

А. В. ОГНЕВСКИЙ

ГИДРОМЕТРИЯ

И ПРОИЗВОДСТВО ГИДРОМЕТРИЧЕСКИХ РАБОТ

ОНТИ - НКТП - СССР

1 0 3 7

Проф. А. В. ОГИЕВСКИЙ
ДОКТОР ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК

ГИДРОМЕТРИЯ И ПРОИЗВОДСТВО ГИДРОМЕТРИЧЕСКИХ РАБОТ

ОПЕЧАТКИ

Страница	Строка	Напечатано	Должно быть	По чьей вине
65	21 сверху	измерений	изменений	корр.
194	2 "	планкой, на конце которой	планкой на конце, которой	ред.
304	6 "	$= \frac{1}{10} P_1$	$= \frac{1}{10^3} P_1$	тип.
308	19 снизу	с 1-го	1-го	ред.

А. В. Огиевский, Гидрометрия

Цена 7 р.



ОБЪЕДИНЕННОЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
ГЛАВНАЯ РЕДАКЦИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЛИТЕРАТУРЫ
МОСКВА

1937

ЛЕНИНГРАД

ПРЕДИСЛОВИЕ КО 2-му ИЗДАНИЮ

Настоящее 2-е издание является по сути четвертой переработкой систематического курса гидрометрии, составленного и опубликованного автором еще в 1930 г. (на украинском языке, а несколько позже в сокращенном виде — на русском языке), т. е. тогда, когда систематические курсы гидрометрии в советской литературе были представлены всего лишь двумя книгами — литографированным курсом С. И. Коллупайло (Москва, 1918 г.) и весьма кратким курсом В. Н. Владычанского (Ташкент, 1924 г.). Первое издание этой книги получило достаточно высокую оценку и разошлось без остатка более двух лет назад.

Некоторые из предложенных нами тогда построений уже вошли в текущую гидрометрическую практику и литературу.

Настоящее издание переработано применительно к новейшим данным в области гидрометрических изучений, в том числе к некоторым исследованиям автора книги; в то же время по условиям издания эта книга значительно сокращена в своем объеме — почти на одну треть.

Наиболее значительной переработке подверглись такие, большей частью написанные заново, разделы: промерные работы, топографические работы, вертушки, раздел специальных измерений, раздел об установлении связи между уровнями и расходами при наличии льда, изучение наносов.

Сокращения выполнены так, чтобы ни в коей мере не нарушить целостности и полноты изложения по основным вопросам и приемам гидрометрических изучений; сокращениям, главным образом, подвергнуты: вступительные сведения, приборы для измерения скоростей (в части малоупотребительных и устаревших), определение расходов при помощи водосливов, вычисления стока. Далее вовсе исключены: раздел об изучении испарения с водной поверхности, понятия об измерении и обработках осадков, определение площади бассейна. При этом следует отметить, что последние из подвергнутых сокращению или исключению разделов в достаточно полном виде приведены в изданном автором в 1936 г. его курсе «Гидрологии» (Москва, 1936 г.).

Книга в ее теперешнем виде сохранила целиком ее прежний характер, а именно в ней имеется не только изложение принципов и содержания гидрометрических изучений на поверхностных водах суши, но и достаточно полно освещены вопросы самого производства гидрометриче-

ских работ, т. е. освещены вопросы, которым в иных курсах гидрометрии обычно не уделяется надлежащего внимания; весьма подробно рассмотрены также вопросы о построении зависимостей расходов от уровней, которые являются наиболее ответственными зависимостями, применяемыми в гидрометрии.

Прежний список литературы сокращен путем исключения устаревших работ и дополнен в части новейшей специальной литературы.

Надеемся, что предлагаемая книга в настоящем ее виде попрежнему окажется полезной не только как учебное пособие для студентов вузов и вузов, но и как достаточно полное руководство для производственников, работающих в области гидрометрии и гидрологии.

Считаю своим приятным долгом выразить здесь благодарность за ряд полезных замечаний профессору-доктору Е. В. Близняку, а за сообщение некоторых материалов И. К. Тихомирову и В. А. Троицкому.

Киев, 10/V 1937 г.

Проф. А. В. Огиевский
ДОКТОР ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК

ОГЛАВЛЕНИЕ.

	Стр.
Предисловие	9
ОТДЕЛ ПЕРВЫЙ	
СОДЕРЖАНИЕ ГИДРОМЕТРИИ И ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ОРГАНИЗАЦИИ ГИДРОМЕТРИЧЕСКИХ РАБОТ	
Глава I. Вступительные сведения	
1. Понятие гидрометрии; связь с гидрологией	9
2. Объекты изучения гидрометрии и ее применение	—
3. Краткие исторические сведения. Гидрометрические работы в СССР	11
Глава II. Основные принципы организации гидрометрических работ	
4. Необходимость многолетних наблюдений за основными элементами	14
5. Основной прием организации гидрометрических исследований	15
6. Общие основания организации гидрометрических работ	16
ОТДЕЛ ВТОРОЙ	
ПРОМЕРНЫЕ РАБОТЫ	
Глава III. Промерные работы	
7. Цель промерных работ	18
8. Приспособления для производства промеров	—
9. Состав промерных работ и способы их выполнения	20
10. Промеры по тросу или бичеве	22
11. Промеры с засечками по створам	24
12. Промеры по продольным профилям и косым галсам	25
13. Обработка промеров	26
14. Особенности промерных работ на стоячих водоемах	27
ОТДЕЛ ТРЕТИЙ	
УСТРОЙСТВО НАБЛЮДАТЕЛЬНЫХ ПУНКТОВ	
Глава IV. Основные данные по устройству наблюдательных пунктов	
15. Виды основных наблюдательных пунктов	29
16. Принципы устройства водомерного поста	30
17. Общие понятия о гидрометрическом створе	31
18. Гидрометрические станции	32
19. Основная сеть	33
20. Выбор расположения наблюдательных пунктов	—
21. Реконструкция и выбор места для основных наблюдательных пунктов	34
22. Топографические работы	40
Глава V. Типы водомерных постов	
23. Подразделение простых постов	44
24. Речной пост	—
25. Свайный пост	47
26. Смешанные и мостовые посты	49
27. Передаточные посты	—
28. Автоматические устройства для регистрации крайних уровней	50
29. Самопишущие посты (лимниграфы)	51
30. Выбор типа поста	56
31. Приспособления для уточнения отсчетов	58
Глава VI. Реперы	
32. Общие требования к реперам и виды последних	59
33. Постоянные реперы	60
34. Реперные марки и потайные реперы	61
35. Временные реперы	—

Глава VII. Постановка и организация наблюдений на постах

36. Составление технического списка. Контрольный журнал	62
37. Постановка наблюдений	63
38. Уход за постом	65
39. Производство наблюдений в период отсутствия льда	66
40. Производство наблюдений за ледовыми явлениями	68
41. Формы записей	72
42. Поверка поста	73
43. Ремонт и перенос поста	74

Глава VIII. Обработка уровней и сопутствующих им явлений

44. Общий порядок обработок	75
45. Первичная обработка и поверка уровней	—
46. Основные обработки для года и для многолетия	78
47. Повторяемость и продолжительность	80
48. Статистические характеристики	82
49. Типовой график распределения уровней в году	85
50. Обработка явлений, сопутствующих изменениям уровней	86
51. Кривые связи соответственных уровней	88

