большой длинѣ, фашинныя опояски связываются съ берегомъ еще промежуточными корнями, располагаемыми сажень черезъ сто одинъ отъ другого. При неправильномъ очертаніи берега въ планѣ опояска мѣстами отступаетъ отъ берега и обращается въ отдѣльно стоящую дамбу (черт. 9 таб. 45); при чемъ промежутокъ между этою дамбою и берегомъ можетъ быть заполненъ землею спущенною съ верхнихъ частей береговаго откоса и поверхность насыпи можетъ быть укрѣплена хворостянымъ покрываломъ и разсадкою. Если динамическая ось потока расположена весьма близко къ укрѣпляемому берегу и подошва опояски можетъ подвергаться подмыву, то откосъ ея укрѣпляютъ и дѣлаютъ болѣе пологимъ посредствомъ каменной отсыпи, какъ показано черт. 8 таб. 45.

Фашинныя береговя опояски и дамбы обыкновенно возводятся въ высоту до горизонта растительности, съ тою цѣлью, чтобы верхъ ихъ проросталъ; этимъ достигается большая прочность сооружений. На черт. 1 табл. 46 показана береговая фашинная опояска на р. Мемелѣ при глубинѣ низкой межени въ 4 метра, съ фашинными тюфяками въ основаніи, съ откосомъ укрѣпленнымъ каменною отсыпью, съ хворостяннымъ покрываломъ по верху и съ укрѣпленіемъ берега разсадкою.

На черт. 2 табл. 46 показана береговая фашинная опояска также на р. Мемелѣ, но при меньшей глубинѣ, съ укрѣпленіемъ откоса каменною отсыпью и выше горизонта низкой межени каменною мостовою въ плетняхъ и съ укрѣпленіемъ поверхности частью мостовою въ плетняхъ, частью хворостянымъ покрываломъ. На черт. 3 табл. 46 показана береговая фашинная опояска на р. Вислѣ въ Пруссіи, съ фашинными тюфяками въ основаніи, съ укрѣпленіемъ откоса выше горизонта низкой межени и части верха каменною мостовою въ плетняхъ и съ укрѣпленіемъ остальной поверхности хворостянымъ покрываломъ.

Откосы выше горизонта *низкой межени* и прилегающія къ нимъ части поверхностей фашинныхъ опоясокъ укрѣпляются каменною мостовою въ плетняхъ въ тѣхъ случаяхъ, когда хворость отъ постоянныхъ поврежденій теченіемъ и ледоходомъ не можетъ проростать.

При преобладаніи на мѣстѣ работъ каменныхъ матеріаловъ береговя укрѣпленія могутъ быть устраиваемы изъ каменной наброски, какъ показано на черт. 4 табл. 46, изображающемъ береговую опояску на р. Рейнѣ.

Если берегъ въ планѣ имѣетъ неправильныя очертанія и каменная опояска должна выступать далеко въ рѣку, то она можетъ быть исполнена съ засыпкою за каменную наброску или за наброску изъ тяжелыхъ фашинъ болѣе дешеваго каменнаго матеріала, гравія или хряща, какъ показано черт. 5 и черт. 6 табл. 46, изображающихъ опояски на р. Рейнѣ.

Если динамическая ось потока очень близко подходитъ къ берегу и желательно ее отдалить во избѣжаніе подмыва береговаго укрѣпленія и для доставленія большихъ удобствъ для судохоства, то откосу каменной опояски должна быть придана большая пологость.

На черт. 7 табл. 46 показана соответствующая сему случаю каменная береговая опояска на р. Висль въ Пруссіи съ уклономъ откоса въ $\frac{1}{4}$. При этомъ однако же необходимо замѣтить, что желаемое отдаленіе динамической оси потока отъ берега можетъ быть достигнуто съ меньшими издержками посредствомъ устройства берегового укрѣпленія изъ такъ называемыхъ *донныхъ полузапрудъ*, о которыхъ рѣчь будетъ впереди.

§ 9. Выправительныя сооруженія.

Выправленіе рѣчного теченія, т. е. приведеніе его къ желаемому состоянію, можетъ быть достигаемо:

1) путемъ соответственнаго отклоненія его въ желаемомъ направленіи;

2) путемъ стѣсненія русла и приведенія потока въ сжатое состояніе;

3) путемъ загражденія потока въ соответственной части

и наконецъ всѣми этими путями въ совокупности.

Это дѣлается яснымъ изъ нижеслѣдующаго.

Представимъ себѣ (черт. 1 табл. 47) рѣчной потокъ и возведенную въ немъ отъ берега нѣкоторую дамбу AB , составляющую съ направлениемъ теченія уголъ α .

Скорость любой струи этого потока v , при встрѣчѣ дамбы, очевидно, разложится по двумъ направленіямъ: по длинѣ дамбы и по нормали къ ней; при чемъ составляющая скорости по нормали $v \sin \alpha$ уничтожится сопротивленіемъ дамбы и струя получитъ движеніе вдоль дамбы со скоростью $v \cos \alpha$. Изъ сего слѣдуетъ: во 1-хъ, что дамба AB частью отклоняетъ теченіе въ направленіи отъ A къ B , частью препятствуетъ ему и заставляетъ потокъ принять вмѣсто живаго сѣченія AA' , живое сѣченіе BB' , т. е. сжаться; во 2-хъ, что струенаправляющее дѣйствіе дамбы AB , пропорціональное $v \cos \alpha$, тѣмъ больше, чѣмъ уголъ α , составляемый ею съ направлениемъ теченія, меньше, и въ 3-хъ, что *водостѣпнительное* или *водосжимающее* дѣйствіе дамбы AB тѣмъ больше, чѣмъ уголъ α , составляемый ею съ направлениемъ теченія, больше.

Если потокъ встрѣчаетъ въ своемъ руслѣ какія либо особенности или засоренія, препятствующія правильному его движенію и вызывающія расположеніе его динамической оси, а слѣдовательно и

линіи наибольшихъ глубинъ въ планѣ (черт. 2 табл. 47), напримѣръ по нѣкоторой кривой *abcdoe*, съ раздѣленіемъ между точками *c* и *d*, на два рукава, причемъ такое расположеніе линіи наибольшихъ глубинъ и динамической оси представляется неудобнымъ для судоходства; то на основаніи выгезложеннаго, на ряду съ соотвѣтственною расчисткою русла, теченіе потока можетъ быть *выправлено* посредствомъ устройства дамбы *CD*.

Всѣ струи потока, расположенныя по теченію вправо отъ этой дамбы и стремившіяся уклониться влѣво, очевидно, получаютъ подъ дѣйствіемъ дамбы движеніе ей параллельное и динамическая ось потока, при соотвѣтственной расчисткѣ русла получить *правильное* очертаніе по нѣкоторой кривой *a, b, g, d, k, e*, параллельной той кривой *ACDE* въ направленіи коей дамба устроена. Кривая *ACDE* называется *выправительною* линіею (трассою) и должна имѣть очертаніе или совпадающее съ *правильнымъ* очертаніемъ идеальнаго берега, или совершенно параллельное тому *правильному* очертанію, которое легче всего можетъ принять динамическая ось потока. Для начертанія исправительной линіи соотвѣтственно направленію идеальнаго берега, само собою разумѣется, должно быть примѣнено все то, что было уже говорено о правильномъ очертаніи береговыхъ линій въ планѣ. Что же касается того *правильнаго* очертанія, которое на извѣстномъ участкѣ легче всего можетъ принять динамическая ось потока; то оно, очевидно, должно быть назначаемо, какъ и направленіе береговыхъ линій, по изгибамъ упругой линейки, возможно ближе подходящимъ къ существующему направленію динамической оси въ срединѣ участка и съ совершеннымъ совпаденіемъ съ нимъ въ концахъ.

Отдѣльно стоящая отъ берега, параллельная общему направленію теченія, дамба *CD* почти не оказываетъ на потокъ никакого другаго дѣйствія кромѣ *струенаправляющаго* и потому называется *струенаправляющею* дамбою. Если кромѣ исправленія теченія требовалось бы стѣснить потокъ съ цѣлью предотвращенія пониженія горизонта воды его отъ расчистки русла при твердомъ грунтѣ, или съ цѣлью вызвать углубленіе русла размывомъ (при слабомъ грунтѣ); то дамбу *CD* можно было бы продолжить въ направленіи *CF* до берега и тогда дамба *FCD* оказывала бы двойное дѣйствіе: *струенаправляющее* и *водостѣснительное*. Подобныя дамбы, употребляемыя при вы-

правленіи рѣкъ, называются *продольными дамбами* и во главѣ ихъ, съ верховой стороны, для лучшаго направленія потока въ ограниченное ими русло, обыкновенно устраиваются въ направленіи общей *выправительной* линіи струенаправляющія дамбы *AB*.

Если одинъ изъ береговъ *AB* (черт. 3 табл. 47) и динамическая ось потока имѣютъ болѣе или менѣе правильныя, приблизительно параллельныя другъ другу очертанія, и требуется произвести лишь стѣсненіе потока для достиженія углубленія его русла размывомъ при слабомъ грунтѣ или для предотвращенія пониженія горизонта воды отъ потребной расчистки (при твердомъ грунтѣ); то берегъ *AB* по намѣченному правильному очертанію можетъ быть укрѣпленъ (въ случаѣ надобности) опояскою, а у противоположнаго берега по *выправительной линіи abc* параллельной линіи *ADFB*, можетъ быть возведена потребная для сжатія потока продольная дамба съ направляющею дамбою во главѣ.

Опытъ показалъ, что въ подобныхъ случаяхъ продольная дамба можетъ быть замѣнена системою параллельныхъ поперечныхъ дамбъ (черт. 4 табл. 47), расположенныхъ въ извѣстномъ разстояніи другъ отъ друга и идущихъ отъ берега, въ направленіи нормальномъ или нѣсколько наклонномъ къ нему, до назначенной *выправительной линіи abcd*. Такія поперечныя дамбы, употребляемыя при выправленіи рѣкъ, называются *поперечными полузапрудами* или *бунами*.

Если вогнутый берегъ (черт. 5 табл. 47) и динамическая ось потока, къ нему подходящая, дѣлаютъ слишкомъ крутой, неудобный для судоходства, поворотъ и кромѣ устраненія этого неудобства требуется еще сжать потокъ; то у вогнутаго берега въ направленіи назначенной *выправительной линіи*, желаемой кривизны, *ADC* можетъ быть возведена необходимая для выправленія теченія система продольныхъ дамбъ, а у противоположнаго берега можетъ быть возведена по *выправительной линіи abcd*, параллельной линіи *ADC*, необходимая для сжатія потока система *поперечныхъ полузапрудъ*.

Если потокъ не имѣетъ сильнаго стремленія ни къ одному изъ береговъ и динамическая ось его близка къ нѣкоторому правильному направленію *KL* (черт. 6 табл. 47) или можетъ легко установиться въ этомъ направленіи, при чемъ для улучшенія судоходныхъ условій требуется *сжать* потокъ; то это можетъ быть достигнуто посредствомъ возведенія по назначеннымъ у обоихъ береговъ *выправительнымъ ли-*

ніямъ $ABCDE$ и $abcdef$, параллельнымъ линіи KL , системъ полузапрудъ съ укрѣпленіемъ соотвѣтственныхъ частей береговъ (въ AB , DE и cd) опоясками.

Если потокъ раздѣлился на два рукава (черт. 1 табл. 48) и вслѣдствіе того представляются неудобства для судоходства, то теченіе по одному изъ рукавовъ можетъ быть преграждено посредствомъ устройства въ немъ отъ одного берега до другаго дамбы $a b$; дамба эта называется запрудой. Для лучшаго направленія всего потока въ одинъ рукавъ въ такомъ случаѣ обыкновенно устраивается еще *направляющая дамба* cd .

Струенанправляющія дамбы, продольныя выправительныя дамбы и *запруды* устраиваются или изъ фашинь или изъ камня, трапецидальнаго поперечнаго сѣченія (черт. 12 табл. 43), съ горизонтальными гребнями въ продольной профили.

Поперечныя полузапруды или *буны* устраиваются изъ тѣхъ же матеріаловъ, съ поперечными сѣченіями того же рода, но съ гребнями въ продольной профили (ab) нѣсколько наклонными отъ берега (черт. 2 табл. 48) къ срединѣ рѣки и заканчиваются пологими откосами (bc). Система полузапрудъ всегда устраивается такъ, что откосы головъ всѣхъ полузапрудъ (bc) имѣютъ одинаковые уклоны, что всѣ точки (d) пересѣченія проектнаго горизонта воды съ откосами головъ находятся на заданной выправительной линіи, что вершины головъ (b) всѣхъ полузапрудъ имѣютъ одинаковое возвышеніе надъ проектнымъ горизонтомъ воды и что гребни всѣхъ полузапрудъ (ba) подымаются одинаковыми уклонами отъ вершинъ головъ къ берегу.

Кромѣ этаго рода полузапрудъ, съ цѣлью отдаленія динамической оси потока отъ берега или отъ продольной дамбы, употребляются полузапруды съ гребнями (черт. 3 табл. 48) спускающимися пологимъ уклономъ отъ берега или сооруженія прямо ко дну рѣки. Полузапруды этого рода называются *погруженными* или *донными* полузапрудями. Они устраиваются, какъ и поперечныя полузапруды, въ видѣ системы параллельныхъ другъ другу (черт. 4 табл. 48) дамбъ трапецидальнаго сѣченія, но лишь изъ матеріаловъ тяжелыхъ, какъ-то: камня, тяжелыхъ фашинь и фашинныхъ тюфяковъ и при томъ такъ, чтобы всѣ точки (d) пересѣченія проектнаго горизонта съ ихъ гребнями находились на заданной выправительной линіи и чтобы уклоны ихъ гребней (ab) были одинаковы.

Дѣйствіе донныхъ полузапрудъ заключается въ слѣдующемъ.

Динамическая ось потока всегда, как известно, стремится приблизиться къ вогнутому берегу и приближается по мѣрѣ углубленія у него рѣчнаго дна. Система донныхъ полузапрудъ, заграждая происшедшее углубленіе рѣчнаго дна, вызываетъ обратное движеніе динамической оси потока, т. е. перемѣщеніе ея отъ берега къ среднѣ русла. Если донные полузапруды поставлены на надлежащемъ, не слишкомъ большомъ разстояніи другъ отъ друга, то при правильномъ (мало уклоняющемся отъ назначенной выправительной линіи) направленіи динамической оси потока, не только достигается желаемое перемѣщеніе ея, но и занесеніе промежутковъ между полузапрудами наносами, т. е. образованіе берега по очертанію гребней полузапрудъ. Потребное разстояніе между полузапрудами опредѣляется путемъ непосредственнаго опыта. Если же динамическая ось потока устремляется къ берегу или къ сооруженію подь острымъ угломъ, то система донныхъ полузапрудъ можетъ и не дать полныхъ результатовъ, потому что теченіе можетъ подмывать берегъ или основаніе сооруженія между полузапрудами. Въ такомъ случаѣ въ соответственныхъ мѣстахъ донные полузапруды должны быть замѣнены сплошнымъ пологимъ откосомъ въ видѣ отсыпи изъ булыжнаго камня или тяжелыхъ фашинь.

Если въ силу естественныхъ условій или подь вліяніемъ искусственныхъ мѣръ происходитъ такое большое углубленіе рѣчнаго дна отъ подмыва, которое имѣетъ неблагопріятныя послѣдствія для судоходства или въ видѣ мѣстнаго значительнаго увеличенія поверхностнаго уклона потока, или въ видѣ уменьшенія глубины его въ вышележащихъ по теченію частяхъ; то это углубленіе дна можетъ быть прекращено устройствомъ изъ камня, фашинныхъ тюфяковъ или тяжелыхъ фашинь, поперечныхъ подводныхъ дамбъ *ав* (черт. 5 табл. 48), называемыхъ *порогами* или *донными запрудами*. Пороги устраиваются въ видѣ системы параллельныхъ сооруженій въ извѣстномъ разстояніи одинъ отъ другаго или, какъ показано въ планѣ на черт. 6 табл. 48, нормально къ теченію, или, какъ показано въ планѣ на черт. 7 табл. 48, наклонно къ теченію. Потребное разстояніе между порогами также, какъ и между донными полузапрудами, опредѣляется путемъ опыта.

Устройствомъ пороговъ въ надлежащемъ разстояніи одинъ отъ другаго и на надлежащую высоту можно не только предотвратить неудобный размывъ дна, но и достигнуть какъ нарощенія его нано-

сами въ промежуткахъ между порогами до уровня ихъ гребней, такъ и нѣкотораго измѣненія поверхностнаго уклона потока.

Чтобы выяснитъ подробнѣе нѣкоторыя правила устройства выправительныхъ сооружений необходимо разсмотрѣть ближе дѣйствіе ихъ на потокъ и дѣйствіе потока на нихъ. Для сего представимъ себѣ сначала потокъ, изображаемый въ планѣ на черт. 8—а табл. 48 и въ профилахъ, съ глубинами въ увеличенномъ масштабѣ, на черт. 8—б и 8—в табл. 48. Предположимъ:

1) Что ширина потока L сравнительно съ глубинами его очень велика,

2) Что дно потока твердое неразмываемое и имѣетъ однообразный небольшой уклонъ

$$i = \sin \alpha = \operatorname{tg} \alpha$$

и 3) Что потокъ имѣетъ по всему протяженію однообразное живое сѣченіе, показанное на черт. 8—в, и равномерное движеніе, на ширинѣ l_1 (черт. 8—в) среднюю глубину h_1 и расходъ воды Q_1 , на ширинѣ l_2 —среднюю глубину h_2 и расходъ воды Q_2 и на всей ширинѣ L расходъ воды

$$Q = Q_1 + Q_2.$$

Если въ руслѣ этого потока будетъ возведена *продольная дамба* AbB весьма большой длины, заставляющая весь расходъ воды Q пройти по той ширинѣ потока l_1 , по коей прежде проходилъ расходъ воды Q_1 , то въ сѣщенной части потока горизонтъ воды подымется и поверхностный уклонъ его приметъ видъ составной линіи $M c d e f g N$ вмѣсто прежде бывшей прямой MN , параллельной дну. Въ сѣченіи потока AC у начала дамбы, въ мѣстѣ внезапнаго сѣсненія потока, образуется *подпоръ*, изображаемый примѣрно кривою Mcd (черт. 8—б); отъ точки d до точки e на нѣкоторомъ протяженіи установится равномерное движеніе и поверхность потока приметъ уклонъ изображаемый прямою, параллельною дну; отъ точки e до точки g произойдетъ постепенный переходъ поднятаго горизонта потока къ нормальному, изображаемый примѣрно кривою efg , причемъ въ точкѣ f у конца дамбы, въ мѣстѣ внезапнаго перехода потока отъ сжатого состоянія къ нормальному, образуется *перепадъ* или пониженіе горизонта (депрессія).

Если мы, въ дополненіе къ предыдущимъ обозначеніямъ, обозна-

чимъ (черт. 8—б): подпоръ у головы дамбы чрезъ— z , среднюю глубину стѣсненнаго дамбой потока въ предѣлахъ равномернаго движенія—чрезъ H , подпоръ въ тѣхъ же предѣлахъ чрезъ $z_1 = H - h_1$, перепадъ въ концѣ дамбы — чрезъ z_2 , паденіе горизонта воды отъ точки e до точки f чрезъ U_1 , среднюю скорость свободнаго потока на ширинѣ l_1 —чрезъ u_1 и среднюю скорость у головы дамбы—чрезъ u_2 , среднюю скорость въ стѣсненной части потока въ предѣлахъ равномернаго движенія чрезъ u_3 и среднюю скорость въ стѣсненіи перепада, т. е. въ концѣ дамбы—чрезъ u_4 ; то по известнымъ формуламъ гидравлики можемъ получить слѣдующія приближительныя выраженія.

Величина подпора у головы дамбы:

$$z = \frac{u_3^2 - u_2^2}{2g}$$

гдѣ

$$u_3 = \frac{Q}{l_1 H} = \frac{Q}{l_1 (h_1 + z_1)}$$

и

$$u_2 = \frac{Q}{l_1 (h_1 + z_1 + z) + l_2 (h_2 + z_1 + z)}.$$

Изъ этихъ выраженій z можетъ быть, очевидно, вычислено лишь по приближенію.

Средняя глубина стѣсненнаго потока въ предѣлахъ равномернаго движенія H опредѣлится слѣдующимъ образомъ. Для равномернаго движенія мы имѣемъ

$$H i = A u_3^2 = \frac{A Q^2}{l_1^2 H^2}$$

и

$$h_1 i = A u_1^2 = \frac{A Q_1^2}{l_1^2 h_1^2}$$

откуда

$$\frac{H^3}{h_1^3} = \frac{Q^2}{Q_1^2}$$

и

$$H = h_1 \sqrt[3]{\frac{Q^2}{Q_1^2}}.$$

Но

$$\begin{aligned} \sqrt[3]{\frac{Q^2}{Q_1^2}} &= \sqrt[3]{1 + \left(\frac{Q^2}{Q_1^2} - 1\right)} = \\ &= \sqrt[3]{1} \cdot \left[1 + \frac{1}{3} \left(\frac{Q^2}{Q_1^2} - 1\right) - \frac{1}{9} \left(\frac{Q^2}{Q_1^2} - 1\right)^2 + \right. \\ &\quad \left. + \frac{5}{18} \left(\frac{Q^2}{Q_1^2} - 1\right)^3 - \dots \right] \end{aligned}$$

или приблизительно

$$\sqrt[3]{\frac{Q^2}{Q_1^2}} = 1 + \frac{1}{3} \left(\frac{Q^2}{Q_1^2} - 1\right) = \frac{1}{3} \left[\frac{Q^2}{Q_1^2} + 2\right];$$

следовательно

$$H = \frac{h_1}{3} \left[\frac{Q^2}{Q_1^2} + 2\right];$$

поэтому величина подпора, производимаго дамбою въ предѣлахъ равномернаго движенія,

$$z_1 = H - h_1 = \frac{h_1}{3} \left(\frac{Q^2}{Q_1^2} - 1\right).$$

Паденіе горизонта воды отъ точки e до точки f — Y_1 можетъ быть получено приблизительно изъ дифференціального уравненія неравномернаго движенія воды

$$dy = K \frac{u du}{g} + \frac{Au^2}{R} ds.$$

Такъ какъ K близко къ единицѣ и R приблизительно $= h$, средней глубинѣ воды, но можно написать

$$dy = \frac{u du}{g} + \frac{Au^2}{h} ds.$$

откуда

$$Y_1 = \frac{u_4^2 - u_3^2}{2g} + \int_0^{S_2} \frac{Au^2}{h} ds.$$

за симъ такъ какъ

$$u = \frac{Q}{l_1 h}$$

и такъ какъ, принимая A за постоянную величину, можно написать

$$A = \frac{H i}{u_3^2} = \frac{H^3 l_1^2 i}{Q^2},$$

то имѣть

$$Y_1 = \frac{u_4^2 - u_3^2}{2g} + H^3 i \int_0^{S_2} \frac{\partial s}{h^3}.$$

Зависимость между s и h намъ не извѣстна; но если мы предположимъ, что въ предѣлахъ между точками e и f средняя величина $h = h_1$, то получимъ

$$\int_0^{S_2} \frac{\partial s}{h^3} = \frac{1}{h_1^3} \int_0^{S_2} \partial S = \frac{S_2}{h_1^3}.$$

Такое предположеніе, въ виду незначительности паденія горизонта воды между точками e и f (что почти всегда имѣть мѣсто на практикѣ) и за отсутствіемъ болѣе точныхъ приемовъ *) для практическаго рѣшенія сей задачи, можетъ быть сдѣлано; а потому можемъ написать

$$Y_1 = \frac{u_4^2 - u_3^2}{2g} + i S_2 \frac{H^3}{h_1^3}$$

засимъ мы имѣемъ

$$Y_1 = i S_2 + z_1 + z_2,$$

гдѣ

$$z_1 = \frac{h_1}{3} \left(\frac{Q^2}{Q_1^2} - 1 \right)$$

и числовая величина перепада въ точкѣ f

$$z_2 = \frac{u_4^2 - u_1^2}{2g} \text{ приблизительно.}$$

Слѣдовательно

$$i S_2 + \frac{h_1}{3} \left(\frac{Q^2}{Q_1^2} - 1 \right) + \frac{u_4^2 - u_1^2}{2g} = \frac{u_4^2 - u_3^2}{2g} + i S_2 \frac{H^3}{h_1^3}$$

*) Формула Бресса и видоизмѣненія ея, предлагаемая гидравликами для опредѣленія паденія горизонта воды въ подобныхъ случаяхъ, также не точны и даютъ маловѣроятные результаты.

или
$$\frac{h_1}{3} \left(\frac{Q^2}{Q_1^2} - 1 \right) = \frac{u_1^2 - u_3^2}{2g} + iS_2 \left(\frac{H^3}{h_1^3} - 1 \right)$$

и такъ какъ
$$\frac{H^3}{h_1^3} = \frac{Q^2}{Q_1^2},$$

то
$$S_2 = \frac{h_1}{3i} + \frac{u_3^2 - u_1^2}{2g \cdot i \cdot \left(\frac{Q_2}{Q_1} - 1 \right)}.$$

Второй членъ въ этомъ выраженіи очень малъ сравнительно съ первымъ, а потому можно принять приблизительно, что подпоръ z_1 , производимый дамбою, постепенно уничтожается къ концу ея на разстояніи

$$S_2 = \frac{h_1}{3i}.$$

Если мы предположимъ, что при устройствѣ водостѣснительной дамбы рѣзкіе переходы отъ нормальнаго сѣченія потока къ сжатому у начала дамбы и отъ сжатого къ нормальному у конца дамбы уничтожены устройствомъ направляющихъ дамбъ; то подпора z и перепада z_2 или вовсе не будетъ или они будутъ такъ малы, что ими можно пренебречь.

Въ такомъ случаѣ можно принять, что водостѣснительное дѣйствіе дамбы выразится подпоромъ, который отъ низоваго конца дамбы на протяженіе S_2 будетъ постепенно возрастать до величины

$$z_1 = \frac{h_1}{3} \left(\frac{Q^2}{Q_1^2} - 1 \right)$$

по прямолинейному уклону $f'e$ и далѣе сохранить эту величину до верховаго конца дамбы.

Слѣдовательно, дамба, находящаяся въ такихъ условіяхъ и имѣющая длину S , меньшую $S_2 = \frac{h_1}{3i}$, у верховаго конца произведетъ подпоръ, меньшій $z_1 = \frac{h_1}{3} \left(\frac{Q^2}{Q_1^2} - 1 \right)$, а именно подпоръ

$$z = \frac{z_1 S}{S_2} = \frac{h_1 \cdot \left(\frac{Q^2}{Q_1^2} - 1 \right) S}{3 \cdot \frac{h_1}{3i}} = \left(\frac{Q^2}{Q_1^2} - 1 \right) iS.$$

Дамба же, имѣющая длину S , большую $S_2 = \frac{h_1}{3i}$, въ тѣхъ же условіяхъ произведетъ у верховаго конца своего и на нѣкоторомъ протяженіи отъ него, равномъ $S - S_2$, подпоръ $z_1 = \frac{h_1}{3} \left(\frac{Q^2}{Q_1^2} - 1 \right)$.

Если въ потокѣ съ неразмываемымъ русломъ, послѣ устройства водостѣпнительной дамбы, будетъ произведено, въ предѣлахъ ея дѣйствія по всей ширинѣ l_1 , оставшейся свободной части потока, искусственное углубленіе дна на величину, равную подпору, производимому дамбою; то поднятый дамбою горизонтъ воды понизится на величину бывшаго подпора, т. е. до уровня того горизонта, который былъ до устройства дамбы; а, слѣдовательно, съ помощью устройства продольной водостѣпнительной дамбы и искусственнаго углубленія русла въ предѣлахъ ея будетъ достигнуто, безъ измѣненія горизонта воды, увеличеніе глубины потока, равное тому подпору, который дамба способна производить. Если бы искусственное углубленіе русла было произведено на величину, большую того подпора, который дамба можетъ произвести, то поднятый дамбою горизонтъ воды опустился бы или на всемъ протяженіи дамбы, или у верховаго конца ея ниже уровня того горизонта, который былъ до устройства дамбы, что могло бы повлечь за собою уменьшеніе глубины потока передъ дамбою (съ верховой стороны).

Изъ этого слѣдуетъ, что увеличеніе глубины потока на болѣе или менѣе значительной ширинѣ русла на нѣкоторую величину y , безъ измѣненія горизонта воды, можетъ быть достигнуто углубленіемъ русла его расчисткою на величину y лишь при стѣсненіи потока дамбами до такой ширины l_1 , при коей дамбы могутъ произвести подпоръ y .

Поэтому водостѣпнительныя дамбы вообще устраиваются въ рѣкахъ съ цѣлью увеличенія глубины; причемъ та ширина l_1 , до коей доводится ими стѣсненіе потока, называется *нормальною шириною*, *выправительною шириною* или *шириною трассы*. Теоретическое опредѣленіе той ширины *трассы*, которая соотвѣтствуетъ требуемому увеличенію глубины, представляетъ собою одну изъ самыхъ важныхъ задачъ *выправленія рѣкъ*; но вообще не можетъ быть съ точностью сдѣлано. Нѣкоторое болѣе или менѣе приблизительное понятіе о потребной ширинѣ *трассы* для рѣкъ съ неразмываемымъ русломъ можетъ быть составлено по приведеннымъ соображеніямъ о подпорахъ,

производимыхъ дамбами, для рѣкъ же съ размываемымъ русломъ и эти соображенія, какъ мы увидимъ ниже, представляются трудно примѣнимыми.

Первое ближайшее послѣдствіе подпора, производимаго водостѣпительными дамбами, заключается въ увеличеніи скоростей теченія въ стѣсненномъ потокѣ.

Если длина дамбы

$$S < \frac{h_1}{3i},$$

то наибольшій подпоръ, ею производимый, будетъ по предыдущему

$$\varepsilon = \left(\frac{Q^2}{Q_1^2} - 1 \right) iS,$$

а поверхностный уклонъ стѣсненнаго дамбою потока приблизительно будетъ

$$i_2 = i + \frac{\varepsilon}{S} = \frac{Q_2^2}{Q_1^2} i;$$

слѣдовательно, если средняя скорость свободнаго потока при глубинѣ h_1 и уклонъ i была U_1 , причемъ

$$h_1 i = Au_1^2 \quad (1)$$

то для стѣсненнаго потока въ низовомъ концѣ дамбы при глубинѣ h_1 и уклонъ i_2 , средняя скорость будетъ V и можно принять

$$h_1 i_2 = AV^2$$

или

$$h_1 i \frac{Q^2}{Q_1^2} = AV^2,$$

откуда

$$h_1 i = AV^2 \cdot \frac{Q_1^2}{Q^2}. \quad (2)$$

Соединяя уравненія (1) и (2), получимъ

$$Au_1^2 = AV^2 \cdot \frac{Q_1^2}{Q^2},$$

откуда

$$V = \frac{Q}{Q_1} \cdot u_1.$$

Дамба, длина коей $S > \frac{h_1}{3i}$, въ низовомъ концѣ будетъ давать то же увеличеніе средней скорости, т. е. дать

$$V = \frac{Q}{Q_1} \cdot u_1.$$

Въ верховой же части такой дамбы въ предѣлахъ подпора

$$z_1 = \frac{h_1}{3} \left(\frac{Q^2}{Q_1^2} - 1 \right)$$

увеличеніе средней скорости опредѣляется слѣдующимъ образомъ.

Мы имѣемъ: для свободнаго потока

$$h_1 i = A u_1^2 \quad (1)$$

для стѣсненнаго

$$(h_1 + z_1) i = A V_1^2$$

или

$$\frac{h_1}{3} \left(\frac{Q^2}{Q_1^2} + 2 \right) i = A V_1^2$$

или

$$h_1 i = \frac{A V_1^2}{\frac{1}{3} \left(\frac{Q^2}{Q_1^2} + 2 \right)} = \frac{A V_1^2}{\sqrt[3]{\frac{Q^2}{Q_1^2}}} \quad (2)$$

а изъ уравненій (1) и (2)

$$A u_1^2 = \frac{A V_1^2}{\sqrt[3]{\frac{Q^2}{Q_1^2}}},$$

откуда

$$V_1 = u_1 \sqrt[3]{\frac{Q}{Q_1}}.$$

Сравнивая выраженія, полученные для V и V_1 , мы видимъ, что V всегда больше V_1 ; т. е. наибольшее увеличеніе скорости теченія происходитъ всегда въ низовомъ концѣ дамбы.

Если мы представимъ себѣ, что продольная водостѣснительная дамба возводится въ потокѣ съ русломъ, поддающимся размыву, то производимое ею увеличеніе скоростей теченія неизбѣжно вызоветъ размывъ и углубленіе русла въ стѣсненной части потока.

Такъ какъ дамбы подобныя всегда возводятся отъ верховаго конца внизъ по теченію, то углубленіе это будетъ съ начала происходить по мѣрѣ возведенія дамбы сверху внизъ по теченію и по окончаніи устройства дамбы начнетъ увеличиваться отъ низоваго конца дамбы къ верховому. Вызываемое дамбою углубленіе русла, въ зависимости отъ сопротивленія грунта размыву, по прошествіи нѣкотораго времени прекратится, достигнувъ величины или меньшей того подпора, который дамба въ состояніи была бы произвести если бы русло было неразмываемо, или равной ему или большей его.

Первый случай можетъ имѣть мѣсто вообще тогда, когда производимое дамбою стѣсненіе потока и вызываемое имъ увеличеніе скоростей недостаточно для размыва грунта русла; углубленіе русла въ этомъ случаѣ можетъ быть доведено до величины, соотвѣтствующей подпору, производимому дамбою, посредствомъ расчистки.