Глава IX. Устройство гидрометрического створа

52. Выбор направления створа и его закрепление	91
53. Оборудование створа	94
54. Содержание створа	98

ОТДЕЛ ЧЕТВЕРТЫЙ**ПРИБОРЫ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ СКОРОСТЕЙ****Глава X. Скорости течения в открытом русле**

55. Цели измерения скоростей. Общий характер течения в реках	99
56. Скорости в точке. Пульсация	—
57. Скорости на вертикалях	101
58. Вычисление средней скорости на вертикали	103
59. Эпюры скоростей. Изотакхи	108
60. Приемы и приборы для измерения скоростей	109

Глава XI. Поплавки

61. Поверхностные поправки	110
62. Глубинные поправки	—
63. Гидрометрический шест	111
64. Поплавки-интеграторы	112

Глава XII. Вертушки

65. Принципы устройства и работы вертушек	113
66. Части вертушек	114
67. Опускание вертушек на штанге и на тросе	119
68. Типы вертушек	127
69. Характеристики вертушек и их работы; требования к ним	—
70. Описание некоторых вертушек	131
71. Приборы для измерения направления струй	138
72. Принадлежности оборудования вертушек	143
73. Содержание вертушек с принадлежностями и поверка их	147

Глава XIII. Тарировка вертушек

74. Сущность тарировки	149
75. Тарировочные бассейны	151
76. Тарировка в полевой обстановке	153
77. Эталонирование вертушек	155
78. Обработка данных тарировки	156
79. Пользование тарировкой	162

Глава XIV. Батометры и динамометры

80. Батометр-тахиметр	163
81. Трубки Пито-Дарси и Амслера	165

ОТДЕЛ ПЯТЫЙ

ИЗМЕРЕНИЕ РАСХОДОВ И НЕКОТОРЫЕ СПЕЦИАЛЬНЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ

Глава XV. Способы определения расходов

82. Модель расхода	168
83. Способы определения расходов	169
84. Организация изучения расходов	171

Глава XVI. Определение расходов при помощи поплавков

85. Общая характеристика поплавочных измерений	172
86. Подготовительные работы	173
87. Измерение скоростей	175
88. Обработка полевых данных	178
89. Особенности измерений гидрошестами и интеграторами	181

Глава XVII. Определение расходов при помощи вертушек

90. Содержание и организация работ	182
91. Подготовительные работы	183
92. Назначение числа скоростных вертикалей	184
93. Обозначение вертикалей	185
94. Способы измерения скоростей на вертикалях	187
95. Продолжительность наблюдений в точках	189
96. Общий порядок измерений скоростей	190
97. Порядок записей	191
98. Особые случаи измерений	193
99. Измерение скоростей батометрами и гидрометрическими трубками	195

Глава XVIII. Обработка вертушечных измерений

100. Общий порядок обработки	196
101. Обработка глубин и скоростей в точках	197
102. Вычисление расхода графоаналитическим способом	198
103. Вычисление расхода графомеханическим способом	202
104. Упрощенные аналитические способы	203
105. Вычисление расхода по изотаксам (метод Кульмана)	205
106. Приведение расхода к расчетному уровню	207
107. Вычисление дополнительных характеристик измерений расходов	211

Глава XIX. Определение расходов способами: гидравлическим, смещения и объемным

108. Применение теории водосливов к измерению расходов	213
109. Водяные дюймы и модули	215
110. Определение расхода по уклону и живому сечению	217
111. Способ смещения	222
112. Объемный способ	227

Глава XX. Некоторые специальные измерения

113. Измерения направления струй	227
114. Измерения расходов шуги и льда; фильтрация в зазорах	232
115. Изучение коэффициентов шероховатости	233

ОТДЕЛ ШЕСТОЙ

ПОСТРОЕНИЕ КРИВЫХ РАСХОДОВ И ВЫЧИСЛЕНИЕ СТОКА

Глава XXI. Построение кривых расходов при отсутствии льда

116. Материалы и порядок построения	235
117. Анализ основных данных	238
118. Построение однозначной связи расходов с уровнями	241
119. Составление расчетной таблицы и проверка найденной зависимости	243
120. Экстраполяционные вычисления	244
121. Нахождения аналитических выражений для кривых расхода	247
122. Случай резких изменений уклонов при подъемах и спадах	254
123. Связь расходов с уровнями при переменном русле	255
124. Связь расходов с уровнями при переменном подпоре	262
125. Кривые расхода для заболоченных рек	264

Глава XXII. Связь между уровнями и расходами при наличии льда

126. Общие условия прохождения расходов при наличии льда	268
127. Характеристики влияния льда на ход уровней	269
128. Различные случаи вычисления зимних расходов	271

	Стр.
§ 129. Способы для интерполяционных вычислений зимних расходов	273
§ 130. Гидрометеорологический способ автора	274
§ 131. Иные способы вычисления зимних расходов	285
§ 132. Упрощенные приемы вычисления зимних расходов	287
§ 133. Особые случаи при наличии льда	288

Глава XXIII. Вычисление стока

§ 134. Вычисление секундного стока	290
§ 135. Ошибки вычислений и точность их	292
§ 136. Вычисление характеристик стока	294
§ 137. Обработки расходов	296
§ 138. Перенос кривой расхода из одного сечения в другое	297

ОТДЕЛ СЕДЬМОЙ

ИЗУЧЕНИЕ НАНОСОВ

Глава XXIV. Наносы, взвешенные и растворенные

§ 139. Наносы и направление их изучения	298
§ 140. Приборы для учета взвешенных и растворенных наносов	300
§ 141. Приемы для учета взвешенных наносов	303
§ 142. Детальный учет	305
§ 143. Суммарный и одноточечный учет	307
§ 144. Вычисления стока взвешенных наносов	309
§ 145. Учет растворенных наносов	311
§ 146. Изучение распределения и перемещения наносов	312

Глава XXV. Донные наносы

§ 147. Приборы для учета донных наносов	315
§ 148. Учет донных наносов	320
§ 149. Изучение деформации русла и его грунтов	321
§ 150. Понятие о механическом анализе	323
§ 151. О путях усовершенствования гидрометрических изучений	325

П р и л о ж е н и я

1. Таблица к формуле кривой подпора Дюпон-Рюльмана	327
2. Форма технического списка водомерного поста	328
3. Форма бланка для измерения расходов воды поплавками	331
4. Форма полевого журнала измерения расхода воды вертушкой	333
5. Таблица поправок на снос троса диаметром 5 мм при каплевидном грузе	335
Извлечение из списка литературы к 1 изданию	336
Дополнительный список использованной литературы (для 2 изд.)	337
Именной указатель	338
Предметный указатель	340

**СОДЕРЖАНИЕ ГИДРОМЕТРИИ И ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ
ОРГАНИЗАЦИИ ГИДРОМЕТРИЧЕСКИХ РАБОТ**

ГЛАВА I

ВСТУПИТЕЛЬНЫЕ СВЕДЕНИЯ**§ 1. Понятие гидрометрии; связь с гидрологией**

Гидрометрия (измерение воды) в самом обширном толковании этого термина, имеет своим предметом изучение методов количественного учета различных элементов, характеризующих режим вод (т. е. их поведение, жизнь), находящихся как на поверхности земного шара, так и в его недрах и, наконец, в воздушной оболочке земли.