Второй случай можетъ имѣть мѣсто тогда, когда ширина трассы выбрана настолько удачно, что вызванная при ней дамбами размывающая сила потока, по углубленіи русла на величину, равную подпору отъ дамбы, уравнивается съ сопротивленіемъ грунта размыву. Такой случай представляетъ собою идеальное рѣшеніе задачи углубленія потока съ слабымъ русломъ посредствомъ стѣсненія его дамбами.

Третій случай можетъ имѣть мѣсто тогда, когда выбранная по величинѣ желаемаго подпора, или что тоже углубленія потока, ширина трассы оказывается слишкомъ малою или, другими словами, когда размывающая сила потока, вызванная его стѣсненіемъ, не можетъ уравниваться съ сопротивленіемъ грунта безъ измѣненія горизонта потока. Случай этотъ всегда сопровождается нѣкоторымъ пониженіемъ горизонта и уменьшеніемъ поверхностнаго уклона потока въ стѣсненной части, а также увеличеніемъ поверхностнаго уклона и уменьшеніемъ глубины потока предъ (съ верховой стороны) устройнымъ стѣсненіемъ. Онъ свидѣтельствуетъ, что заданное углубленіе потока посредствомъ стѣсненія его дамбами, вслѣдствіе слабости русла, не можетъ быть достигнуто безъ измѣненія горизонтовъ и поверхно-

стных уклоновъ потока. Хотя неудобныя измѣненія горизонтовъ и поверхностныхъ уклоновъ потока въ подобныхъ случаяхъ до нѣкоторой степени могутъ быть предотвращены устройствомъ въ стѣсненныхъ частяхъ дноукрѣпляющихъ *пороговъ*, о которыхъ было упомянуто выше; но при углубленіи рѣкъ съ помощью водостѣснительныхъ сооружений, во избѣжаніе значительныхъ измѣненій въ условіяхъ ихъ естественнаго быта и такихъ неблагопріятныхъ послѣдствій, которыя предвидѣть нельзя, вообще слѣдуетъ избѣгать значительныхъ стѣсненій потока.

Если бы рѣка представляла собою потокъ съ постояннымъ расходомъ и неизмѣннымъ горизонтомъ; то, зная величину той скорости теченія, при которой размывъ ея установившагося русла не происходитъ, можно было бы хотя путемъ приблизительныхъ соображеній опредѣлить возможное увеличеніе ея глубины (безъ измѣненія горизонта и поверхностнаго уклона) въ данномъ мѣстѣ, а слѣдовательно допускаемый подпоръ отъ водостѣснительныхъ сооружений и соответствующую подпору ширину трассы. Но величина тѣхъ скоростей теченія, при которыхъ прекращается подмывъ слабыхъ рѣчныхъ русель, никогда въ точности не бываетъ извѣстна и задача опредѣленія ширины трассы, не поддающаяся точному рѣшенію, еще осложняется тѣмъ, что расходы, горизонты и поверхностные уклоны рѣчнаго потока постоянно измѣняются и вмѣстѣ съ измѣненіями этихъ величинъ измѣняются и состоянія русла.

Слабыя рѣчныя русла въ тѣхъ мѣстахъ, которыя во время межи имѣютъ недостаточныя глубины и которыя требуется обыкновенно углублять, во время высокихъ водъ нарастаютъ наносами и при пониженіи горизонтовъ воды углубляются отъ размыва собственною силою потока. Поэтому водостѣснительныя сооружения въ рѣкахъ съ слабымъ русломъ имѣютъ задачею воспроизвести такое увеличеніе размывающей силы потока во время меженихъ горизонтовъ, при коемъ произошло бы желаемое углубленіе русла безъ значительнаго измѣненія поверхностныхъ уклоновъ потока въ межень, и за сямъ, послѣ половодья во время спада воды происходило бы снесеніе всѣхъ тѣхъ наносовъ, которые откладываются въ стѣсненной части русла во время высокихъ водъ. Дать общее правильное теоретическое выраженіе этимъ условіямъ работы водостѣснительныхъ сооружений въ рѣкахъ, очевидно, невозможно; по этому ширину *трассы* въ рѣкахъ

съ слабымъ русломъ при устройствѣ водостѣпнительныхъ сооружений приходится опредѣлять ощупью, руководствуясь въ разныхъ частныхъ случаяхъ особыми соображеніями и нѣкоторыми указаніями самой рѣки. При этомъ вообще наиболѣе рациональнымъ представляется задаваться первоначально нѣсколько большею шириною трассы и за сямъ уменьшать ее по указанію опыта.

Само собою разумѣется, что предвидѣть впередъ ту величину углубленія рѣки, которая можетъ быть при этомъ достигнута въ точности нельзя.

Выведенныя нами приблизительныя выраженія подпоровъ, производимыхъ дамбами, показываютъ:

1) что величина подпора отъ дамбы, длина коей $S < \frac{h_1}{3i}$, зависитъ, между прочимъ, отъ величины отношенія $\frac{Q^2}{Q_1^2}$; если величина этого отношенія съ измѣненіемъ горизонтовъ воды въ рѣкѣ измѣняется, то и величина подпора будетъ измѣняться.

и 2) что величина подпора, производимаго дамбою, длина коей $S > \frac{h_1}{3i}$, зависитъ не только отъ отношенія $\frac{Q^2}{Q_1^2}$, могущаго измѣняться при измѣненіи горизонтовъ воды, но прямо пропорціонально глубинѣ воды h_1 , для коей водостѣпнительное дѣйствіе ея рассчитывается.

Изъ сего слѣдуетъ, что водостѣпнительныя дамбы въ рѣкахъ должны возводиться по высотѣ лишь въ предѣлахъ тѣхъ горизонтовъ, на дѣйствіе при коихъ они рассчитываются, т. е. въ предѣлахъ горизонтовъ меженикъ.

Разсмотрѣвъ въ общихъ чертахъ дѣйствіе продольныхъ водостѣпнительныхъ дамбъ на потокъ и нѣкоторыя условія ихъ устройства, изъ сего вытекающія, рассмотримъ теперь дѣйствіе потока на дамбы. Водостѣпнительная дамба, не защищенная съ верховой стороны струенаправляющимъ сооруженіемъ, при горизонтѣ воды не выше ея гребня, въ поперечной части $A'A$, сопрягающей съ берегомъ (чер. 8-а и б, табл. 48) подвергается: во-первыхъ, гидродинамическому давленію, величина котораго на 1 длины дамбы будетъ приблизительно:

$$t = \frac{\delta h V^2 \text{Sin}'\alpha}{g}$$

гдѣ δ —вѣсъ кубической единицы воды.

„ h —средняя глубина воды съ напорной стороны.

гдѣ V —скорость подходящей къ дамбѣ воды.

„ α —уголъ, составляемый скоростью течения съ направлением дамбы AA' .

„ и g —ускореніе силы тяжести.

во-вторыхъ, *гидростатическому* давленію, величина котораго на единицу длины дамбы будетъ

$$t_1 = \delta \left(h y_1 - \frac{y_1^2}{2} \right) = \delta y_1 \left(h - \frac{y_1}{2} \right)$$

гдѣ δ —вѣсъ куб. единицы воды.

„ h —средняя глубина воды съ напорной стороны.

„ и y_1 —разность горизонтъ воды по обѣ стороны части дамбы AA' .

Съ низовой стороны AA' горизонтъ воды будетъ находиться на томъ уровнѣ, на коемъ онъ находится у конца дамбы B ; по этому разность горизонтовъ будетъ равна поверхностному паденію стѣсненнаго потока отъ точки A' до точки B , а именно:

при длинѣ дамбы $S < \frac{h_1}{3i}$

$$y'_1 = \frac{u_3^2 - u_2^2}{2g} + \left(\frac{Q^2}{Q_1^2} - 1 \right) iS + iS = \frac{u_3^2 - u_2^2}{2g} + \frac{Q^2}{Q_1^2} iS$$

при длинѣ дамбы $S > \frac{h_1}{3i}$

$$y''_1 = \frac{u_3^2 - u_2^2}{2g} + \frac{h_1}{3} \left(\frac{Q^2}{Q_1^2} - 1 \right) + iS.$$

Полное давленіе на единицу длины дамбы по этому будетъ

$$T = t + t_1.$$

Если дамба съ верховой стороны защищена направляющимъ сооруженіемъ, что обыкновенно на практикѣ и бываетъ, то гидродинамическое давленіе t дѣлается = 0 и подпоръ $\frac{u_3^2 - u_2^2}{2g}$ можно принять также = 0; слѣдовательно давленіе на единицу длины части дамбы AA' или, что тоже, наибольшее давленіе на единицу длины дамбы будетъ:

при длинѣ дамбы $S < \frac{h_1}{3i}$

$$T' = t_1 = \delta \frac{Q^2}{Q_1^2} iS \left(h - \frac{Q^2}{2Q_1^2} iS \right)$$

или принимая, что средняя глубина съ напорной стороны (h) равна глубинѣ свободного потока (h_1), сложенной съ подпоромъ, т. е. что

$$h = h_1 + \left(\frac{Q^2}{Q_1^2} - 1 \right) iS,$$

$$T' = \frac{\delta Q^2}{Q_1^2} iS \left[h_1 - iS + \frac{Q^2}{2Q_1^2} iS \right] = \frac{\delta Q^2}{Q_1^2} iS \left[h_1 + \left(\frac{Q^2}{2Q_1^2} - 1 \right) iS \right].$$

$$T'_{max} = \frac{\delta h_1^2 Q^2}{18 Q_1^2} \left(\frac{Q^2}{Q_1^2} + 1 \right)$$

и при длинѣ дамбы $S > \frac{h_1}{3i}$

$$T'' = t_1 = \delta \left[\frac{h_1}{3} \left(\frac{Q^2}{Q_1^2} - 1 \right) + iS \right] \left\{ h - \frac{1}{2} \left[\frac{h_1}{3} \left(\frac{Q^2}{Q_1^2} - 1 \right) + iS \right] \right\}$$

или, принимая $h = h_1 + \frac{h_1}{3} \left(\frac{Q^2}{Q_1^2} - 1 \right)$

$$T'' = t_1 = \delta \left[\frac{h_1}{3} \left(\frac{Q^2}{Q_1^2} - 1 \right) + iS \right] \left\{ h_1 - iS + \frac{1}{2} \left[\frac{h_1}{3} \left(\frac{Q^2}{Q_1^2} - 1 \right) + iS \right] \right\};$$

при $iS \cong h_1$

$$T''_{max} = \frac{\delta h_1^2}{18} \left(\frac{Q^2}{Q_1^2} + 2 \right)^2$$

Изъ этихъ двухъ выраженій мы видимъ, что давленіе или напоръ воды на водостѣпительную дамбу вообще тѣмъ больше, чѣмъ больше длина дамбы. Такъ какъ вода, производящая давленіе на дамбу, стремится фильтровать чрезъ тѣло дамбы и подъ ея основаніе и въ тоже время стремится сдвинуть ее съ основанія; то очевидно, что слишкомъ большая длина водостѣпительныхъ дамбъ представляется невыгодною для ихъ прочности и устойчивости. По этому водостѣпительнымъ дамбамъ придаютъ длину не свыше извѣстнаго предѣла, соотвѣтствующаго прочности и устойчивости избраннаго типа сооруженія и располагаютъ напр. такъ какъ показано на черт. 5 табл. 47. У насъ на р. Вислѣ, въ пограничной части съ Австріею, продоль-

ныя водостѣснительныя дамбы изъ фашинной погружаемой кладки устраиваются длиною не болѣе 300 саж.

Кромѣ напора воды водостѣснительныя дамбы подвергаются болѣе или менѣе значительному продольному подмыву у основанія отъ дѣйствія теченія стѣсненнаго ими потока. Противъ этого подмыва, если онъ представляется опаснымъ, дамбы приходится защищать, какъ уже было выше упомянуто, фашинными тюфяками, пологими, отсыпями изъ камня или тяжелыхъ фашинъ или же донными полузапрудами.

Когда горизонтъ воды подымается выше гребня дамбы, то вода начинаетъ чрезъ него переливаться и переливъ этотъ въ части AA' (черт. 8—а табл. 48) сопровождается образованіемъ двухъ водоворотовъ (черт. 1 табл. 49) верхняго b и нижняго a . Если гребень дамбы въ части AA' горизонталенъ, то каждый изъ этихъ водоворотовъ имѣетъ горизонтальную ось, параллельную гребню. Верхній водоворотъ не оказываетъ никакого дѣйствія на дамбу, нижній же производитъ промывъ дна у откоса дамбы и дѣйствіе его тѣмъ сильнѣе чѣмъ круче откосъ дамбы cd ; съ увеличеніемъ пологости откоса cd , водоворотъ этотъ ослабляется и при уклонѣ откоса по cf , доведенномъ до $\frac{1}{4}$ и менѣе, совершенно уничтожается.

По этому, при горизонтальномъ гребнѣ дамбы, низовой откосъ ея (cd) въ части AA' защищается отъ подмыва, если онъ обнаруживается, посредствомъ отсыпи.

Явленіе водоворотовъ у низоваго откоса дамбы въ части AA' можетъ быть также значительно ослаблено приданіемъ нѣкотораго постепеннаго подъема гребню дамбы къ берегу, т. е. отъ A' къ A . Въ этомъ случаѣ, вслѣдствіе наклонности гребня дамбы, съ низовой стороны ея образуется не одинъ нижній и одинъ верхній водовороты, а цѣлая система нижнихъ и цѣлая система верхнихъ водоворотовъ; при чемъ водовороты одной и той же системы струй соприкасаются между собою въ вертикальныхъ плоскостяхъ, имѣя отдѣльныя горизонтальныя несовпадающія оси, и, вслѣдствіе несовпаденія осей, другъ друга ослабляютъ, какъ видно изъ показанной на черт. 2 табл. 49 схематической проекціи водоворотовъ двухъ струй.

Поднявшаяся выше гребня водостѣснительной дамбы вода складываетъ влекомые ею наносы въ огражденномъ пространствѣ между дамбою и тѣмъ берегомъ, къ которому дамба примыкаетъ.

Это отложеніе наносовъ весьма желательнo; потому что вслѣдствіе его происходитъ образованіе берега за дамбою и чѣмъ скорѣе онъ образуется, тѣмъ меньшаго ремонта дамба требуетъ; но къ сожалѣнію отложеніе наносовъ за дамбою идетъ не всегда успѣшно и въ особенности при дамбахъ длиною болѣе 100 саж. По этому для усиленія этого отложенія наносовъ длинныя продольныя дамбы чрезъ 50—100 саж. обыкновенно соединяются съ берегомъ, той же конструкціи, поперечными дамбами A, A' (черт. 3 табл. 49), называемыми траверсами. Гребнямъ траверсовъ придаютъ иногда нѣкоторый небольшой подъемъ къ берегу, какъ и поперечной части дамбы AA' (черт. 8 — а табл. 48) и какъ поперечнымъ полузапрудамъ (черт. 2 табл. 48). Траверсы не только способствуютъ отложенію наносовъ за дамбою, но и увеличиваютъ прочность связи дамбы съ берегомъ.

Если вліяніе траверсовъ на отложеніе наносовъ оказывается не достаточнымъ, то въ промежуткахъ между ними устраиваютъ параллельныя имъ поперечныя легкія плетневыя загражденія, называемыя *наносоудержателями* или *илоудержателями* и образовавшіяся за дамбами возвышенныя отмели засаживаютъ пвнякомъ.

Одна отдѣльно устроенная отъ берега *буна* или *поперечная полузапруда* производитъ стѣсненіе потока въ томъ живомъ сѣченіи, въ которомъ она устроена и подпоръ, величину котораго можно опредѣлить приблизительно по формулѣ

$$\varepsilon = \frac{u_3^2 - u_2^2}{2g}$$

Результатомъ этого стѣсненія въ размываемомъ руслѣ можетъ быть нѣкоторое углубленіе его у стѣсненнаго живаго сѣченія.

Но опытъ показаль, какъ выше было упомянуто, что система нѣсколькихъ параллельныхъ бунъ, расположенныхъ въ извѣстномъ разстояніи одна отъ другой, оказываетъ такое же водостѣснительное дѣйствіе, какъ и продольная дамба соотвѣтственнаго протяженія, если теченіе болѣе или менѣе правильно и неизмѣтъ сильнаго стремленія въ промежутки между бунами. По этому, въ такихъ случаяхъ, системы бунъ устраиваются въ цѣляхъ углубленія рѣкъ со слабымъ русломъ взамамъ продольныхъ дамбъ, потому что во 1-хъ, отложеніе наносовъ и образованіе берега между ними идетъ гораздо скорѣе

чѣмъ за дамбами; во 2-хъ могущее оказаться необходимымъ по опыту суженіе трассы достигается простымъ ихъ удлиненіемъ и въ 3-хъ устройство ихъ по меньшему протяженію сооруженій можетъ оказаться дешевле устройства продольныхъ дамбъ съ траверсами.