Вместе с гидрографией, содержание которой состоит в описании внешних характеристик водных объектов (геометрических и морфометрических), гидрометрия является частью обширной науки о режиме вод, носящей название гидрологии.

Гидрологию обычно делят на ряд разделов применительно к различным видам водных объектов: 1) гидрология морей и океанов (океанология); 2) гидрология рек (потамология); 3) гидрология озер (лимнология); 4) гидрология ледников (гляциология); 5) гидрология подземных вод (гидрогеология); 6) гидрология атмосферных вод (гидрометеорология).

В понятие гидрометрии в его широком понимании, как указывалось, должны были бы входить методы измерения различных элементов во всех вышеуказанных водных объектах. Практически же в отдельный курс гидрометрии выделяют обычно лишь гидрометрию поверхностных водных потоков и водоемов суши, так как методы измерений для морей и океанов, ледников, подземных и атмосферных вод, существенно отличаясь от методов измерений на потоках и водоемах суши, составляют содержание соответствующих разделов в особых курсах, посвященных указанным выше водным объектам.

Настоящее изложение имеет в виду только гидрометрию поверхностных вод суши; при этом в рассмотрение не включена гидрометрия крупных озер и приливных устьевых участков рек, поскольку методы изучения последних стоят ближе к методам морских гидрометрических работ.

§ 2. Объекты изучения гидрометрии и ее применение

Главными характеристиками, количественно и качественно определяющими режим водных потоков, можно считать:

1) **расход воды Q** , т. е. количество воды, протекающее через поперечное сечение русла реки в единицу времени; главными компонентами характеристик расхода являются: а) живое сечение русла реки, т. е. та часть поперечного сечения русла (нормального к направлению течения), которая заполнена текущей водой и ограничена сверху уровнем воды; б) скорости течения воды, зависящие от уклонов поверхности воды и характеристик русла (глубины, ширины, шероховатости и пр.);

2) **высоту стояния уровня воды**, зависящую от величины расхода, характеристик русла реки и уклона;

3) **твёрдый расход**, т. е. количество проносимых водой реки растворенных, взвешенных и влекомых по дну веществ;

4) **физические характеристики**: температурный режим, испарение воды, ледообразование, цвет, прозрачность, запах и вкус воды;

5) химические характеристики (жесткость, соленость, кислотность, содержание различных химических соединений и растворенных газов);

6) гидробиологические и санитарно-технические характеристики (растительность, животные организмы, бактерии).

Главными характеристиками, количественно определяющими режим стоячих водоемов поверхности суши, можно считать:

1) объем воды W , определяемый размерами чаши водоема;

2) баланс прихода и расхода воды, связанный с изменчивостью притока, стока и испарения.

3) высота стояния уровней воды, зависящая от объемов воды;

4) физические и химические характеристики;

5) гидробиологические и санитарно-технические характеристики.

Гидробиологические и санитарно-технические характеристики рек и стоячих водоемов изучаются по методам гидробиологии и бактериологии; изучение химических характеристик, осуществляемое методами гидрохимии, иногда включается в круг гидрометрических исследований. Ряд геометрических элементов изучается по методам и правилам геодезии. Остальные характеристики и их компоненты изучаются методами гидрометрии.

Все элементы водных потоков, изучаемые гидрометрией, отличаются большей или меньшей изменчивостью: постоянно меняются расходы воды в реке, уровни воды, уклоны, скорости течения, твердые расходы; физические и химические характеристики реки и элементы сечений русла. Отличается изменчивостью также и ряд элементов, характеризующих стоячие водоемы.

Поскольку изменчивость главных характеристик водных потоков в большинстве случаев определяется изменчивостью расходов или уровней, то расходы и уровни можно считать основными характеристиками потоков.

Применительно к выделенным выше главным характеристикам режима водных потоков, гидрометрические изучения можно разделить на следующие группы:

1. Изучение расходов, которые служат для оценки водоносности или стока реки.

2. Изучение уровней или водомерные наблюдения. Нередко с этими наблюдениями соединяют изучение ряда физических характеристик и обстановки наблюдений (ледообразования, температуры воды и воздуха, ветра и погоды у места наблюдений).

3. Специальное изучение отдельных гидравлических элементов: изучение уклонов; характера течения, его направления и скорости; расходов льда; изучение характеристик русла, его шероховатости и деформаций.

4. Изучение твердых расходов, с которыми обычно связывают изучение и химического состава воды; так как эти изучения обычно осуществляются при помощи специальных приборов, носящих название батометров, то такого рода изучения можно назвать батометрическими.

Приведенные указания о направлении гидрометрических изучений показывают, что область применения гидрометрии весьма широка. Вместе с гидрографическими описаниями, гидрометрия является базой для обобщающих выводов гидрологии, а отсюда базой для рационального решения самых разнообразных вопросов инженерного использования вод и вопросов водного хозяйства: мелиорации, гидроэнергетики, водного транспорта, лесосплава, водоснабжения, сельского и городского благоустройства, вопросов проектирования и возведения разного рода гидротехнических сооружений.

В обобщающих гидрологических построениях и в различных проектировках по водному строительству имеют особенно широкое применение основные характеристики режима вод — расходы и уровни.

§ 3. Краткие исторические сведения. Гидрометрические работы в СССР

Возникновение гидрометрии относится к древнейшим временам человеческой культуры.

В Египте, стране высокой древней сельскохозяйственной культуры, правильные наблюдения за уровнями воды в р. Ниле были организованы еще при фараонах; об этом свидетельствуют древние, так называемые *ниломеры*, найденные французской экспедицией в Египте при Наполеоне и относимые к периоду около 4 тыс. лет назад.

Ниломеры были устроены при храмах в виде особых колодцев или галлереи, которые сообщались с рекой подземными ходами со ступенями, ведущими к реке; на стенах этих галлерей обнаружены были метки, представляющие прообраз теперешних водомерных записей.

Средние века оставили нам многочисленные метки исключительно высоких или низких горизонтов, рек и озер в виде насечек на камнях в русле реки, на зданиях, надписей на них и особых таблиц.

Установлено, что еще в то время применялись различного рода водомерные устройства для того или иного распределения воды в оросительных системах северной Италии, Мервского оазиса в Закаспийском крае и др.

К эпохе Возрождения относятся попытки изучить механизм движения воды для измерения скоростей течения; тогда же конструируются первые приборы для этой цели.

В 1727 г. появилось первое описание прототипа современной гидрометрической вертушки; в 1790 г. гамбургский гидротехник Вольтман сконструировал более совершенный тип, впоследствии усовершенствованный Амслером, Гарляхером и др. и ставший наиболее распространенным гидрометрическим прибором.

Первые обширные гидрометрические работы были выполнены в 50-х годах прошлого столетия Гемфрисом и Абботом на р. Миссисипи (опубликованы в 1861 г. в Филадельфии). Работы проф. Гарляхера на Эльбе и Дунае в 80-х годах прошлого столетия послужили прочным началом блестящего развития гидрометрии.

Систематические водомерные наблюдения организованы в Западной Европе с середины прошлого столетия. Превосходно поставленные гидрометрические службы возникли в ряде стран в связи с борьбой с наводнениями — во Франции, Австрии и Венгрии; в связи с развитием использования водной энергии — в Швейцарии, Баварии, Швеции и южной Франции; в связи с мелиорацией — в Соединенных штатах и Италии; в связи с развитием водных путей — в Германии и т. д.

В СССР систематические водомерные наблюдения начались с 1875 г., когда при департаменте шоссейных и водных сообщений б. министерства путей сообщения была организована особая навигационно-описная комиссия, действовавшая около 10 лет и положившая начало планомерному изучению русских рек; целый ряд исследований проделан ее описными партиями. Этой комиссией было основано до 500 водомерных постов.

Старейшие водомерные посты в СССР относятся еще к 50-м годам прошлого столетия¹, но данные их до конца 70-х годов по большей части не сравнимы с позднейшими. Регулярные наблюдения начинаются с конца 1876 г.

В 1912 г. работы по гидрометрическому изучению судоходных рек были переданы в Бюро изысканий водных путей управления внутренних водных путей б. министерства путей сообщения; этим органом была создана постоянная гидрометрическая организация для изучения судоходных рек России.

Посты министерства путей сообщения делились на 2 разряда: I разряда, действующие круглый год, и II разряда, на которых наблюдения производились только во время навигации. К 1917 г. число водомерных постов б. министерства путей сообщения дошло до 645.

¹ Из старейших наблюдений на реках можно указать: на Днепре у Кременчуга с 1859 по 1869 г. (см. «Труды Общества исследователей природы при Харьковском университете», 1870 г., т. II); в Киеве — с 1860 г.; в с. Лоцманской Каменке — с 1852 г.

Начиная с 1909 г. начали разворачиваться работы по определению расходов рек. Результаты исследований рек б. министерства путей сообщения печатались в «Материалах для описания русских рек и улучшения их судоходных условий» (издано 74 выпуска) и других изданиях. Обработанные наблюдения водомерных постов были изданы в 10 томах¹ под названием: «Сведения об уровне на внутренних водных путях России по наблюдениям на водомерных постах»; в этих изданиях охвачен период 1881—1910 гг. Эти данные и до сего времени представляют наивысший материал, охватывающий весьма значительное число рек с их притоками.

Можно отметить, что гидрометрические работы по линии б. министерства путей сообщения имели резко выраженный ведомственный характер; поэтому ряд изучений, интересных с точки зрения не только судоходства или сплава, а и других отраслей народного хозяйства, в этих работах надлежащего освещения не получал.

Наряду с гидрометрическими работами б. министерства путей сообщения развитие подобных работ шло и по другой линии — по министерству земледелия и госимуществ.

В этом направлении начало гидрометрическим работам было положено «Западной экспедицией по осушению болот» Жилинского, обследовавшей в период 1873—1898 гг., т. е. в течение 25 лет, Полесье и бассейн р. Припяти. С 1880 по 1903 г. был проведен ряд специальных экспедиций, выполнивших ценные метеорологические и гидрометрические исследования в ряде районов.

В 1910 г. отделом земельных улучшений Главного управления земледелия и землеустройства, главным образом, в связи с нуждами мелиорации были созданы две специальные гидрометрические части — в Туркестане и на Кавказе.

Труды обеих гидрометрических частей до 1915 г. напечатаны в их годовых отчетах и содержат помимо данных наблюдений весьма богатый теоретический и инструктивный материал; кроме наблюдений над уровнями и измерениями расходов здесь уделялось большое внимание изучению наносов и их состава, температуры, химического состава вод, испарения, а также изучению осадков и пр.

В 1913 г. была учреждена гидрометрическая часть Европейской России, занявшаяся изучением, главным образом, несудоходных рек, которые не были освещены водомерными постами министерства путей сообщения. К 1917 г. сеть ее достигла 374 водомерных постов, охвативших 182 реки.

После 1917 г., приблизительно до 1920 г., в связи с гражданской войной имело место полное прекращение исследовательских работ по рекам и, в частности, гидрометрических работ. Число водомерных постов резко сократилось (например, по Туркестану — к 1922 г. — до 21 пункта, по Европейской части на несудоходных реках — до 88).

Возобновление и дальнейшее разворачивание гидрометрических работ и речных исследований постепенно имели место в период 1923—1927 гг. Если общее число водомерных постов в 1924 г. составляло 1 300 постов, то в 1927 г. — их имелось уже около 2 тыс.

В 1934 г. по данным Государственного гидрологического института общее число учтенных постов и станций по всей территории Союза составляло около 4 тыс.

В отличие от ведомственных целей дореволюционных изучений, в настоящее время гидрометрические работы и исследования рек имеют своим заданием дать базу для удовлетворения хозяйственных потребностей страны в их комплексной, наиболее рациональной и наиболее широкой постановке. В частности, ряд весьма крупных исследований и работ был выполнен и выполняется сейчас в связи с вопросами утилизации водной энергии и реконструкции водных путей с удовлетворением ряда иных потребностей. Таковы исследования на Волхове, Свири, Днепре, Волге, Ангаре, Чу и др. Капитальные гидрометрические и гидрологические работы появились по Волхову (под ред. инж. В. М. Родевича), Днепру (проф. И. Г. Александрова и проф. А. В. Огиевского) и др.

¹ Бассейны Балтийского и Белого морей — т. I, IV и VIII; Каспийского моря — т. II, V и IX; Черного и Азовского морей — т. III, VI и X и Северного ледовитого и Тихого океанов — т. VII. Каждый том состоит из двух выпусков — текст и атлас чертежей (графиков уровней).

В этих работах впервые были даны широкие обобщающие обработки всех накопленных гидрометрических материалов, всесторонне освещающие режим названных рек с полнотой, в ряде случаев превосходящей подобного же рода исследования за границей. В этих же работах получил новое освещение ряд сложных методических вопросов гидрометрических изучений, к которым можно отнести вопросы методов измерения расходов рек при различных условиях, зависимости для исчисления расходов, установление точности гидрометрических работ и др.

В послереволюционное время впервые у нас были широко поставлены вопросы исследования зимнего режима рек и особенностей пропуска рекою расходов при наличии льда: уже сейчас имеется у нас по этим вопросам оригинальная литература, с рядом новых и эффективных решений. В результате подобного рода исследований создается даже новая отрасль изучений — ледотехника.

Только лишь в послереволюционное же время у нас достаточно широко начали заниматься вопросами изучения твердых расходов водных потоков; до 1917 г. этого рода изучения в ограниченных размерах велись лишь в Туркестане и в Закавказье.

Наконец, в послереволюционное время широко развернулись у нас изучения испарения с водной поверхности; организованы широкие натурные наблюдения, появился ряд специальных монографий и руководств.

В 1929 г. для объединения всех работ как гидрометрических, так и гидрологических, а также работ по метеорологии и геофизике, был учрежден Гидрометеорологический комитет (ГМК) при СНК СССР, с республиканскими ГМК в отдельных республиках; этот ГМК был реорганизован затем (в 1934 г.) в Центральное управление единой гидрометеорологической службы (ЦУЕГМС) при НКЗ СССР с республиканскими УЕГМС по отдельным республикам.

В 1932 г. постановлением правительства в составе ГМС было организовано Бюро водного кадастра (БВК), на которое было возложено приведение в единую систему всех накопленных гидрометрических и гидрологических материалов, дополнение их новыми исследованиями и составление полных характеристик всех водных ресурсов страны. В качестве предварительного материала было предписано составить и выпустить в свет так называемые «Гидрологические справочники» по отдельным республикам и областям, часть которых уже сейчас вышла из печати.