Вопросы о ширинѣ трассы, при примѣненіи системы бунъ, и о высотѣ бунъ разрѣшаются, очевидно, по тѣмъ же соображеніямъ, которыя были высказаны относительно продольныхъ дамбъ. Совершенно-же особенными вопросами въ устройствѣ системъ бунъ представляются вопросы: о необходимомъ разстояніи между бунами и о наилучшемъ направленіи бунъ относительно берега. Оба эти вопроса не имѣютъ теоретическаго рѣшенія. Можно только сказать, что разстояніе между бунами должно зависеть какъ отъ ширины рѣки, въ которой они устраиваются, такъ и отъ ширины трассы, и что наклонное по теченію подъ острымъ угломъ къ берегу направленіе бунъ не удобно въ томъ отношеніи, что переливающаяся черезъ нихъ вода, очевидно, будетъ падать на берегъ и отмывать корни бунъ съ нижней стороны.

Относительно разстоянія между бунами практика выправительныхъ работъ дала слѣдующія данныя. По Гагену въ рѣкахъ небольшихъ, какъ Мозель, Везеръ и т. п., разстояніе между бунами должно быть дѣлаемо около $\frac{3}{4}$ ширины рѣки, въ рѣкахъ большаго размѣра, какъ напримѣръ Рейнъ, оно должно быть около $\frac{1}{3}$ ширины рѣки. Но отношенія эти не имѣютъ безусловнаго значенія и должны измѣняться въ зависимости отъ направленія береговъ и длины самихъ бунъ. Если буны очень коротки и располагаются у вогнутаго берега, то ихъ нужно ставить ближе одна къ другой; если-же они очень длинны и располагаются у выпуклага берега, то разстояніе между ними можно дѣлать больше. Если буны поставлены слишкомъ рѣдко, то наносы между ними плохо складываются и дѣло можетъ быть поправлено возведеніемъ промежуточныхъ между ними бунъ. При послѣднихъ выправительныхъ работахъ на р. Мемелѣ разстояніе между бунами дѣлалось вообще въ $\frac{3}{7}$ ширины трассы и отъ этого отступали въ двухъ случаяхъ: при короткихъ бунахъ у вогнутыхъ береговъ разстояніе между бунами уменьшалось вдвое, а при длинныхъ бунахъ у выпуклыхъ, легко нарощающихся, береговъ разстояніе между бунами увеличивалось вдвое.

Отложеніе наносовъ между бунами происходитъ вообще гораздо

энергичнѣе, чѣмъ за продольными дамбами, какъ потому, что буны представляютъ движенію протекающей поверхъ ихъ воды бѣльшее сопротивленіе, чѣмъ продольныя дамбы съ сравнительно рѣдко расположенными траверсами, такъ и потому, что примыкающія къ головамъ бунъ струи сжатого потока заворачиваютъ въ промежутки между бунами и вносятъ въ нихъ съ собою нѣкоторое количество наносовъ, вслѣдствіе чего наносныя отложенія между бунами происходятъ не только при высокихъ водахъ, изъ слоевъ потока проходящихъ надъ гребнями бунъ, но и постоянно — изъ сжатыхъ слоевъ потока, проходящихъ ниже ихъ гребней.

Для опредѣленія того направленія бунъ, при которомъ промежутки между ними скорѣе и лучше заполняются наносами, что ведетъ къ скорѣйшему устраненію всякой необходимости ремонта бунъ, Гагенъ произвелъ опыты надъ дѣйствіемъ бунъ въ искусственномъ каналѣ.

Результаты этихъ опытовъ показаны на черт. 4 табл. 49. Изъ чертежа видно, что при бунахъ нормальныхъ къ теченію (*A*) и наклонныхъ по теченію (*B*) у корней бунъ съ низовой стороны образуются подмывы берега, въ промежуткахъ между бунами наносы складываются сравнительно слабо и не примыкаютъ плотно ни къ берегу, ни къ бунамъ; при бунахъ-же, наклоненныхъ противъ теченія (*C*), подмывовъ берега за бунами не обнаруживается, наносы въ промежуткахъ между бунами складываются въ бѣльшемъ количествѣ и плотно прилегаютъ къ бунамъ и къ берегу. Изъ сего слѣдуетъ что наилучшимъ направленіемъ бунъ представляется направленіе нѣсколько *наклоненное противъ* теченія; но какъ великъ долженъ быть уголъ этого наклоненія, въ настоящее время еще нельзя сказать съ точностью.

На основаніи практическаго опыта по выправленію нѣкоторыхъ рѣкъ можно задаваться слѣдующими углами наклоненія бунъ къ *выправительнымъ линіямъ* (трассамъ):

въ прямыхъ частяхъ . . .	отъ 105° до 100°
въ вогнутыхъ	„ 100° „ 102°
и въ выпуклыхъ	„ 90° „ 100°;

но отъ этихъ величинъ смотря по обстоятельствамъ приходится отступать, въ особенности въ переходахъ трассъ отъ одной кривизны къ обратной.

Въ прямыхъ и слабо-криволинейныхъ частяхъ рѣкъ, когда буны устраиваются отъ обонхъ береговъ, ихъ слѣдуетъ располагать такъ, чтобы головы ихъ находились одна противъ другой и чтобы продолженія ихъ направленій пересѣкались на линіи середины новаго русла (черт. 5 табл. 49).

При горизонтахъ воды не выше гребня бунъ, каждая бунъ, стоящая въ головѣ системы бунъ, подвергается тому-же гидродинамическому давленію, какъ и головная поперечная часть продольной водостѣпнительной дамбы, и гидростатическому давленію, соотвѣтствующему величинѣ подпора, ея производимаго.

Такъ какъ подпоръ, производимый бунною, меньше подпора, производимаго продольною дамбою, то изъ этого слѣдуетъ, что буны вообще подвергаются меньшему давленію воды, чѣмъ продольныя дамбы, и что, слѣдовательно, поперечные размѣры ихъ могутъ быть меньше поперечныхъ размѣровъ дамбъ.

Прилегающія къ головамъ бунъ струи сжатого потока стремятся войти въ промежутки между бунами и образуютъ у головъ бунъ водовороты съ вертикальными осями. Если-бы голова какой либо буны ограничивалась вертикальными гранями, то водовороты во всѣхъ горизонтальныхъ слояхъ сжатого ею потока получили-бы одну общую вертикальную ось и образовали-бы одинъ общій водоворотъ весьма опасный для устойчивости головы буны. Чтобы предотвратить образованіе такихъ водоворотовъ головы бунъ, ограничиваются со стороны сжатого ими потока пологимъ откосомъ *bc* (черт. 3 таб. 48). Вслѣдствіе такого ограниченія головъ бунъ, взаимно соприкасающіеся водовороты горизонтальныхъ слоевъ потока получаютъ отдѣльныя несовпадающія оси и другъ друга ослабляютъ.

При горизонтахъ воды выше гребней бунъ низовымъ откосамъ бунъ, какъ и поперечнымъ частямъ продольныхъ дамбъ, угрожаютъ водовороты отъ идущей поверхъ бунъ воды; но вредное дѣйствіе этихъ водоворотовъ уничтожается тѣмъ, что гребнямъ бунъ придается, какъ выше было сказано, нѣкоторый подъемъ отъ головъ къ берегу (черт. 3 таб. 48).

Устроенная въ одномъ рукавѣ рѣки (черт. 1 таб. 48) *запруда* (*ba*) и островъ, дѣлящій рѣку на два рукава, въ совокупности представляютъ собою продольную водостѣпнительную дамбу, продольная часть коей (островъ) устроена самой природою, а поперечная (за-

пруда, сопрягающая островъ съ берегомъ) — устроена искусственно; по этому устройство запруды въ одномъ изъ рукавовъ рѣки по отношенію ко всему рѣчному потоку (двумъ рукавамъ) влечетъ за собою послѣдствія, совершенно аналогичныя съ тѣми послѣдствіями, которыя имѣло-бы устройство въ потокѣ продольной водостѣпнительной дамбы. Въ рукавѣ, остающемся свободнымъ, происходятъ подпоры, измѣненія уклоновъ и увеличеніе скоростей теченія, выражаемые тѣми-же уравненіями, которыя были нами выведены для водостѣпнительныхъ дамбъ. Въ этихъ уравненіяхъ слѣдуетъ только понимать подъ величинами:

Q — расходъ всего потока	}	рукава, оставляемаго свободнымъ.
Q_1 — расходъ первоначальный		
h_1 — первоначальную среднюю глубину		
l_1 — ширину		
i — первоначальный уклонъ		
S — длину		
u_1 — первоначальную среднюю скорость		
∇ и ∇_1 } увеличенныя скорости.		

Отсюда слѣдуетъ, что величины возможнаго углубленія рукава, оставляемаго свободнымъ, какъ при неразмываемомъ, такъ и при размываемомъ руслѣ, опредѣляются тѣми-же соображеніями, которыя были приведены для потока, стѣсненнаго продольною дамбою; что высота *запруды* опредѣляется по тѣмъ же соображеніямъ, какъ и высота продольныхъ дамбъ, и что запруда, при горизонтахъ воды не выше ея гребня, подвергается тому-же давленію воды, какъ и поперечная часть водостѣпнительной дамбы, длина коей равняется длинѣ рукава, оставляемаго свободнымъ. По этому при большихъ длинахъ рукавовъ, оставляемыхъ свободными, необходимо принимать мѣры къ возможному уменьшенію напора на запруды, устраиваемыя въ заграждаемыхъ рукавахъ.

Уменьшеніе напора на запруды можетъ быть достигнуто устройствомъ въ заграждаемомъ рукавѣ не одной, а нѣсколькихъ запрудъ ab , $a'b'$, $a''b''$ (черт. 1 табл. 48); при этомъ весь подпоръ, производимый загражденіемъ рукава и, слѣдовательно, соотвѣтствующее ему гидростатическое давленіе будутъ распредѣляться на нѣсколько за-

прудъ и, при числѣ ихъ n , на каждую запруду придется $\frac{1}{n}$ часть всего гидростатическаго давленія *). Возведеніе нѣсколькихъ запрудъ въ заграждаемомъ рукавѣ полезно еще въ томъ отношеніи что способствуетъ скорѣйшему занесенію рукава наносами. Для защиты первой съ верховой стороны запруды отъ гидродинамическаго давленія полезно устраивать струенаправляющую дамбу *cd* (черт. 1 таб. 48).

Гребни запрудъ дѣлаются обыкновенно горизонтальными, и при возвышеніи горизонтовъ воды переливающаяся чрезъ нихъ вода образуетъ водовороты у низовыхъ откосовъ запрудъ, угрожая ихъ основаніямъ подмывомъ; для защиты основаній сихъ откосовъ отъ подмывовъ водоворотами употребляются или фашинные тюфяки или отсыпи въ видѣ *поломъ* откосовъ.

Струенаправляющія дамбы (cd) черт. 1 таб. 48, связанныя съ берегомъ, по отношенію дѣйствія ихъ на потокъ, очевидно, занимаютъ нѣкоторое среднее мѣсто между бунами и продольными дамбами и, какъ было замѣчено, входятъ обыкновенно въ составъ системъ трехъ главныхъ типовъ выправительныхъ сооружений: продольныхъ дамбъ, бунъ и запрудъ. По этому общія условія ихъ устройства совершенно тѣже какъ и сооружений, въ составъ системъ коихъ они входятъ. Высота ихъ должна равняться высотѣ тѣхъ сооружений (бунъ, продольныхъ дамбъ или запрудъ), которыя они прикрываютъ; гребни же ихъ должны быть горизонтальны. Особенное вниманіе при устройствѣ направляющихъ дамбъ слѣдуетъ обращать на прочную связь ихъ съ берегомъ и на прочную защиту берега съ низовой стороны у корня дамбы, именно въ той части, которая неизбежно можетъ подвергаться подмыву. Направляющія дамбы, при большой ихъ длинѣ, также весьма полезно соединять съ берегомъ траверсами; траверсы упрочиваютъ связь дамбы съ берегомъ и способствуютъ скорѣйшему занесенію угла между берегомъ и дамбою наносами.

На всѣхъ рѣкахъ и въ особенности русскихъ бываетъ болѣе или менѣе значительный ледоходъ. Для выправительныхъ сооружений ледоходъ представляетъ наибольшую опасность въ томъ случаѣ, когда

*) Для фашинныхъ и каменныхъ запрудъ безопаснымъ вполне можетъ считаться напоръ воды около 1 фута.

льдины идутъ поверхъ гребней сооруженій и задѣваютъ за нихъ. Выправительныя сооружения вообще могутъ быть защищены отъ разрушительнаго дѣйствія мѣстнаго ледохода своею временною околкою лишь въ томъ случаѣ, когда гребни ихъ возвышаются надъ поверхностью образующагося у нихъ въ рѣкѣ льда и когда мѣстный ледоходъ происходитъ въ уровнѣ ниже ихъ гребней; они находятся внѣ опасности отъ льда приходящаго съ верховыхъ частей рѣки, если ледъ этотъ проходитъ или ниже уровня ихъ гребней или настолько выше его, что не задѣваетъ гребней.

Изъ выше приведенныхъ выраженій подпоровъ, производимыхъ стѣсняющими потокъ выправительными сооружениями, мы видѣли, что съ точки зрѣнія стѣсненія потока высота сихъ сооружений не должна выходить изъ предѣловъ тѣхъ меженныхъ горизонтовъ, для коихъ стѣсненіе потока рассчитывается; тѣже выраженія съ другой стороны показываютъ, что между высотой сооружений и шириною трассы существуетъ тѣсная зависимость, а именно, что для полученія одного и того-же стѣсненія потока, при увеличеніи высоты сооружений, нужно увеличивать ширину трассы и, наоборотъ, при уменьшеніи высоты сооружений, нужно уменьшать ширину трассы. По этому въ окончательномъ выводѣ, относительно высоты выправительныхъ сооружений можно сказать:

Высота выправительныхъ сооружений должна избираться соответственно мѣстнымъ условіямъ улучшаемаго участка рѣки, не выходя изъ предѣловъ тѣхъ меженныхъ горизонтовъ, для коихъ стѣсненіе рассчитывается и сообразно какъ съ шириною принимаемой трассы, такъ и съ горизонтами ледостава и ледоходовъ.

Въ виду столь неопредѣленнаго положенія сего вопроса, выправительныя сооружения по высотѣ возводятъ или до того меженного уровня, при коемъ они безопасны отъ ледохода или, соответственно береговымъ укрѣпленіямъ, до уровня *растительности*, если при такой высотѣ они не подвергаются опасности отъ ледохода, и ширину трассы опредѣляютъ соответственно сей высотѣ сооружений. Во всякомъ случаѣ, чтобы корни сооружений не подвергались подмыву отъ водоворотовъ, при высокихъ горизонтахъ воды, гребни сооружений въ сопряженіяхъ съ берегами не должны возвышаться надъ поверхностью береговъ.

Въ заключеніе изложенныхъ общихъ условій устройства выпра-

вительныхъ сооружений необходимо замѣтить, что возводимыя въ рѣ-
кахъ выправительныя сооружения ведутъ вообще борьбу съ теченіями
потока и препятствіями встрѣчаемыми выправляемымъ потокомъ въ
руслѣ, что работы по возведенію выправительныхъ сооружений дѣ-
лаются тѣмъ затруднительнѣе и дороже, а самыя сооружения тре-
буютъ тѣмъ бѣльшей прочности и тѣмъ большаго послѣдующаго ре-
монта,—чѣмъ борьба ихъ съ потокомъ сильнѣе. По этому распо-
ложеніе выправительныхъ сооружений слѣдуетъ вообще проектировать
такъ, чтобы желаемыя улучшенія въ рѣкѣ достигались съ возможно
меньшими измѣненіями естественныхъ стремленій ея потока и проек-
тируемыя сооружения, какъ во всемъ, данномъ для улучшенія, участкѣ
рѣки, такъ и въ каждой отдѣльной системѣ, слѣдуетъ возводить посте-
пенно, идя сверху внизъ по теченію. Само собою разумѣется, что
при выправленіи судоходныхъ рѣкъ работы слѣдуетъ вести такъ,
чтобы производство ихъ не вызывало никакихъ неудобствъ для судо-
ходства, а этого легче всего можно достигнуть также при постепен-
номъ возведеніи сооружений въ послѣдовательномъ порядкѣ сверху
внизъ по теченію.

§ 10. Типы и детали выправительныхъ сооружений.

Фашинные буны или полузапруды. На черт. 6 табл., 49 пока-
зана въ поперечномъ разрѣзѣ фашинная полузапруда на р. Вислѣ
въ пограничной съ Австрією части; на черт. 7 и черт. 8, таб. 49
показаны въ планѣ сопряженія этихъ полузапрудъ съ берегомъ кор-
нями. На черт. 1, таб. 50 показана въ продольномъ разрѣзѣ, въ
планѣ и поперечномъ разрѣзѣ фашинная полузапруда на р. Везерѣ.