В ноябре 1936 г. опубликовано постановление об организации вместо ЦУЕГМС Главного управления гидрометеорологической службы СССР (ГУГМС) при СНК СССР; это управление осуществляет руководство гидрометеорологическими работами через управления отдельных областей, подчиненные непосредственно Главному управлению.

Гидрометрические исследования в настоящее время ведутся не только по линии ГУГМС, но и рядом водохозяйственных проектирующих и строительных организаций для их специальных целей, а также рядом научно-исследовательских институтов.

Научно-исследовательские институты, занимающиеся вопросами гидрометрии, возникли в СССР также только после Октябрьской революции.

Первым таким институтом является Государственный гидрологический институт (ГГИ) в Ленинграде, основанный в 1919 г. и входящий сейчас в систему ГУГМС как центральный научно-исследовательский орган ГУГМС.

Этим Институтом выпущен из печати ряд практических инструкций по гидрометрическим работам и ведется разработка ряда методических вопросов гидрометрических исследований. Еще в 1931 г. ГГИ выпущена в печати часть сведений об уровнях по наблюдениям на водомерных постах России за 1911—1915 гг. (бассейны Черного и Азовского морей), являющихся продолжением ранее изданных б. Министерством путей сообщения.

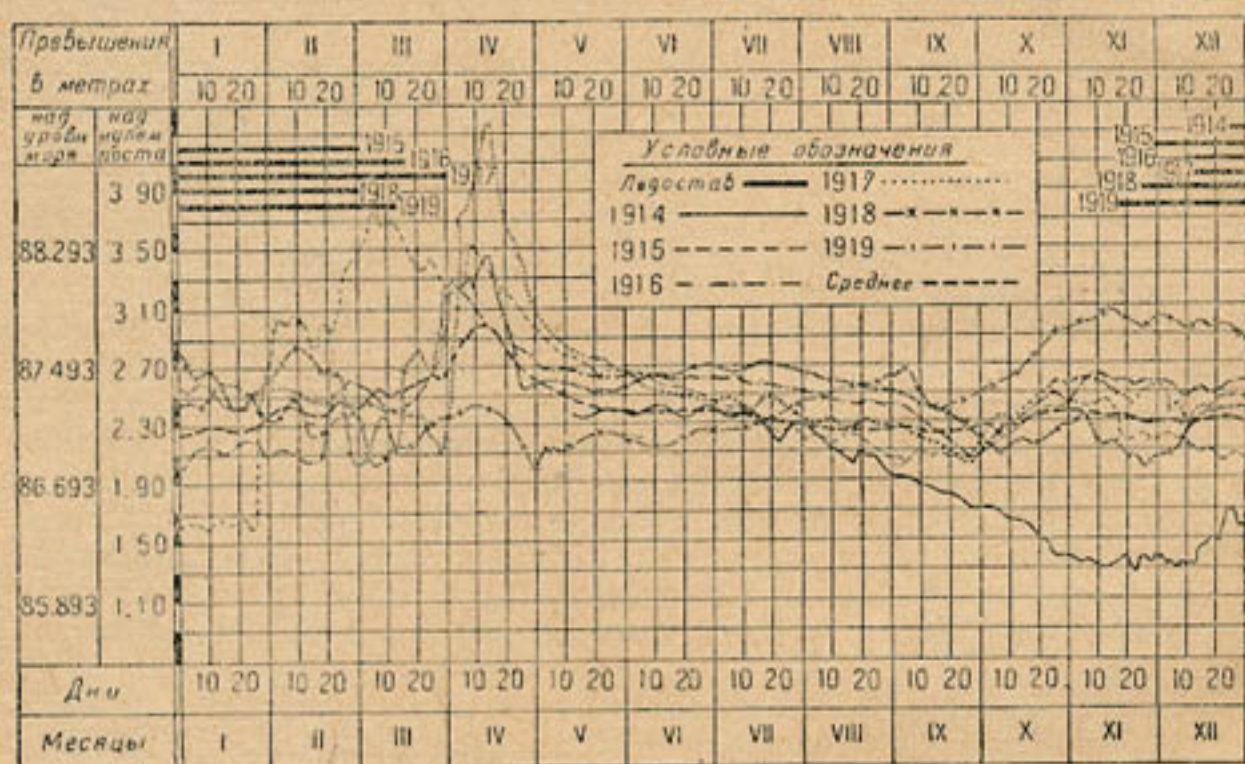
Кроме ГГИ вопросами гидрометрии занимается ряд учреждений и институтов, как, например, трест Гидроэнергопроект, Институт водного хозяйства Академии наук УССР, опубликовавшие ряд методических исследований и инструктивных материалов, некоторые институты НКПС, НКТП и НКЗ.

ГЛАВА II

ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ОРГАНИЗАЦИИ ГИДРОМЕТРИЧЕСКИХ РАБОТ

§ 4. Необходимость многолетних наблюдений за основными элементами

Как указывалось, основные элементы рек и водоемов, характеризующие их режим, подвержены непрерывным колебаниям; характер этих колебаний чрезвычайно сложный и следует неустойчивым и неизвестным до сего времени законам. В годовой смене уровней какой-либо реки у какого-либо определенного пункта можно обычно выделить периоды повышений и понижений, связанных с климатическими особенностями данной страны; так, для рек европейской части СССР весной почти всегда (за весьма редкими исключениями) имеют место весенние подъемы воды, во время которых уровни достигают своего годового максимума; в конце лета или вернее в начале осени наступают наиболее низкие за год уровни; однако высоты весенних максимумов и летних минимумов в разные годы различны.



Фиг. 1. График колебаний уровней р. Сулы у г. Лубен за 1914—1919 гг.

Для примера на фиг. 1 даны графики колебаний уровней р. Сулы (притока р. Днепра) у г. Лубен за ряд лет. Из этого чертежа видно, в каких широких пределах возможны изменения горизонтов на протяжении ряда лет даже в условиях такой относительно спокойной реки, как р. Сула.

Имеющие место в различные годы различные колебания уровней и расходов никогда не повторяются совершенно точно.

Таким образом для целей практики приходится выводить различные средние, наивысшие и наинизшие из непрерывных колебаний такого рода элементов, а также другие характеристики их изменчивости во времени и по величине. Понятно поэтому, что, чем длиннее ряд наблюдений, тем более устойчивые средние характеристики можно из него получить и тем вероятнее, что наблюдаемые крайние величины — максимумы и минимумы — соответствуют возможным крайним значениям изучаемых величин.

Распределение и ход колебаний количества воды в потоках и водоемах находятся в тесной зависимости от хода климатических элементов данного района. Поэтому обычно за периоды, достаточные для вывода устойчивых характеристик режима водотоков, принимают те, которые совпадают с установленными климатологией циклами колебаний климата. Таковыми сейчас считаются по данным немецкого ученого проф. Брюкнер приблизительные 35-летние циклы колебаний

климата и влажности на земле; на полный брукнеровский период приходится ряд сухих и теплых годов, а также ряд годов влажных и холодных, с одним максимумом и одним минимумом. Исследования ряда других ученых выдвигают предположение о наличии цикличности в 11 лет, стоящей в тесной связи с периодическими изменениями размеров солнечных пятен на солнце.