На чертежахъ 2 и 3, таб. 50 показаны поперечныя разрѣзы фа-
шинныхъ полузапрудъ при большихъ глубинахъ на р. Одерѣ; на
черт. 4, таб. 50 показано въ продольномъ разрѣзѣ, планѣ и попереч-
номъ разрѣзѣ устройство головъ фашинныхъ полузапрудъ на той-же
рѣкѣ. На черт. 1, таб. 51 показанъ поперечный разрѣзъ фашинной
полузапруды на р. Мемелѣ; на черт. 2, таб. 51 показано въ про-
дольномъ разрѣзѣ и планѣ устройство головъ фашинныхъ полузапрудъ
на той же рѣкѣ.

Вообще, какъ видно изъ приведенныхъ чертежей, фашиннымъ по-
лузапрудамъ придается поперечное сѣченіе шириною по верху отъ

0,58 с. (1,25 м.) до 2 саж., съ уклонами откосовъ одиночными, уклонъ гребня отъ $\frac{1}{30}$ до $\frac{1}{150}$ и уклонъ головного откоса отъ $\frac{1}{4}$ до $\frac{1}{5}$. Впрочемъ, уклоны гребня и головного откоса дѣлаются иногда положе, смотря по обстоятельствамъ. Устройство фашинныхъ полузапрудъ всегда ведется отъ корней, заложенныхъ въ берегъ.

Каменные полузапруды устраиваются въ поперечномъ сѣченіи шириною по верху отъ 0,47 саж. (1 метра) до 1 саж. съ полукорными боковыми откосами и съ уклонами гребня и головного откоса такими же какъ и фашинныя полузапруды. Они сопрягаются съ берегомъ корнями, заложенными въ него отъ горизонта низкихъ водъ и вымосткою выше сего горизонта; устройство ихъ ведется отъ корня заложеннаго въ берегъ.

На черт. 3, таб. 51 показана въ поперечномъ сѣченіи, а на черт. 4, таб. 51—въ продольномъ разрѣзѣ—полузапруда изъ камня и гравія на р. Везерѣ.

На черт. 5 таб. 51 въ поперечномъ разрѣзѣ, продольномъ разрѣзѣ и планѣ показана полузапруда изъ хряща и камня на р. Рейнѣ.

Продольныя водостъпнительныя дамбы устраиваются: а) изъ фашинной кладки—шириною по верху отъ 1,4 саж. (3 метра) до 2 саж., обыкновенно съ откосами одиночнаго уклона и б) изъ камня шириною по верху—отъ 0,47 саж. (1 м.) до 1 саж. обыкновенно съ откосами полукорнаго уклона. Съ берегомъ они сопрягаются также какъ и полузапруды и устройство ихъ ведется отъ корней сверху внизъ по теченію.

На черт. 1, таб. 52 показанъ поперечный разрѣзъ фашинной дамбы на р. Вислѣ въ пограничной съ Австріею части. На черт. 2, таб. 52 показанъ поперечный разрѣзъ каменной продольной дамбы на р. Ронѣ; на черт. 3, таб. 52 показанъ поперечный разрѣзъ продольной дамбы изъ хряща и камня на р. Рейнѣ.

Струенаправляющія дамбы устраиваются также, какъ и дамбы продольныя.

Траверы устраиваются также, какъ и полузапруды.

Запруды устраиваются изъ фашинъ или камня также, какъ продольныя дамбы и полузапруды съ тою разницею, что они сопрягаются съ обоими берегами заграждаемаго русла прочно устроенными корнями, съ надлежащимъ укрѣпленіемъ береговъ у корней; что, при размываемомъ руслѣ заграждаемаго рукава, подъ основаніе ихъ всегда

кладутся тонкіе фашинные тюфяки (для сей цѣли особенно хороши ленточные), въ предупрежденіе углубленія русла во время работы, и что устройство ихъ всегда ведется отъ заложенныхъ въ берега корней къ серединѣ русла. Запруды всегда располагаются по возможности нормально къ геометрической оси русла.

Иногда, въ видахъ облегченія и удешевленія работъ по устройству запрудъ, а также въ видахъ ослабленія вреднаго дѣйствія напора воды на нихъ, запруды возводятся не сразу до проектной высоты, а послепснью по мѣрѣ занесенія заграждаемаго рукава наносами. Въ такомъ случаѣ послѣ укладки ряда фашинныхъ тюфяковъ подь основаніе запруды и послѣ устройства корней ея съ укрѣпленіемъ у нихъ береговъ, работы пріостанавливаются до тѣхъ поръ, пока русло заграждаемаго рукава не наростится наносами до поверхности положенныхъ тюфяковъ; послѣ сего можетъ быть положенъ второй рядъ тюфяковъ и работы могутъ быть пріостановлены до тѣхъ поръ, пока русло рукава не возвысится наносами до поверхности этаго ряда и т. д. до тѣхъ поръ, пока возведеніе запруды до проектной высоты и сразу не представитъ никакихъ затрудненій. Примѣръ такого устройства запруды представленъ на черт. 4, таб. 52, изображающемъ фашинную запруду въ одномъ изъ рукавовъ р. Прусской Вислы. Напорный откосъ этой запруды прикрытъ земляною присыпкою для приданія запрудѣ большей водонепроницаемости. При такой системѣ работъ рукавъ рѣки можетъ быть легко и дешево загражденъ устройствомъ одной или двухъ запрудъ у низоваго конца, даже при очень большой длинѣ рукава оставляемаго свободнымъ; но такая система работъ требуетъ весьма продолжительнаго времени и потому не всегда можетъ быть допущена.

На черт. 5, таб. 52 показана въ поперечномъ разрѣзѣ фашинная запруда въ одномъ изъ рукавовъ р. Мемеля.

Каменные запруды устраиваются также на основаніяхъ изъ фашинныхъ тюфяковъ.

Устройство *донныхъ полузапрудъ и пороговъ* показано на нижеслѣдующихъ чертежахъ.

Черт. 6, таб. 52 изображаетъ въ продольномъ и поперечныхъ разрѣзахъ каменную донную полузапруду у берега на р. Везерѣ.

Черт. 1, таб. 53 изображаетъ въ продольномъ и поперечномъ разрѣзахъ каменную донную полузапруду у берега на р. Рейнѣ.

Черт. 2 табл. 53 изображает поперечный разръзъ каменных донныхъ полузапрудъ и пороговъ на р. Ронъ.

Черт. 3 табл. 53 изображает въ фасадъ и поперечномъ разръзѣ донную полузапруду изъ гравія и камня у продольной дамбы на р. Везеръ.

Черт. 4 табл. 53 изображает поперечный разръзъ донной полузапруды изъ фасинныхъ тюфяковъ на р. Мемелъ.

Черт. 5 табл. 53 изображает поперечный разръзъ донной полузапруды изъ тяжелыхъ фасинъ и камня на р. Рейнъ.

Наносо или ило-удержатели устраиваются самымъ разнообразнымъ образомъ. Весьма простое устройство ило-удержателей изъ деревьевъ, привязанныхъ къ забитымъ въ русло кольямъ, показано на черт. 1 таб. 54.

Черт. 2 таб. 54 изображает въ фасадъ, планъ и разръзѣ устройство очень прочнаго плетневаго ило-удержателя на р. Эльбъ. Плетень въ немъ устроенъ изъ прутьяныхъ канатовъ.

§ 11. Частные случаи выправленія рѣкъ.

Выяснивъ общія основанія выправительныхъ работъ, мы примѣнимъ ихъ къ рѣшенію частныхъ задачъ, а именно къ улучшенію судоходныхъ условій рѣкъ на перекатахъ, перевалахъ, въ плесахъ, въ порогахъ въ устьяхъ рѣкъ и въ мѣстахъ рѣкъ уклонившихся отъ нормальнаго состоянія.

Всякая рѣка въ нормальномъ состояніи состоитъ, какъ извѣстно, изъ ряда болѣе глубокихъ мѣстъ—плесовъ, раздѣленныхъ болѣе мелкими мѣстами, называемыми, смотря по роду ихъ происхожденія, перекатами и перевалами. Перекаты и перевалы образуются въ тѣхъ мѣстахъ, гдѣ во время высокихъ водъ скорости теченія сравнительно съ частями рѣки, къ нимъ прилегающими съ верховой и съ низовой стороны, меньше и обыкновенно располагаются: въ мѣстахъ перехода рѣки изъ одной кривизны въ другую обратную; во внезапныхъ уширеніяхъ русла; въ раздѣленіяхъ русла на рукава и наконецъ въ прямыхъ и слабо криволинейныхъ частяхъ русла.

При этомъ, какъ было уже объяснено, перекаты представляютъ собою такія *наносныя возвышенія* рѣчнаго дна, образующіяся во время высокихъ водъ, которыя при спадѣ водъ вслѣдствіе недостатка сжатія потока не могутъ быть снесены теченіемъ; а перевалы—такія возвышенія естественнаго дна рѣчнаго русла, которыя при спадѣ

водъ и соотвѣствующихъ ему наибольшихъ скоростяхъ не поддаются размыву.

Изъ сего слѣдуетъ; что перевалы вообще отличаются отъ перекатовъ большею прочностью своего образованія, въ остальномъ же могутъ быть съ ними сходны.

Черт. 3 таб. 54 изображаетъ переходъ рѣки изъ одной кривизны въ другую обратную. Переходъ этотъ всегда сопровождается, болѣе или менѣе крутымъ переходомъ динамической оси потока отъ одного берега къ другому противоположному. Въ мѣстѣ *ab*, перехода динамической оси, всегда существуетъ возвышеніе дна — переваль или перекать — и возвышеніе это обыкновенно тѣмъ больше, чѣмъ переходъ динамической оси круче, т. е. чѣмъ разстояніе между динамическими осями потока въ двухъ плесахъ больше и чѣмъ на меньшемъ протяженіи совершается переходъ отъ одной оси къ другой.

Судоходство во время межени можетъ встрѣчать въ этомъ мѣстѣ препятствія какъ отъ извилистости хода и неблагоприятныхъ теченій, сопровождающихъ крутой переходъ динамической оси потока, такъ и отъ недостатка глубины. Оба эти препятствія могутъ быть до известной степени устранены устройствомъ струенаправляющей дамбы *cd* и системы полузапрудъ, расположенныхъ по выправительной линіи *cdf*. При чемъ, наибольшее стѣсненіе потока до ширины l_1 должно соотвѣтствовать мѣсту наименьшей его глубины или, другими словами, мѣсту наибольшей величины желаемого его углубленія. Длина системы сооружений должна быть такова, чтобы выправительная линія *cf*, при правильномъ, плавномъ очертаніи, хорошо сопрягалась съ очертаніями береговъ въ прилежащихъ плесахъ. Ширина l_1 , до которой должно быть доведено наибольшее стѣсненіе, можетъ быть опредѣлена, примѣрно, по тому условію, чтобы площадь живаго сѣченія сжатого и углубленного потока осталась тою же, которую онъ имѣлъ до стѣсненія; т. е. если мы назовемъ существующую среднюю глубину въ мѣстѣ предполагаемаго наибольшаго стѣсненія потока чрезъ h и желаемую среднюю глубину въ этомъ мѣстѣ чрезъ h_1 , то будемъ имѣть: $hl = h_1l_1$ откуда получимъ $l_1 = l \frac{h}{h_1}$.

Въ случаѣ переката — желаемая глубина h_1 можетъ получиться отъ размыва русла, вслѣдствіе стѣсненія потока, въ случаѣ же перевала — можетъ потребоваться расчистка землечерпаніемъ.

Само собою разумѣется, что берегъ противулежащій выправительнымъ сооруже́ніямъ, въ случаѣ слабой его конструкціи, долженъ быть въ соотвѣтственныхъ мѣстахъ укрѣпленъ.

Однакоже такого рода перекаты и перевалы, съ правильнымъ очертаніемъ береговъ, бывають весьма рѣдко и представляютъ, сравнительно съ обыкновенно встрѣчающимися перекатами и перевалами, наименьшія препятствія для судоходства.

Рѣка встрѣчая въ поворотѣ, изображенномъ на черт. 3, препятствіе къ углубленію русла, всегда стремится развить его въ ширину и уширяетъ его до тѣхъ поръ, пока размывающія силы ея не уравниваются съ сопротивленіями. Поэтому перекаты и перевалы въ поворотахъ рѣки большею частью сопровождаются уширеніемъ русла; при чемъ, вслѣдствіе нерѣдко бывающихъ періодическихъ перемѣщеній и развѣтвленій динамической оси потока, оба берега получаютъ вогнутыя очертанія. Работа рѣки въ развитіи русла въ ширину на перекатахъ иногда завершается образованіемъ середины мели — *осередка*, постепенно нарастающаго до состоянія острова, раздѣляющаго русло на рукава. Примѣръ такого рода перекатовъ показанъ на черт. 1 таб. 55, изображающемъ въ планѣ часть р. Оки въ участкѣ между Каширою и Рязанью, при одномъ изъ высокихъ меженихъ горизонтовъ. На планѣ этомъ мы видимъ: у села Пирочи обыкновенный перекатъ въ переходѣ рѣки изъ одной кривизны въ другую обратную, съ образовавшимся уширеніемъ русла; у села Коробчеева того же рода перекатъ, но перешедшій уже въ раздѣленіе русла на два рукава. На планѣ показаны направленіе *стремня* (динамической оси потока) пунктирною линіею и глубины по сему направленію въ сотыхъ доляхъ сажени. Судя по плану Коробчеевскій перекатъ, въ изображенномъ состояніи, имѣетъ одинъ рукавъ (правый) совершенно удобный для судоходства, какъ по направленію, такъ и по глубинамъ (отъ 2,01, до 4,63 сажени), а потому не требуетъ улучшеній; перекатъ же Пирочскій имѣетъ извилистый ходъ недостаточной глубины (0,56 саж.) и требуетъ улучшенія. Улучшеніе этого переката, въ смыслѣ выправленія теченія и увеличенія глубины, можетъ быть достигнуто возведеніемъ струенаправляющихъ и водостѣпнительныхъ сооруже́ній, ~~къ~~ показано на планѣ, а именно: возведеніемъ, по криволинейнымъ, плавнымъ и хорошо сопрягающимся съ берегами выправительнымъ линіямъ, *продольныхъ дамбъ*

у вогнутыхъ береговъ и *поперечныхъ полузапрудъ* (наклоненныхъ противъ теченія) у выпуклыхъ береговъ. Въ сѣченіи *АА* рѣка очевидно, имѣетъ нормальную ширину, отъ которой внизъ по теченію постепенно уклоняется подѣ вліяніемъ засореній русла. Если мы предположимъ, что горизонтъ воды, показанный на планѣ, есть нормальный горизонтъ высокої межи, приблизительно соотвѣтствующій горизонту растительности; то разстояніе между выправительными линіями (ширину трассы) въ уровнѣ гребней сооруженій можемъ принять, безъ всякихъ исчисленій, равнымъ ширинѣ русла по урѣзу воды въ сѣченіи *АА*.

На черт. 1 таб. 56 изображенъ въ планѣ Муромскій перекачь р. Оки (въ участкѣ между Рязанью и Нижнимъ Новгородомъ), при нѣкоторомъ высокомъ меженнемъ горизонтѣ, расположенный въ уширеніи русла, образовавшемся отъ сильнаго подмыва и разрушенія вогнутого берега.

Перекачь этотъ имѣетъ динамическую ось, раздѣлившуюся на два рукава, осередковыя отмели *М* и *Н* и представляетъ неудобства для судоходства какъ извилистостью хода, такъ и малыми глубинами. Неудобства эти могутъ быть устранены устройствомъ водостѣснительныхъ сооруженій по выправительнымъ линіямъ правильнаго очертанія, хорошо сопрягающагося съ очертаніями береговъ въ прилежащихъ плесахъ. Очертаніе выправительной линіи вогнутого берега опредѣляется тремя точками *А*, *В* и *С* сохранившимися отъ бывшаго его правильнаго очертанія; очертаніе же выправительной линіи выпуклого берега опредѣляется направленіемъ параллельнымъ линіи *АВС*. Разстояніе между выправительными линіями (ширина трассы), очевидно должно быть принято равнымъ той ширинѣ, которую рѣка сохранила въ правильной части плеса прилегающаго съ низовой стороны. По сямъ выправительнымъ линіямъ у вогнутого берега и у той части выпуклага берега, гдѣ приходится отклонять динамическую ось потока, должны быть расположены продольныя дамбы, а у остальныхъ частей выпуклага берега, какъ показано на чертежѣ, должны быть устроены полузапруды. При этомъ для облегченія работы и достиженія большей правильности дѣйствія выправительныхъ сооруженій, осередковыя отмели *М* и *Н* должны быть удалены землечерпаніемъ.