Однако даже эти сравнительно длинные периоды не могут совершенно гарантировать бесспорность результатов; можно допускать возможность существования и других циклов с иной, более длительной амплитудой колебаний. Поэтому в целях конкретного суждения о водоносности рек желательны и особенно ценны наиболее продолжительные и непрерывные наблюдения. Такого рода наблюдения выполняются на постоянных **о п о р н ы х п у н к т а х** изучений.

Для непосредственных целей практики весьма часто приходится ограничиваться более или менее коротким сроком изучений гидрометрических элементов (15—20 лет) и даже периодами в несколько лет; эти изучения выполняются на **д о п о л н и т е л ь н ы х** или **в р е м е н н ы х п у н к т а х** наблюдений.

В последнем случае результаты таких наблюдений получают лучшее практическое применение при сопоставлении их или с более долголетними водомерными наблюдениями на постоянных пунктах, расположенных в аналогичных условиях, или при увязке их данных с метеорологическими наблюдениями, которые ведутся у нас во многих местах, начиная с 80-х годов прошлого столетия. Во многих случаях полезна в указанном отношении обработка материалов наблюдений по специальным приемам (математической статистики).

Практика выработала также ряд приемов, дающих возможность находить, — правда, приближенно — примерные характеристики водного режима водотока на основании еще меньшего ряда наблюдений, включительно до односезонных изысканий; однако ценность таких расчетов может быть зачастую весьма проблематичной.

Таким образом основной характер изучаемых гидрометрией объектов таков, что требует для вполне обоснованных выводов прежде всего наблюдений **н е п р е р ы в н ы х** и **в с ь м а д л и т е л ь н ы х**.

§ 5. Основной прием организации гидрометрических изучений

Из всех гидрометрических изучений водомерные наблюдения наиболее просты по методам и необходимому для их производства оборудованию. Они не требуют большого умения и особой квалификации, отчего и обходятся недорого.

Пункты, устраиваемые для производства водомерных наблюдений, носят название **в о д о м е р н ы х п о с т о в**.

Составленные по данным водомерных постов графические изображения непрерывного хода уровней носят название **г р а ф и к о в у р о в н е й**; фиг. 1 дает примеры годовых графиков уровней для р. Сулы у г. Лубны.

Для измерения скоростей и расходов нужны особые приборы, которые могут быть и простыми, и довольно сложными и дорогими, а также нужно особое оборудование; эти измерения для успешных результатов требуют более серьезных познаний и специальной подготовки, а также штата рабочих, поэтому они обходятся значительно дороже первых.

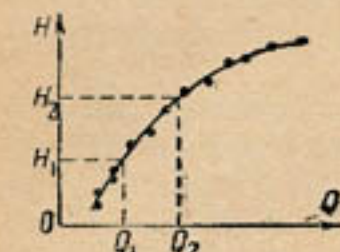
Пункты на водотоках, оборудованные для производства измерений расходов, носят название **г и д р о м е т р и ч е с к и х с т в о р о в**.

Ввиду практической невозможности непосредственного непрерывного измерения расходов реки изо дня в день, практика выработала для учета водоносности приближенный косвенный метод определения количеств протекающей воды; метод этот основан на возможности, в большинстве имеющихся случаев при некоторых благоприятных условиях, устанавливать непосредственную связь между величиной расхода воды Q и высотой уровня воды H в том же месте. Такая зависимость в виде уравнения

$$Q = f(H),$$

выраженная графически, носит название кривой зависимости расходов от уровней, или сокращенно кривой расходов (фиг. 2). Кривые расходов (для данного

пункта реки) строят на основании ряда измеренных в разные периоды расходов; имея кривую расходов, можно вычислить количество воды, протекающей в данном сечении реки, для любого дня; для этого нужно только иметь уровни воды для того же дня.



Фиг. 2. Кривая зависимости расходов от уровней.

Но помимо упрощения вычислений расходов, изучение уровней дает также те непрерывные характеристики изменчивости режима водного объекта, с которыми удобно связывать результаты изучения и иных сторон режима (например, перемещение наносов, изменение уклонов, изменения скоростей и их направления и пр.); поэтому наблюдения за колебаниями уровней приобретают особое значение и являются в гидрометрии основным приемом изучения режима водных объектов.

§ 6. Общие основания организации гидрометрических работ

Водомерные наблюдения измерения расходов и другие гидрометрические изучения должны быть организованы так, чтобы при этом учитывались нижеследующие обстоятельства:

- 1) цель изучений;
- 2) предположенная или возможная продолжительность их;
- 3) характер изучаемых объектов, а именно типовой режим уровней и расходов;
- 4) особенности строения русла.

1. Цели и изучения обуславливают в первую очередь объем, направление и характер изучений.

В ряду возможных целей гидрометрических изучений одни требуют знания, главным образом, хода изменений уровней и только некоторых характеристик расходов (например, городское и сельское благоустройство, осушительные работы), другие, наоборот, требуют знания расходов или стока рек непрерывно — за возможно более длительный промежуток времени (например, использование энергии водотоков, выработка расчетных норм стока).

По ряду вопросов могут иметь особое значение те изучения, которые относятся к определенным сезонам года, как например, для эксплуатации водотоков как путей сообщения — период навигации, для орошения и осушения — период вегетации.

Наконец, в ряде случаев важно иметь исчерпывающие данные о влекомых наносах и составе воды (орошение), о распределении скоростей (гидротехнические сооружения), о конфигурации и свойствах русла (регулирование) и т. д.

2. Предположенная или возможная продолжительность изучения определяет конструкцию основных устройств — более солидную и долговечную или рассчитанную на существование только в продолжение сезона (например, пункты, при речных изысканиях). Предположенная продолжительность изучения иной раз может влиять также и на приемы выполнения отдельных работ.

3. В отношении типового режима уровней и расходов можно выделить, например, такие основные случаи: 1) реки равнинные — с различными величинами их водосборной площади — большие, средние и малые; для больших рек характерны сравнительно плавные изменения уровней, для малых — эти изменения более резки, 2) реки озерные и реки заболоченные с плавным изменением уровней и расходов; 3) горные реки, берущие начало из ледников или вечных снегов; этим рекам свойственны весьма сложные колебания уровней и расходов с резко выраженными суточными их изменениями.

Особый режим имеет нижнее течение весьма больших рек; тут обычно наблюдается весьма сглаженный ход уровней, осложняемый сгонным и нагонным действием ветров, а для рек, впадающих в приливные моря, еще и приливо-отливными явлениями.

В ряде случаев естественный режим уровней и расходов может значительно изменяться искусственными мероприятиями по забору или отводу воды или сооружениями, возведенными в реке.

4. В отношении свойств и строения русла можно выделить реки:

- а) с неизменным дном;
- б) с руслом, которое меняется периодически;
- в) с постоянно изменяющимся руслом.

Неизменное дно имеют реки или участки рек с каменистым руслом или с руслом из плотных глинистых и песчаных пород (при быстром течении или некоторые реки равнинного типа), а также реки с руслом мелкогалечным или песчаным, если скорости течения незначительны.

Периодические изменения русла свойственны рекам, протекающим в сравнительно устойчивых песчаных руслах, после прохода высоких паводочных вод или вод весеннего половодья.