На черт. 1 таб. 57 изображены въ планѣ Дѣдновскіе перекачи

р. Оки (въ участкѣ между Каширою и Рязанью), при нѣкоторомъ высокомъ меженномъ горизонтѣ. Перекаты эти, какъ видно изъ чертежа, расположились въ прямолинейной части, сопрягающей двѣ кривизны рѣки, и представляютъ препятствія судоходству изви-стостью и недостаточными глубинами хода; кромѣ сего въ показанной на планѣ части рѣки судоходство встрѣчаетъ неудобства: отъ значительныхъ приближеній динамической оси потока къ берегамъ— въ *AB*, *CD* и *EF*, изъ коихъ приближеніе динамической оси къ вогнутому берегу *CD* и связанное съ нимъ значительное углубленіе русла у сего берега уже повлекли за собою чрезмѣрное приращеніе соотвѣтственнаго выпуклага берега въ *M* и ненормальное суженіе живаго сѣченія рѣки въ этомъ мѣстѣ. Всѣ эти препятствія и неудобства могутъ быть устранены съ помощью выправительныхъ сооружений. При этомъ выправительная линія берега *CF*, какъ показано на чертежѣ, должна быть назначена по тѣмъ точкамъ сего берега, которыя сохранились отъ бывшаго правильнаго его очертанія, а выправительная линія противулежащаго берега должна быть ей параллельна. Разстояніе между выправительными линіями (ширина трассы) должно быть принято равнымъ существующей ширинѣ живаго сѣченія въ наиболѣе правильной части русла. Въ *AB*, *CD* и *EF*, для отдаленія динамической оси потока отъ берега, должны быть устроены донные полузапруды, показанные на чертежѣ пунктиромъ. Въ тѣхъ мѣстахъ, гдѣ требуется отклонить динамическую ось потока должны быть устроены продольныя дамбы и за сими, въ остальныхъ мѣстахъ могутъ быть устроены поперечныя полузапруды. Для облегченія работы и достиженія большей правильности дѣйствія выправительныхъ сооружений, осередковыя отмели *K* и *N*, а также выступающія за предѣлы выправительной линіи части берега *M* должны быть удалены землечерпаніемъ и выемкою.

Перекаты *въ раздѣленіяхъ потока на рукава* образуются (черт. 1 табл. 58): во-первыхъ въ мѣстахъ удара струй и уменьшенія скоростей теченія: при началѣ раздѣленія потока, у развѣтвленія его динамической оси (*A*), и въ концѣ раздѣленія потока, у соединенія динамическихъ осей его рукавовъ въ одну общую ось (*B*); и во-вторыхъ въ каждомъ рукавѣ въ отдѣльности, смотря по очертаніямъ ихъ русель.

Кромѣ сего въ рукавахъ раздѣливашагося потока происходитъ общее уменьшеніе глубины, вслѣдствіе общаго уменьшенія скоростей теченія.

Перекаты въ началѣ (*A*) и въ концѣ (*B*) раздѣленія потока на рукава не образуются въ случаѣ отсутствія значительныхъ ударовъ струй, показанномъ на черт. 2 таб. 58; а именно: когда въ началѣ раздѣленія динамическая ось потока развѣтвляется по касательнымъ кривымъ, имѣющимъ кривизны обращенныя въ одну сторону, причемъ радіусъ кривизны динамической оси у главнаго рукава больше, чѣмъ у второстепеннаго и когда въ концѣ развѣтвленія динамическія оси рукавовъ соединяются касаніемъ по кривымъ, имѣющимъ кривизны, обращенныя въ одну сторону, причемъ радіусъ кривизны динамической оси у главнаго рукава меньше, чѣмъ у второстепеннаго. Подтвержденіе этого можно видѣть на Коробчевскомъ перекатѣ, изображенномъ на черт. 1 таб. 55.

Если оба рукава могутъ и должны быть судоходны, но требуется улучшить ихъ судоходныя условія и устранить препятствія отъ перекатовъ въ началѣ и въ концѣ развѣтвленія (черт. 1 таб. 58), то само собою разумѣется, что оба рукава должны быть соотвѣтственнымъ образомъ выправлены съ приведеніемъ ихъ раздѣленія и соединенія при помощи струенаправляющихъ сооружений къ виду, показанному на черт. 2 таб. 58.

Если требуется улучшить судоходныя условія одного главнаго рукава, что чаще всего бываетъ; то всѣ препятствія судоходству могутъ быть устранены загражденіемъ второстепеннаго рукава и выправленіемъ, смотря по потребности, главнаго.

На черт. 1 таб. 59 показано раздѣленіе р. Днѣпра на рукава у г. Александровска и возможный способъ загражденія одного изъ сихъ рукавовъ—второстепеннаго. Въ началѣ развѣтвленія должна быть устроена, какъ показано на чертежѣ струенаправляющая дамба, а въ заграждаемомъ рукавѣ должно быть соотвѣтственно напору устроено семь запрудъ. Для опредѣленія числа запрудъ имѣемъ и отчасти предположимъ слѣдующія данныя.

Длина рукава, оставляемаго свободнымъ,

$$S = 12\frac{1}{2} \text{ верст} = 6.250 \text{ саж.};$$

поверхностный уклонъ его при томъ горизонтѣ, до коего предполагается произвести загражденіе,

$$i = 0,00009.$$

Средняя глубина его при семь горизонтѣ

$$h_1 = 2,70 \text{ саж.}$$

Расходъ воды въ немъ при томъ же горизонтѣ

$$Q_1 = \frac{4}{3} Q \text{ всего расхода воды.}$$

Слѣдовательно имѣемъ:

$$\frac{h_1}{3i} = \frac{2,70}{3 \times 0,00009} = 10.000 \text{ саж.}$$

т. е.

$$S < \frac{h_1}{3i}$$

и высота гидростатическаго напора

$$V_1 = \frac{Q^2}{Q_1^2} iS = \left(\frac{5}{4}\right)^2 \cdot 0,00009 \cdot 6.250 = 0,88 \text{ саж.} = 6,16 \text{ фут.}$$

При семи запрудахъ, на каждую придется приблизительно напоръ $= \frac{V_1}{7} = 0,88$ фута, что можетъ быть допущено.

Плеса, какъ извѣстно, располагаются въ правильно развитыхъ кривизнахъ рѣки и представляютъ собою болѣе глубокия ея мѣста, т. е. такія мѣста, наименьшими глубинами коихъ опредѣляется судоходная способность рѣки. Если глубина плесовъ меньше требуемой осадки судовъ, то рѣка, въ данныхъ условіяхъ осадки судовъ, не судоходна и можетъ быть приведена къ удовлетворенію требованій судоходства шлюзованіемъ, о коемъ рѣчь будетъ впереди. Въ обыкновенныхъ условіяхъ рѣки судоходныя — въ плесахъ удовлетворяютъ требованіямъ глубины, но могутъ представлять препятствія судоходству или слишкомъ большою крутизною поворотовъ, или слишкомъ большимъ приближеніемъ динамической оси потока къ вогнутому берегу. Первое препятствіе можетъ быть, очевидно, устранено приданіемъ повороту большей пологости посредствомъ устройства продольныхъ дамбъ у вогнутого берега; при этомъ выступающій выпуклый берегъ можетъ быть или смытъ теченіемъ, или соответственнымъ образомъ сръзанъ выемкою и землечерпаніемъ. Второе препятствіе, какъ выше было уже сказано, можетъ быть устранено отдаленіемъ дина-

мической оси потока отъ вогнутого берега посредствомъ устройства у сего берега системы донныхъ полузапрудъ.

Пороги съ вѣшной стороны, какъ извѣстно, представляютъ собою явленіе сходное съ перевалами и отличаются отъ нихъ болѣе сильнымъ паденіемъ потока и значительно большими скоростями теченія. Пороги бываютъ въ тѣхъ мѣстахъ, гдѣ рѣчной потокъ встрѣчаетъ грунты не поддающіеся размыву ни при какихъ скоростяхъ теченія, а потому располагаются тамъ, гдѣ встрѣчаются этого рода грунты, т. е. случайно и совершенно независимо отъ плана и прочихъ свойствъ рѣки. Судходство въ порогахъ встрѣчаетъ препятствіе: отъ недостатка глубины, отъ неправильныхъ теченій, вызываемыхъ твердыми выступами русла и засореніями его отдѣльными камнями и грядами камней, отъ слишкомъ большаго поверхностнаго уклона и слишкомъ большихъ скоростей теченія. Препятствія отъ крутаго уклона и скоростей потока особенно чувствительны для взводнаго судходства и при помощи выправительныхъ работъ устранены быть не могутъ. Что же касается недостатка глубины и неправильныхъ теченій, то этого рода препятствія, какъ уже извѣстно, могутъ быть устранены при помощи расчистки и выправленія теченія. Если для открытія свободнаго хода судамъ въ порогѣ требуется произвести такую незначительную по ширинѣ и глубинѣ расчистку, сравнительно со всею площадью живаго сѣченія меженнаго потока, которая не можетъ повлечь за собою чувствительнаго пониженія меженнаго горизонта воды; то на ряду съ такою расчисткою выправленіе теченія въ порогѣ можетъ быть произведено или посредствомъ одной, стоящей отдѣльно отъ берега, струенаправляющей дамбы, въ родѣ дамбы *CD*, показанной на черт. 2 таб. 47, или посредствомъ двухъ такихъ дамбъ, устроенныхъ по обѣ стороны открываемаго хода. Дамбы эти должны располагаться такъ, чтобы ось ограждаемаго ими хода составляла прямое продолженіе динамической оси подходящаго къ нимъ потока и какъ съ верховой, такъ и съ низовой стороны должны доводиться, по возможности, до областей спокойнаго теченія.

Такъ какъ пороги встрѣчаются обыкновенно въ каменныхъ и скалистыхъ грунтахъ, то дамбы эти обыкновенно устраиваются изъ камня: до горизонта низкихъ водъ наброскою и выше горизонта низкихъ водъ кладкою, причѣмъ кладка, въ видахъ достиженія большей прочности дѣлается иногда съ облицовкою изъ тесанныхъ камней на гидравлическомъ растворѣ.

Если площадь поперечнаго сѣченія потребной расчистки сравнительно съ площадью меженнаго живаго сѣченія порога настолько велика, что отъ расчистки можетъ произойти чувствительное пониженіе меженнаго горизонта воды; то живое сѣченіе, соотвѣтственно производимой расчисткѣ, можетъ быть заграждено или соединеніемъ направляющихъ дамбъ съ берегами, или, просто, загрузкою за дамы камня, вынимаемаго изъ расчищаемаго хода.

У насъ въ Днѣпровскихъ порогахъ, между г. Екатеринославомъ и г. Александровскомъ, къ улучшенію судоходныхъ условій примѣнено устройство струенаправляющихъ дамбъ, но не вполнѣ удачно. Черт. 1 таб. 60 изображаетъ планъ нижней части Ненасытецкаго порога съ заброшенными дамбами неудачнаго шлюзованнаго канала, устроеннаго по проекту инженера Деволанта въ 1807 г., и съ нынѣ существующими новыми дамбами, устроенными въ 40-хъ годахъ. Черт. 1 табл. 61 изображаетъ планъ Вильнаго порога съ существующими дамбами, устроенными также въ 40-хъ годахъ.

Планы эти прямо показываютъ, что дамы Ненасытецкаго и Вильнаго пороговъ, расположенныя въ сторонѣ отъ хода (главной динамической оси) и недоведенныя до областей спокойнаго теченія, все неудовлетворяютъ тѣмъ рациональнымъ условіямъ, которыя нами выяснены, и могутъ служить лишь примѣромъ того, какъ не слѣдуетъ возводить подобныхъ сооруженій.

Улучшеніе судоходныхъ условій рѣкъ, находящихся въ нормальномъ состояніи, вообще сводится къ устраненію ихъ частныхъ недостатковъ, описанныхъ на приведенныхъ примѣрахъ и, какъ видно изъ изложеннаго, достигается довольно просто при помощи выправительныхъ работъ. Но есть весьма много рѣкъ, состояніе коихъ на значительныхъ протяженіяхъ, съ виду, какъ бы не имѣетъ ничего общаго съ тѣмъ, что до сего нами описывалось. Это—рѣки съ слабыми уклонами, съ небольшими скоростями теченія и съ очень слабыми, легко размываемыми подвижными руслами и притомъ несущія большія количества наносовъ. Такого рода рѣки отъ всякаго малѣйшаго препятствія измѣняютъ направленіе теченія; уклоняются въ сторону; подмываютъ то одинъ, то другой берегъ; чрезмѣрно развиваютъ свое русло въ ширину; подъ вліяніемъ случайныхъ измѣненій плана и ширины русла, складываютъ массы наносовъ то въ одномъ, то въ другомъ мѣстѣ; то возвышаютъ свои перекаты, то засоряютъ свои плесы; дѣлятся на

рукава съ разнаго рода развѣтвленіями; развиваютъ свои кривизны до вида петель, протяженіе коихъ во много разъ превосходитъ протяженіе прямого направленія, причемъ въ сихъ кривизнахъ вслѣдствіе уменьшенія уклона и скоростей течения происходятъ засоренія русла наносами. Расположеніе перекатовъ и плесовъ въ такихъ рѣкахъ неустойчиво и, какъ бы, не имѣетъ опредѣленной зависимости съ планомъ русла: кромѣ постоянныхъ возвышеній дна—*перекатовъ*, въ нихъ встрѣчаются случайныя отмели, которыя, по прошествіи нѣкотораго времени, или сносятся теченіемъ, или влекутъ за собою измѣненія русла и обращаются за симъ въ перекаты. Болѣе или менѣе значительныя протяженія такихъ рѣкъ иногда представляютъ собою, какъ бы, одинъ перекатъ или сплошную цѣпь перекатовъ раздѣленныхъ ничтожными плесами.

Такого рода рѣки и участки рѣкъ мы вообще называемъ *уклонившимися отъ нормальнаго состоянія*. Примѣръ ихъ показанъ на черт. 1 таб. 62, изображающемъ планъ небольшого участка рѣки Вислы въ пограничной съ Австріею части и на черт. 3 таб. 58, изображающемъ чрезмѣрное развитіе кривизны рѣки въ планѣ вообще. При меженнихъ горизонтахъ, рѣки, *уклонившіяся отъ нормальнаго состоянія*, обыкновенно представляютъ препятствія судоходству не только не достаточными глубинами, узкостью и извилистостью хода, но и постоянными, совершенно неожиданными, его измѣненіями какъ въ отношеніи глубины, такъ и направленія.

Изъ до сихъ поръ изложеннаго совершенно ясно, что всѣ эти недостатки рѣкъ, *уклонившихся отъ нормальнаго состоянія*, могутъ быть въ большей или меньшей степени устранены приведеніемъ ихъ меженнаго потока въ сжатое состояніе и созданіемъ ему устойчивыхъ береговъ, съ такими правильными криволинейными очертаніями въ планѣ, которыя соотвѣтствуютъ или болѣе твердымъ опорнымъ точкамъ существующихъ береговъ, или тому удобному для судоходства направленію динамической оси, которое потокъ легче всего можетъ принять, т. е. *при помощи выправительныхъ сооружений*.

Само собою разумѣется, что выясненныя нами общія правила начертанія выправительныхъ линій, размѣщенія по нимъ сооружений и выбора ихъ типовъ и размѣровъ совершенно примѣнимы и къ рѣкамъ, *уклонившимся отъ нормальнаго состоянія*. Задача улучшенія этого рода рѣкъ отличается отъ задачи улучшенія рѣкъ, находящихся

въ нормальномъ состояніи лишь тѣмъ, что участки рѣкъ, уклонившіеся отъ нормальнаго состоянія требуютъ возведенія выправительныхъ сооруженій не въ отдѣльныхъ мѣстахъ, а по всему ихъ протяженію и притомъ *не даютъ ясныхъ указаній относительно нормальной ширины*, т. е. относительно ширины трассы или той ширины, до которой потокъ долженъ быть сжать. Точныхъ теоретическихъ данныхъ для рѣшенія этого вопроса, какъ намъ уже извѣстно, нѣтъ и быть не можетъ, а потому его приходится рѣшать путемъ приближительныхъ соображеній, ощупью, слѣдующимъ образомъ.

Намъ извѣстно, что равномерное движеніе потока выражается приблизительно уравненіемъ

$$hi = Au^2 = \frac{AQ^2}{l^2 h^2}$$

или

$$l^2 h^3 = \frac{AQ^2}{i},$$

гдѣ l —ширина
 h —средняя глубина
 u —средняя скорость
 Q —расходъ

} потока

и A —коэф. сопротивленія.

Для каждаго даннаго участка рѣки:

Q — есть величина данная, не измѣняющаяся подъ вліяніемъ выправительныхъ работъ;

i — есть также величина данная, но могущая измѣняться подъ вліяніемъ выправительныхъ работъ.

Уже было выяснено, что выправленіе рѣкъ, при рациональномъ его примѣненіи, должно сопровождаться возможно меньшимъ измѣненіемъ горизонтовъ и уклоновъ потока; поэтому для даннаго исправляемаго участка рѣки должно быть поставлено условіемъ сохраненіе нѣ котораго уклона i , близкаго къ дѣйствительнымъ его уклонамъ.

Средняя величина коэффициента A можетъ быть вычислена по опредѣленнымъ элементамъ потока; по извѣстнымъ величинамъ A , Q и i , можетъ быть опредѣлена величина произведенія $l^2 h^3$ изъ уравненія

$$l^2 h^3 = \frac{AQ^2}{i}.$$

За симъ, задаваясь такою величиною средней глубины h , которая может образоваться, при данныхъ: расходѣ и уклонѣ потока, и можетъ быть признана удовлетворяющею требованіямъ судоходства; можно опредѣлить нормальную ширину, данного для выправленія, участка рѣки изъ уравненія:

$$l = \sqrt{\frac{AQ^2}{h^3 i}}.$$

Та наибольшая средняя глубина h , которая можетъ получиться въ потокѣ, при данныхъ величинахъ Q и i , опредѣляется изъ уравненія

$$hi = Au^2$$

и соотвѣтствуетъ наибольшему значенію средней скорости $U_{(i)}$, т. е.

$$h = \frac{AU_{(i)}^2}{i}.$$

Такъ какъ средняя скорость — U есть частное отъ раздѣленія расхода Q на площадь живаго сѣченія потока Ω ; то наибольшее значеніе ея ($U_{(i)}$), очевидно, соотвѣтствуетъ наименьшей площади живаго сѣченія потока.

Опредѣливъ путемъ непосредственныхъ измѣреній наименьшую площадь живаго сѣченія потока $\Omega_{(i)}$, при уклонѣ i и расходѣ Q , получимъ

$$U_{(i)} = \frac{Q}{\Omega_{(i)}}$$

и

$$h = \frac{A \cdot Q^2}{i \cdot \Omega_{(i)}^2}.$$

Вставляя это значеніе въ уравненіе искомой нормальной ширины, получимъ:

$$l = \sqrt{\frac{A \cdot Q^2 \cdot i^3 \cdot \Omega_{(i)}^6}{i \cdot A^3 \cdot Q^6}} = \frac{i \cdot \Omega_{(i)}^3}{A \cdot Q^2}.$$

И такъ, мы видимъ, что нормальная ширина должна измѣняться по участкамъ рѣки въ зависимости отъ измѣненій расхода, поверхностнаго уклона меженнаго потока и его наименьшаго живаго сѣченія и что для опредѣленія ея въ каждомъ участкѣ рѣки нужно знать:

поверхностный уклонъ, соответствующую ему наименьшую площадь живаго сѣченія, расходъ воды и коэффициентъ сопротивленія движенію потока.

Поэтому для опредѣленія ширины трассы или, что тоже, нормальной ширины рѣки, уклонившейся отъ нормальнаго состоянія, нужно избрать возможно большее число болѣе правильныхъ живыхъ сѣченій рѣки, при какомъ либо меженнемъ горизонтѣ; путемъ измѣреній—опредѣлить площади сихъ живыхъ сѣченій, скорости течения въ нихъ (v), поверхностные уклоны потока соответствующіе принятому меженнему горизонту и вычислить для каждаго сѣченія расходы воды по измѣреннымъ величинамъ и по формуламъ

$$Q = \sum w.v$$

и

$$Q = \Omega . u = \Omega . c \sqrt{Ri}$$

беря для c величины по Дарси, по Гангиле и Кутеру и др.

Далѣе, изъ сравненія полученныхъ разными путями результатовъ вычисленія расходовъ слѣдуетъ опредѣлить наиболѣе вѣроятныя величины расходовъ по участкамъ рѣки между притоками, раздѣлить рѣку на участки по расходамъ воды, для каждаго участка вычислить вѣроятную среднюю величину A по формуламъ:

$$A = \frac{hi}{u^2} = \frac{\Omega^3 . i}{l . Q^2},$$

гдѣ Ω —площадь какого либо живаго сѣченія,

i —уклонъ ему соответствующій,

l —ширина живаго сѣченія по урѣзу воды

и Q —расходъ воды

и начертить продольную профиль потока, при принятомъ меженнемъ горизонтѣ.

Если по профилю поверхностный уклонъ, на протяженіи всего участка, болѣе или менѣе однообразенъ и близко къ линейному уклону, какъ показано на черт. 4 таб. 63, то для расчета нормальной ширины величина меженняго уклона можетъ быть принята:

$$i = \frac{y}{S^2}.$$

Если же по профили поверхностный уклонъ потока на всемъ протяженіи участка неоднобразенъ и приближается къ ломаной линіи, какъ показано на черт. 5 и на черт. 6 табл. 63; то, для расчета нормальной ширины, величина меженнаго уклона, во избѣжаніи значительныхъ пониженій горизонта воды отъ большаго стѣсненія потока, должна быть принята по всему участку:

для случая черт. 2:

$$i = \frac{y_1}{S_1}$$

и для случая черт. 3

$$i = \frac{y_2 - y_1}{S_2},$$

т. е. соответствующая меньшимъ уклонамъ, потому что для меньшихъ уклоновъ произведение $i \cdot \Omega_{(i)}^3$ получаетъ большую величину и l получается большее.

За симъ, слѣдуетъ избрать изъ измѣренныхъ площадей живыхъ сѣченій наименьшую соответствующую уклону $i = \Omega_{(i)}$ и, по даннымъ и избраннымъ величинамъ, вычислить нормальную ширину для каждаго участка рѣки по формуламъ:

$$l = \frac{i \cdot \Omega_{(i)}^3}{A \cdot Q^2}.$$

Ширина эта будетъ соответствовать тому меженному горизонту, при коемъ производились всѣ изслѣдованія рѣки. Если предполагаемое возвышеніе гребней выправительныхъ сооружений надъ симъ горизонтомъ есть z и уголъ наклоненія къ горизонту тѣхъ граней сихъ сооружений, конми будетъ стѣсненъ потокъ есть α , то нормальная ширина въ уровнѣ гребней сооружений должна быть

$$L = l + 2z \cotg \alpha.$$

Впрочемъ, величиною $2z \cotg \alpha$, по ея незначительности сравнительно съ величиною l и въ виду общей неточности дѣлаемаго вычисленія, можно пренебрегать и принять $L = l$.

Если участокъ рѣки, уклонившійся отъ нормальнаго состоянія представляетъ собою чрезмѣрно развитую кривизну — *петлю*, большой длины и съ весьма слабымъ уклономъ, показанную на черт. 3 таб. 58, то работы по устраненію встречаемыхъ судоходствомъ неудобствъ мо-

гутъ быть иногда удешевлены спрямленіемъ рѣки посредствомъ прокопа *ab*. Въ такомъ случаѣ прокопъ проектируется между пунктами *a* и *b*, въ направленіи плавно сопрягающемся съ прилегающими кривизнами рѣки. Если грунтъ, въ мѣстѣ предполагаемаго прокопа, — слабый, размываемый, то по оси прокопа прорывается только канава, шириною по дну около $\frac{1}{10}$ всей ширины русла и глубиною насколько возможно ниже горизонта воды, причемъ въ концахъ ея у (*a* и *b*) въ теченіи всей работы остаются не вынутыя части грунта въ видѣ перемычекъ; земля изъ канавы отвозится за границы предполагаемаго русла. По окончаніи канавы перемычки въ концахъ ея выбираются и приступаютъ къ устройству струенаправляющей дамбы *cc*. Вода, по мѣрѣ возведенія сей дамбы, все съ большею и большею силою направляется въ канаву и въ направленіи ея разрабатываетъ себѣ русло соотвѣтственной ширины и глубины. Если грунтъ твердый, трудноразмываемый, то прокопъ на всю потребную глубину и ширину разрабатывается выемкою и землечерпаніемъ.

Совершенно особенными мѣстами въ рѣкахъ по свойствамъ своимъ представляются устья рѣкъ. Рѣчной потокъ, впадая въ массу стоячей воды — въ море или озеро, или въ массу двигающейся воды — въ рѣку, встрѣчаетъ препятствіе своему движенію, выражающееся въ ударѣ и подпорѣ. Препятствіе это производитъ уменьшеніе скоростей его движенія во всѣхъ струяхъ, распространяющееся отъ мѣста полнаго сліянія его со встрѣчною массою воды на нѣкоторое протяженіе вверхъ по теченію. Послѣдствіемъ сего должно быть, какъ намъ извѣстно, и всегда бываетъ — отложеніе наносовъ, влекомыхъ впадающимъ потокомъ, на всемъ протяженіи происходящаго уменьшенія его скоростей теченія какъ въ руслѣ самаго потока, такъ и въ томъ руслѣ, въ которое онъ впадаетъ. Отложенія эти увеличиваются по мѣрѣ увеличивающейся потери скоростей теченія и достигаютъ наибольшей величины за предѣлами русла потока, нѣсколько не доходя мѣста полнаго сліянія его съ массою встрѣчной воды. Въ руслѣ потока они возвышаютъ дно и вызываютъ тѣмъ въ потокѣ стремленіе къ соотвѣтственному развитію русла въ ширину, а въ руслѣ принимающемъ потокъ они образуютъ значительную отмель называемую баромъ, (А) черт. 4, таб. 58 и черт. 1, таб. 63.

Въ руслахъ больше или меньше устойчивыхъ устье впадающаго

потока, хотя и получаетъ въ планѣ видъ расширяющейся къ концу воронки, но какъ засореніе его такъ и развитіе въ ширину останавливаются обыкновенно въ извѣстныхъ предѣлахъ по слѣдующимъ причинамъ. Если потокъ впадаетъ въ море (безъ приливовъ) или озеро, съ постояннымъ, мало измѣняющимся горизонтомъ воды; то засореніе устья потока наносами увеличивается при относительномъ пониженіи горизонта воды въ потокѣ, при *нагонныхъ* вѣтрахъ (дующихъ противъ теченія) и при прибоѣ (волнѣ), направленномъ противъ теченія; при относительномъ повышеніи горизонта воды потока и вѣтрахъ *угонныхъ* (дѣйствующихъ по теченію), въ устьѣ его происходитъ увеличеніе поверхностнаго уклона и скоростей теченія; вслѣдствіе чего, благодаря устойчивости береговъ, засоренія не только не увеличиваются, но часть прежде отложившихся наносовъ *выносятся изъ устья въ баръ*. Такимъ образомъ, усиленное отложеніе наносовъ въ устьѣ чередуется со смывомъ ихъ и въ этомъ чередованіи устанавливаются извѣстные предѣлы для его засоренія и развитія въ ширину; баръ-же постепенно приращается, рѣка создаетъ на немъ себѣ русло и вмѣстѣ съ создаваемымъ русломъ постепенно выдвигаетъ его все далѣе и далѣе въ море или озеро. Если потокъ впадаетъ въ океанъ или море съ приливами, то приливы увеличиваютъ засореніе устья, отливы же при твердыхъ берегахъ вызываютъ выносъ наносовъ изъ него въ баръ; такимъ образомъ и въ чередующемся вліяніи приливовъ и отливовъ на устьѣ устанавливается также нѣкоторое равновѣсіе. Если потокъ впадаетъ въ рѣку, то при относительномъ повышеніи горизонта воды въ рѣкѣ засореніе устья притока увеличивается, при относительномъ же повышеніи горизонта воды въ притокѣ, засореніе устья его не только уменьшаются, но при твердыхъ берегахъ часть прежде сложившихся въ немъ наносовъ выносятся въ рѣку, въ баръ. Такимъ образомъ, чередующимися вліяніями переменъ горизонтовъ воды въ притокѣ и рѣкѣ устанавливаются предѣлы засоренія и развитія устья притока въ ширину.

Въ *грунтахъ слабыхъ, легко поддающихся размыву, устье впадающаго потока* получаетъ въ планѣ также воронкообразный видъ; но, вслѣдствіе слабости береговъ, расширяется, по мѣрѣ засоренія наносами, и мелѣетъ до тѣхъ поръ, пока русло его не сдѣлается неспособнымъ пропускать всю массу воды потока, т. е. пока потокъ

не отдѣлить отъ себя рукавовъ и не образуетъ новыхъ устьевъ черт. 5, таб. 58. Образовавшіеся рукава — устья также постепенно засоряются, расширяются и мелѣютъ до отдѣленія новыхъ рукавовъ. Иногда случается, что старое коренное устье и прежде образовавшіеся рукава его совершенно заносятся наносами и потокъ прорываетъ себѣ все новыя и новыя устья. Въ разработкѣ новыхъ рукавовъ устья онѣ останавливаются вообще тогда, когда образованные имъ рукава окажутся въ такихъ условіяхъ, относительно уклоновъ, скоростей теченія, вѣтровъ, волненій и вообще распредѣленія и періодическаго перенесенія наносовъ, *при коихъ прогрессивное засореніе ихъ прекратится*; т. е. *когда вся масса приходящихъ къ устью наносовъ станетъ проноситься въ баръ, не производя дальнѣйшаго обмелнія рукавовъ.*

Расположеніе, величина, высота и ростъ *бара* у морскихъ и озерныхъ устьевъ рѣкъ зависятъ: отъ глубины моря или озера у устья и отъ уклона его дна, отъ направленія господствующихъ вѣтровъ и волненій по отношенію къ устью, отъ существующихъ береговыхъ морскихъ теченій и отъ количества наносовъ приносимыхъ рѣкою.

Если море или озеро имѣетъ небольшія глубины у устья рѣки и пологій уклонъ дна; то, а) при направленіи господствующихъ вѣтровъ прямо противоположномъ теченію рѣки, перемѣщеніе *бара* въ море или озеро будетъ останавливаться, *баръ* получитъ расположенія гребня наибольшаго возвышенія по оси устья, будетъ нарощаться наносами какъ со стороны рѣки, такъ и со стороны озера или моря и вслѣдствіе сего достигнетъ очень большой высоты, можетъ способствовать сильному засоренію устья и вызвать раздѣленіе его на рукава; б) при направленіи господствующихъ вѣтровъ наклонномъ къ направленію теченія рѣки, *баръ* получитъ наибольшее возвышеніе нѣсколько въ сторонѣ отъ оси устья или не достигнетъ большой высоты, распространяясь сравнительно на большую площадь, или вмѣстѣ съ наносами, приносимыми волненіемъ, образуетъ постепенно у устья береговую косу, въ направленіи коей произойдетъ отклоненіе потока и за симъ впереди его, подъ защитою косы, сложится новый, менѣе высокій и медленнѣе растущій, *баръ*.

Если море или озеро у устья рѣки имѣетъ крутой уклонъ дна и не вдалекѣ отъ него большія глубины (превосходящія глубину

дѣйствія волненія); то значительная часть наносовъ рѣчныхъ можетъ попадать на большія глубины и не возвращаться съ нихъ въ баръ волненіемъ; кромѣ сего, при такихъ условіяхъ, баръ весьма мало или вовсе не нарождается наносами съ моря или озера, а потому располагается въ зависимости отъ дѣйствія вѣтровъ и волненій по оси устья или въ сторонѣ отъ нея, но не достигаетъ особенно значительной высоты и сравнительно медленно растетъ.

Если въ морѣ имѣется береговое теченіе, несущее большое количество наносовъ; то, при встрѣчѣ устья рѣки подѣ большимъ угломъ, оно можетъ образовать береговую косу, отклоняющую устье рѣки; причѣмъ въ этомъ отклоненномъ устьѣ образуется, подѣ защитою косы, не высокій и сравнительно медленно растущій баръ. Если же береговое теченіе не несетъ большого количества наносовъ и встрѣчаетъ устье рѣки подѣ небольшимъ острымъ угломъ, такъ что динамическая ось впадающаго рѣчнаго потока соприкасается съ направленіемъ морскаго теченія (черт. 2 таб. 63); то всѣ наносы, приносимыя рѣкою, могутъ проноситься морскимъ теченіемъ далѣе и у устья рѣки баръ или вовсе не образуется, или, если образуется, то не растетъ.

Количество наносовъ влекомыхъ рѣчнымъ потокомъ имѣетъ большое вліяніе на величину, высоту и ростъ бара, образующагося у устья: чѣмъ количество наносовъ больше, тѣмъ размѣры бара вообще больше и тѣмъ ростъ его сильнѣе.

При раздѣленіи устья на рукава не рѣдко случается, что одинъ изъ нихъ или нѣкоторыя, болѣе слабыя, несутъ вообще весьма малыя количества наносовъ. У такихъ рукавовъ, при благопріятномъ расположеніи ихъ относительно вѣтровъ и волненій, бары образуются въ самыхъ ничтожныхъ размѣрахъ и иногда вовсе не растутъ.

Расположеніе и величина бара у устья рѣкъ, впадающихъ въ рѣки, главнымъ образомъ зависитъ отъ того угла подѣ которымъ встрѣчаются динамическія оси двухъ потоковъ и отъ *относительной силы ихъ въ поднятіи наносовъ*. Если соединеніе двухъ потоковъ совершается, какъ показано на чертежѣ 1 таб. 63, т. е. подѣ болѣе или менѣе значительнымъ угломъ; то у устья притока всегда образуется тѣмъ болѣе баръ, чѣмъ большее количество наносовъ онъ несетъ, причѣмъ баръ этотъ оказывается тѣмъ болѣе сосредоточеннымъ у оси притока, чѣмъ сравнительно меньшею силою поднятія наносовъ обладаетъ рѣка, принимающая притокъ.