Постоянно изменяющееся русло имеют реки, имеющие значительные скорости и протекающие в весьма легко размываемых наносных или лессовидных грунтах (низовья р. Кубани, Аму-Дарья).

Изменчивость русла вызывает изменения в соотношениях расходов и уровней; поэтому на реках с изменчивым руслом необходимы, вообще говоря, систематические ежегодные измерения расходов, в то время как для рек с неизменным руслом, т. е. для которых зависимость $Q = f(H)$ имеет устойчивый характер, такого рода измерения излишни.

Соотношения между изменениями уровней и изменениями расходов могут нарушаться также иными причинами: наличием переменного подпора от искусственных сооружений или от реки, в которую впадает данная река, развитием в реке водной растительности, появлением и наличием льда. В этих случаях необходимы особые мероприятия при организации гидрометрических изучений, которые будут рассмотрены далее.

Необходимо подчеркнуть, что указанные выше причины, изменяющие уровни независимо от изменений расходов и этим затрудняющие установление связи между уровнями и расходами, должны быть выявлены и установлены обязательно с самого начала организации работ. Учет факторов, вызывающих искажение уровней, осуществляемый путем постановки последующих наблюдений, разрешает задачу о применении к вычислению расходов накопленных данных по уровням лишь в некоторых редких благоприятных случаях. Поэтому все указанные факторы при организации гидрометрических работ и необходимо иметь в виду в самом их начале.

Понятно, что условия гидрометрических измерений могут быть различными для одной и той же реки, но в разные периоды года. Так, например, приборы и оборудование, а также и приемы работ для измерения глубин и скоростей, удобные и рациональные при средней воде, могут быть совершенно неприменимы при очень высокой воде или, наоборот, при очень малой воде.

Следует отметить, что, хотя гидрометрические измерения имеют значительную давность, но приемы работ при их выполнении нуждаются в значительном усовершенствовании. Поэтому имеется еще обширное поле деятельности для их рационализации и для внедрения в практику стахановских методов работы — этого нового высшего этапа социалистического соревнования.

В нижеследующем изложении гидрометрические изучения будут рассмотрены применительно к выделенным ранее (см. § 2) основным группам в таких направлениях: а) возможные к применению оборудование и приборы; б) способы их применения; в) выполнения работ; г) обработки результатов измерений.

Рассмотрение гидрометрических работ целесообразно начинать с изложения работ по промерам глубин, поскольку этого рода работы являются составной частью почти всех других гидрометрических изучений.

ГЛАВА III

ПРОМЕРНЫЕ РАБОТЫ

§ 7. Цель промерных работ

Промерные работы, или работы по измерению глубин, являются весьма важной частью большинства гидрометрических работ, в весьма сильной степени влияющей на конечные результаты ряда измерений.

Чаще всего целью производства промеров могут быть следующие задачи:

- 1) обследование участка реки в целях выбора местоположения водомерного поста или гидрометрических створов;
- 2) построение профилей поперечного сечения русла реки;
- 3) съемка речного русла для выяснения детальной картины распределения глубин на участке.

Наиболее рациональные приемы работ и выбор соответствующих приспособлений для промеров находятся в зависимости от их цели и характера реки.

4-8

§ 8. Приспособления для производства промеров

Для производства промеров живых сечений и русла реки применяются следующие приборы: 1) рейки; 2) штанга вертушки (§ 66); 3) наметки; 4) лот; 5) пловучая наметка.

1. Рейки. Рейкой (обычной нивелировочной) для производства промеров можно пользоваться на неглубоких реках; рейка устанавливается вертикально в нужной точке так, чтобы нуль ее находился у дна; тогда отсчет по рейке у поверхности воды дает искомую глубину.

2. Штангой вертушки удобно измерять глубины только на неглубоких реках (§ 66), так как калибровка штанги обычно мало заметна для быстрых отсчетов.

3. Наметка. Наметка (фиг. 3) представляет собой деревянный шест; сечение наметки — круглое, диаметр 4—6 см, обычная длина — 6,5—7,0 м, достигая до 10,5 м; длина зависит от тех глубин, которые предполагается встретить при промерах, а также от скорости течения реки; при больших скоростях длинная наметка неудобна в обращении даже при глубинах в 5—6 м. Нижний конец наметки оковывается обычно легким железным башмаком; нижняя плоскость башмака совпадает с нулем наметки. Наметка окрашивается белой масляной краской и размечается на десятые доли метра красной краской; цифры надписываются обычно черной краской; полезно выделять также пятерки сантиметров, что делает возможным отсчеты с точностью до 1 см (на-глаз). При производстве промеров в текучей воде наметку необходимо опускать несколько вперед против течения с тем, чтобы в момент отсчета она была вертикальна.

Фиг. 3.
Наметка.

4. Лот ручной (фиг. 4) состоит из размеченного шнура-лотлиня, на который подвешивается тяжелый груз. Грузу обычно придают пирамидальную форму при весе в 4—6 кг, а при очень быстром течении вес груза достигает 10—20 кг и даже более и грузу придают обтекаемую форму.

Шнур-лотлинь делают из прочной бечевы толщиной в 3—5 мм; во избежание усадки и вытягивания шнура последний перед изготовлением лота погружают

ся в воду на 3—4 часа, затем в сыром виде вытягивается и размечается на десятые метра; разметку делают так, чтобы выделить пятерки метров, четные и нечетные метры, половины и десятые метров; например, нечетные метры обозначают светлыми кожаными марками с соответствующим числом зубчиков; четные — такими же темными марками, половины метров — красными лоскутками, десятки сантиметров — белыми лоскутками. Время от времени необходимо проверять длину такого лотлиня, сравнивая его со стальной лентой; при хорошем материале ошибка обычно бывает незначительна и не превосходит 1—2%.

Более надежным в смысле прочности и неизменности своей длины является лотлинь, сделанный из тонкого гибкого многожильного металлического троса толщиной в $2\frac{1}{2}$ —3 мм и размеченный соответствующим образом (металлическими марками).

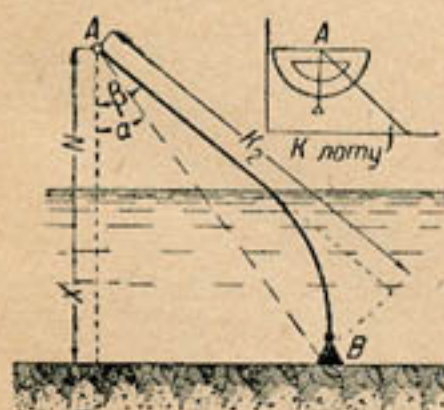
Момент соприкосновения гири лота с дном определяется наощупь по уменьшению натяжения лотлиня.

При производстве промеров лотом необходимо иметь в виду явление угона лота водой. При больших глубинах ошибки от отнесения троса водой могут достигать величин в 1 м и более. Это надо учитывать и при производстве промеров лотом в условиях большой глубины и большой скорости в отсчеты по лоту следует вводить поправки. Наибольшего угла отклонения трос достигает у поверхности, в средней части получается выпуклость, которая уменьшается ко дну, где трос с грузом принимает более отвесное положение.

На практике поправку находят приближенно, принимая, что лотлинь угоняется так, что линия его наклонена ко дну реки на всем ее протяжении (фиг. 5) так же, как в надводной части лотлиня.