Если соединеніе двухъ потоковъ происходитъ подь очень острымъ угломъ, какъ показано на черт. 3 таб. 63, т. е. если притокъ впадаетъ у вогнутого берега рѣки и динамическія оси ихъ соединяются соприкасаніемъ по кривымъ, имѣющимъ кривизны обращенныя въ одну сторону, причемъ радіусъ кривизны динамической оси рѣки меньше радіуса кривизны динамической оси притока и наносо-подъемныя силы обоихъ потоковъ приблизительно равны; то баръ или вовсе не образуется, или если образуется, то въ незначительномъ размѣрѣ и за тѣмъ вовсе не растеть. Въ этомъ можно убѣдиться на многихъ случаяхъ, встрѣчающихся въ натурѣ, и между прочимъ на черт. 1 таб. 64, изображающемъ впаденіе рѣки Суры въ р. Волгу.

Изъ изложеннаго слѣдуетъ:

1. Что въ устьяхъ рѣкъ судоходство можетъ встрѣчать двоякаго рода препятствія: а) собственно въ руслѣ рѣчнаго устья — отъ недостатка глубины въ межень, отъ крутыхъ поворотовъ и узкости хода и вообще отъ тѣхъ неблагопріятныхъ условій, которыя обыкновенно въ рѣкахъ встрѣчаются и б) на барѣ у устья — отъ недостатка глубины, извилистости хода и разныхъ неблагопріятныхъ обстоятельствъ, зависящихъ отъ того, куда выходъ направленъ въ море, озеро или въ рѣку.

и 2. Что мѣры, принимаемыя для улучшенія судоходныхъ условій въ устьяхъ рѣкъ, должны вообще вести къ одновременному благопріятному достиженію двухъ цѣлей: *улучшенія условій въ руслѣ устья и на барѣ.*

Изъ описанныхъ свойствъ морскихъ и озерныхъ устьевъ рѣкъ ясно видно, что улучшеніе судоходныхъ условій собственно въ руслахъ сихъ устьевъ можетъ быть достигнуто путемъ сжатія потока и созданія ему устойчивыхъ береговъ, т. е. путемъ выправительныхъ работъ; но что эти работы никакимъ образомъ не должны сопровождаться сосредоточеніемъ всего потока раздѣлившагося на рукава въ одномъ руслѣ, потому что такое сосредоточіе неизбежно повлечетъ за собою усиленіе роста бара и ухудшеніе судоходныхъ его условій. Нераціональность подобнаго сосредоточенія раздѣлившагося на рукава устья въ одномъ руслѣ доказана уже и на опытѣ между прочимъ при неудачныхъ работахъ по улучшенію устьевъ р. Роны во Франціи и у насъ р. Волги.

Точно также изъ описанныхъ свойствъ морскихъ и озерныхъ

устьевъ рѣкъ вытекаетъ, что выдвиганіе, возводимыхъ въ руслѣ устья, водостѣснительныхъ сооружений на *баръ*, можетъ вообще способствовать лишь той работѣ, которую сама рѣка производитъ, т. е. ускорять перемѣщеніе *бара* въ море или озеро, но не можетъ привести къ углубленію его. Поэтому, при слабыхъ уклонахъ дна и малыхъ глубинахъ у морскихъ и озерныхъ устьевъ, возведеніе водостѣснительныхъ сооружений на *барахъ* не можетъ дать полезныхъ результатовъ для судоходства, что и доказано опытомъ тѣхъ же неудачныхъ работъ въ устьяхъ р. Роны и р. Волги. Возведеніе водостѣснительныхъ сооружений на *барѣ* можетъ быть полезно въ двухъ только случаяхъ:

1. Когда вблизи устья имѣются очень большія глубины и *баръ* можетъ быть сдвинуть къ этимъ глубинамъ; примѣръ благопріятныхъ результатовъ отъ водостѣснительныхъ работъ на *барѣ* въ подобнѣхъ условіяхъ представляютъ работы инженера Идса по улучшенію Южнаго рукава устья р. Миссиссипи.

и 2. Когда вблизи устья имѣется береговое теченіе и *баръ* можетъ быть сдвинуть къ сему теченію въ такомъ благопріятномъ направленіи, при коемъ онъ будетъ сноситься теченіемъ (черт. 2 таб. 63).

Если морское или озерное устье рѣки раздѣляется на рукава; то для улучшенія судоходныхъ условій, очевидно, долженъ быть выбранъ или такой рукавъ, при коемъ имѣются вышеупомянутыя благопріятныя условія для устраненія препятствій отъ *бара* или такой, хотя бы и самый слабый, который несетъ наименьшее количество наносовъ, имѣеть самый малый *баръ* и благопріятное расположеніе относительно вѣтровъ и волненій; причемъ рукавъ этотъ можетъ быть выправленъ и углубленъ посредствомъ водостѣснительныхъ сооружений и землечерпанія, а потребная глубина на *барѣ* его можетъ быть въ крайнемъ случаѣ поддерживаема землечерпаніемъ. Въ устьяхъ р. Дуная по такимъ соображеніямъ (по совѣту англійскаго инженера Гартлея) выбранъ для улучшенія Сулинскій рукавъ, причемъ препятствія отъ *бара* у сего рукава, благодаря имѣющемуся береговому морскому теченію, оказалось возможнымъ устранить при помощи водостѣснительныхъ сооружений.

Если такихъ, удобныхъ для улучшенія, рукавовъ устье рѣки не имѣеть; то единственнымъ средствомъ улучшенія судоходныхъ усло-

вій въ устьѣ представляется прорытіе судоходнаго канала, который бы представлялъ собою желаемый рукавъ. Каналь этотъ, очевидно, долженъ быть прорытъ въ удобномъ по отношенію къ вѣтрамъ и волненіямъ направленіи, съ возможно малымъ уклономъ и съ такимъ достаточнымъ для судоходства поперечнымъ сѣченіемъ, при конхъ нельзя опасаться, что весь потокъ или значительная его часть могутъ въ него направиться. Если подобныя опасенія возможны, то каналъ нужно шлюзовать, т. е. посредствомъ особыхъ затворовъ закрывать и открывать лишь для пропуску судовъ.

Посредствомъ устройства канала рѣшенъ вопросъ объ улучшеніи судоходныхъ условій въ устьяхъ р. Роны.

При впаденіи рѣкъ въ рѣки судоходство встрѣчаетъ препятствія какъ въ руслѣ устья притока, такъ и въ руслѣ рѣки, принимающей притокъ (отъ бара); эти оба рода препятствій, очевидно, могутъ быть устранены при помощи выправительныхъ работъ направленныхъ такимъ образомъ, чтобы соединеніе обояхъ потоковъ совершалось какъ показано на черт. 3 таб. 63.

При впаденіи несудоходныхъ постоянныхъ и временныхъ ручьевъ въ судоходныя рѣки, въ руслахъ судоходныхъ рѣкъ также образуются бары препятствующія судоходству; для устраненія этихъ *баровъ* (выносовъ), приведеніе соединенія двухъ потоковъ при помощи выправленія къ виду, показанному на черт. 3 таб. 63, иногда бываетъ недостаточнымъ; потому что выносы изъ небольшихъ и временныхъ ручьевъ, обладающихъ крутыми уклонами, иногда бываютъ такъ велики и состоятъ изъ такихъ крупныхъ и тяжелыхъ матеріаловъ, что судоходная рѣка бываетъ не въ состояніи ихъ поднять. Въ такихъ случаяхъ необходимо принять еще мѣры къ ослабленію самихъ выносовъ: это достигается соотвѣтственнымъ укрѣпленіемъ береговыхъ откосовъ ручьевъ и уменьшеніемъ уклона ихъ потока, посредствомъ устройства въ руслахъ ихъ прочныхъ запрудъ, съ прочнымъ же укрѣпленіемъ у нихъ русла въ днѣ и откосахъ.

О П Е Ч А Т К И

замѣченные въ 1-омъ и 2-омъ выпускахъ курса внутреннихъ
водяныхъ сообщеній.

Стран.:	Строки:	Напечатано:	Слѣдуетъ:
11	12 сверху	0,000853	0,0000853
12	17 »	$i=0,115-0,00069 h^2$	$1000 i=0,115-0,00069 h^2$
12	17 »	$m=767$	$ml=767 \sqrt{1000}$
12	19 »	$Q=767 h^{3/2} \sqrt{0,115-0,00069 h^2}$	$Q=767 h^{3/2} \sqrt{0,115-0,00069 h^2}$
12	26 »	$Q=mh^{3/2} \sqrt{i}$	$Q=mh^2 \sqrt{i}$
16	4 снизу	$C = \frac{63 + \frac{0,00155}{i}}{0,55 + 23 + \frac{0,00155}{i} \frac{0,025}{\sqrt{R}}}$	$C = \frac{63 + \frac{0,00155}{i}}{0,55 + \left(23 + \frac{0,00155}{i}\right) \frac{0,025}{\sqrt{R}}}$
16	6 »	$C = \frac{63 + \frac{0,00155}{i}}{1 + 23 + \frac{0,00155}{i} \frac{0,025}{\sqrt{R}}}$	$C = \frac{63 + \frac{0,00155}{i}}{1 + \left(23 + \frac{0,00155}{i}\right) \frac{0,025}{\sqrt{R}}}$
21	8 »	выступающія	выступающія
24	15 »	$-2\alpha(x^2 + nr^2)$	$-2\alpha(x^2 + n^2 r^2)$
24	12 »	$8\alpha xnr[U - \alpha x^2 - \alpha nr^2] =$ $= 8\alpha nrx[V_x - nr^2]$	$8\alpha xnr[U - \alpha x^2 - \alpha n^2 r^2] =$ $= 8\alpha nrx[V_x - \alpha n^2 r^2]$
24	8 »	$\frac{4K\gamma\delta\pi\sqrt{hi}r^4n^2}{2gh^2}$	$\frac{4K\gamma\delta\pi\sqrt{hi}r^4n^2}{2gh^2}$
25	13 сверху	$V_x = \varphi\sqrt{hi} - \frac{K\sqrt{hi}}{h^2} x^2$	$V_x = \varphi\sqrt{hi} - \frac{K\sqrt{hi}}{h^2} x^2 + K_1\sqrt{hi}$
25	14, 16 и 20 »	$(\varphi - K)\sqrt{hi}$	$(\varphi + K_1 - K)\sqrt{hi}$
25	17 »	$\left[\varphi - K\left\{1 - \left(\frac{uv}{h}\right)^2\right\}\right]$	$\left[\varphi + K_1 - K\left\{1 + \left(\frac{uv}{h}\right)^2\right\}\right]$
25	1 снизу	$\frac{4K\gamma\delta\pi r^3 n^2 hi}{2gh} [\varphi - K] =$ $= \frac{4K\gamma\delta\pi r^3 n^2 V_h}{2gh}$	$\frac{4K\gamma\delta\pi r^3 n^2 hi (\varphi + K_1 - K)}{2gh} =$ $= \frac{4K\gamma\delta\pi r^3 n^2 V_h^2}{2gh(\varphi + K_1 - K)}$

Стран.:	Строки:	Напечатано:	Следует:
25	4 снизу	$\left(1 - \left(\frac{nr}{h}\right)^2\right)$	$\left(1 + \left(\frac{nr}{h}\right)^2\right)$
37	5 »	собирать	собирать
45	2 »	и грузовой	у грузовой
46	3 сверху	шпангоушовъ	шпангоутовъ
46	8 »	устойчивостью	остойчивостью
46	19 »	имѣть.	имѣть:
48	12 снизу	$\varphi l L H - p$	$\varphi l L H \delta - p$
51	11 »	$f' a' d'$	$f a' d'$
51	9 и 7 »	об. $f a f'$	об. $f a' f'$
51	3 »	$V(ko + k'o) = v' k' k$	$v(ko + k'o) = vk' k$
51	2 »	оттуда	откуда
52	8 сверху	$\frac{y^3 \alpha}{8} \cdot \Delta Z$	$\frac{y^2 \alpha}{8} \cdot \Delta Z$
52	10 »	$2ck = 2 \cdot \frac{2}{3} \cdot \frac{y}{2}$	$2ck = 2 \cdot \frac{2}{3} \cdot \frac{y}{2}$
54	4 »	крана	крена
56	3 снизу	$S\theta$	$S\theta'$
60	6 сверху	φ^1	φ_1
61	3 снизу	$\frac{H(1 + n_1^2) \varphi'/\varphi}{g(\varphi' n_1^2 - 12\varphi n^2)}$	$\frac{H(1 + n_1^2) \varphi_1 \varphi}{g(\varphi' n_1^2 - 12\varphi n_2)}$
62	6 »	абсолютная	абсолютная
69	12 »	Σ_N^P	Σ_N^P
75	5 »	$\frac{W v^2}{\rho}$	$\frac{W v^2}{\rho}$
76	7 »	k^1	k'
76	5 »	$\frac{k' \delta \gamma^2}{64g} \gamma H L^4$	$\frac{k' \delta \gamma^2}{64g} \lambda H L^4$
78	3 сверху	$\frac{\gamma}{\sin \beta}$	$\frac{\gamma_1}{\sin \beta}$
92	2 »	$\alpha + \frac{2S}{\lambda}$	$\alpha + \frac{2S}{\lambda P}$
101	7 »	(Чер. 86)	(Чер. 85)
105	3 сверху	канату;	канату,
106	21 »	лопатки	лопатки
106	24 <	(Чер. 92)	(Чер. 91)
107	6 »	а изливается	изливается
108	4 »	$\frac{k' \delta a [(u_0 \pm c)]^2}{2g}$	$\frac{k' \delta a [v - (u_0 \pm c)]^2}{2g}$
108	1 снизу	β	δ
111	17 сверху	кабестанской	кабестанной
114	6 снизу	$\frac{(ph + F) u}{0,92}$	$\frac{(ph + F) u_0}{0,92}$
114	1 »	$\frac{F'}{\varphi'}$	$\frac{T_r}{\varphi'}$

Страница:	Строки:	Напечатано:	Следует:
115	12 снизу	$\frac{0,1 u_0 F}{(ph + u)_0} = \frac{1,17 F}{ph}$	$\frac{0,1 u_0 F}{(ph + F) u_0} = \frac{1,17 F}{ph + F}$
115	9 >	$\frac{1,17}{0,17}$	$\frac{11,7}{0,17 F}$
115	6 >	$\frac{1,17 u_0 F + cF}{u_0 F + u_0 ph} = \frac{1,17 (u_0 F + cF)}{u_0 F + u_0 ph}$ $= \frac{u_0 + (0,17 u_0 + 1,17 c) F}{u_0 F + u_0 ph}$	$\frac{1,17 (u_0 F + cF)}{u_0 F + u_0 ph} = \frac{u_0 F + (0,17 u_0 + 1,17 c) F}{u_0 F + u_0 ph}$
129	9 сверху	не устранимы	неустранимы
129	16 >	корчахъ	карчахъ
146	8 снизу	$\frac{2F}{3\lambda^2}$	$\frac{2P}{9\lambda^2}$
147	10 >	$3R(Rk - Qq)$	$3R(Pk - Qq)$
51	2 сверху	$= \frac{3 M_0}{P} \approx \frac{Rb}{2}$	$= 3 M_0$ и $P \approx \frac{Rb}{2}$
151	9 снизу	$\left[\frac{nH^2}{2} + an + \frac{mH^2}{2} \right]$	$\Delta \left[\frac{nH^2}{2} + aH + \frac{mH^2}{2} \right]$
152	6 сверху	$(1 + tg^{\theta})$	$(1 + mtg^{\theta})$
154	3 снизу	$\frac{\Delta H}{6} \left[H^2 (n^2 + \dots) \right]$	$\frac{\Delta H}{6} \left[H^2 (2n^2 + \dots) \right]$
163	13 >	$[2x - 3\lambda]$	$[2x - 3\lambda_1]$
178	12 сверху	срѣзовъ	срѣзюкъ
204	5 снизу	Бремергафанъ	Бремергафентъ
205	7 >	бакохъ	бокахъ
234	15, 16 и 18 св.	bcd	$b_1 c_1 d_1$
236	1 снизу	черт. 8	на черт. 8.
245	4 сверху	$\frac{S_2}{h^3}$	$\frac{S_2}{h_1^3}$
246	8 >	$\frac{H^2}{h^3}$	$\frac{H^2}{h_1^3}$
246	14 >	$\frac{Q_2}{Q_1} i$	$\frac{Q_1^2}{Q_1^2} i$
249	12 >	U_1	u_1
249	14 >	$\frac{\partial h U^2 \sin^2 \alpha}{g}$	$\frac{\partial h U^2 \sin^2 \alpha}{g}$
253	3 снизу		при $iS = \frac{h_1}{3}$
255	6 сверху	$T_{max} = \frac{\partial h_1^2 Q^2}{18 Q_1^2} \left(\frac{Q^2}{Q_1^2} + 2 \right)$	$T_{max} = \frac{\partial h_1^2 Q^2}{18 Q_1^2} \left(\frac{Q^2}{Q_1^2} + 4 \right)$