Приближенное значение глубины X_1 может быть тогда определено по формуле:

$$X_1 = K_2 \cdot \cos \beta - N, \quad (2)$$



Фиг. 5. Угон лота.

где K_2 — измеренная искаженная глубина; β — угол, образуемый вертикалью с наклонным лотлинем и определяемый приближенно по уgonу видимой части лотлиня; N — расстояние до воды.

Величину угла β можно находить при помощи помещаемого в точке А отвеса (грузик на тонкой бечевке) и сделанного из дикта или картона транспортира, как это показано на фиг. 5 сбоку.

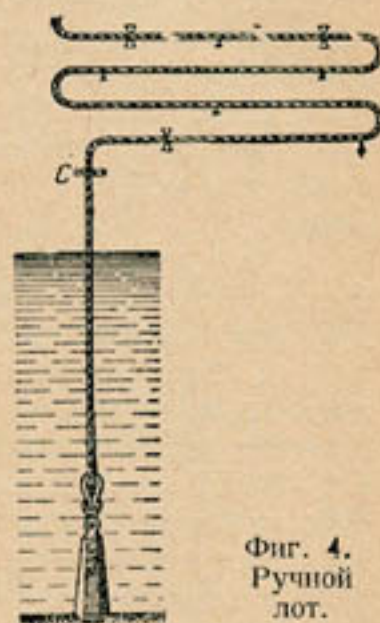
Из фиг. 5 видно, что истинной глубине отвечает поправка, пропорциональная не углу β , а углу α , образуемому с вертикалью линией, соединяющей точку А с точкой В, но при длине промерной части лота, взятой по линии АВ. Можно полагать,

что ошибка от введения в расчет угла β (вместо угла α) компенсируется отчасти ошибкой от введения в расчет фактической рабочей длины лотлиня вместо длины АВ.

При работе тросовыми вертушками роль лота выполняет трос и груз для их опускания.

Описанный тип простого лота удобен для измерения глубин до 20—30 м.

Для выполнения промеров при больших глубинах применяют особые механизированные конструкции лотов, облегчающие процесс выполнения промеров. Обычно приборы для глубоководных промеров состоят из таких основных частей: 1) станка с барабаном для наматывания лотлиня и с тормозом для торможения вращения барабана; 2) передаточных роликов, через которые проходит лотлинь и к одному из которых присоединен счетчик оборотов, т. е. счетчик глубин,



Фиг. 4.
Ручной лот.

для регистрации длины выпущенного при промере лотлиня; 3) троса-лотлиня с грузом. Лучше всего применять груз рыбовидной формы (§ 66), которому придается вес — 20—40 кг.

Толщина лотлиня берется обычно 1—3 мм; лотлинь обычно изготавливают из нескольких тонких свитых стальных оцинкованных проволок. Для предохранения проволоки от ржавчины иногда на станках делаются приспособления для вытирания лотлиня при его выбирании из воды и для смазывания его маслом (например, пропитанные маслом щетки).

Примером механизированного лота может служить описанная дальше (§ 67) лебедка Виттингга-Кузнецова (изготавливаемая мастерскими ГГИ в Ленинграде).

Для учета сноса троса при скоростях течения свыше 1 м/сек можно пользоваться специальными поправочными таблицами, составленными ГГИ (изд. ЦУЕГМС, 1935 г.) (См. § 67 и приложение 5).

5. Пловучая наметка может быть длиной до 15—30 м и употребляется при промерах на больших скоростях при съемке продольниками (§ 12). Наметка эта изготавливается из нескольких шестов длиной по 7—9 м, диаметром в 5—7 см, скрепленных простым зубом и гвоздями с обмоткой проволокой; на нижнем конце прикрепляют груз такого веса, чтобы наметка плавала вертикально. На реках с большими глубинами удобно иметь кроме обычной наметки две пловучих: одну длиной 15—16 м для промеров глубин от 7 до 15 м и другую — для больших глубин от 15 до 30 м. Вместо двух пловучих наметок удобнее иметь одну наметку из разъемных звеньев, сращиваемых особыми замками. Ориентировочный вес груза: для наметки длиной в 25 м от 10 до 15 кг, для наметки длиной в 15 м — от 6 до 10 кг. К грузу одним концом прикрепляется тонкий трос, другой конец которого находится в промерной лодке. Этот трос служит для подъема наметки из воды и для удержания груза на случай поломки наметки. Перед началом промеров наметка поддерживается на плаву в горизонтальном состоянии, а затем во время измерений опускается тяжелым концом в воду. Во избежание искривления наметка должна храниться на горизонтальной ровной площадке.

Пловучая наметка почти не дает прогиба, и точность промеров ею глубин близка к точности отсчетов (обычно на больших глубинах — 5 см).

Из сказанного видно, что, если позволяют глубины, то в текучей воде всегда следует стремиться к применению для промеров наметки или рейки, как дающих более точные результаты.

§ 9. Состав промерных работ и способы их выполнения

При выполнении промеров подлежат определению три величины: 1) глубина воды в данной точке; 2) координаты этой точки на ее поверхности; 3) отметки уровня воды в местах измерения глубин.

Точно выполненное измерение глубины воды, но недостаточно точно отнесенное к действительному положению точки измерений в плане или неправильная фиксация уровня — равноценны мало точному измерению глубин. Это обстоятельство следует иметь в виду при организации промеров по тем или иным способам.

1. Глубины воды могут быть измерены при помощи приспособлений, описанных выше в § 8.

2. Приемы фиксации промерных точек в плане по отношению к выбранным точкам на берегах могут быть такие:

а) путем непосредственного измерения расстояний по перетянному через реку размеченному тросу или бечеве;

б) путем засечек промерных точек с берега угломерным инструментом;

в) путем регистрации по секундомеру моментов отдельных измерений (начального, промежуточных и конечного), выполняемых с лодки при равномерном движении последней в заданном направлении, при известном положении начальной и конечной точек измерений.

В зависимости от расположения промерных точек в плане можно различать промеры:

- 1) по поперечным профилям;
- 2) по продольным профилям;
- 3) по косым галсам;
- 4) смешанными способами.

Промеры по поперечникам возможно выполнять: а) по тросу, или бечеве, перетянутому через реку; б) по поперечным створам, с засечками положения промерных точек с берега угломерным инструментом.

Промеры по поперечникам удобны при небольших скоростях течения, примерно до 1 м/сек, или для неглубоких рек, порядка до 7—8 м, когда можно применять ручную наметку.

Промеры по продольникам удобны при больших глубинах (когда удобно пользоваться пловучей наметкой).

Косые галсы применимы на реках широких, с большими скоростями течения, но не глубоких, когда удобно пользоваться ручной наметкой и трудно держаться в створе поперечника.

Смешанные способы применяют на очень больших реках или в случаях сильного и неправильного течения; в этих случаях иногда удобно выполнять промеры по произвольным направлениям с двойными или тройными засечками хода промерного судна при помощи инструментов, устанавливаемых на берегах. Возможно также фиксировать положение точек в плане одним инструментом — однотоочечным способом (§ 113).

Расстояния между промерными точками определяются исходя прежде всего из цели промерных работ.

а) При промерах, выполняемых в целях съемки речного русла и для построения живого сечения, среднее расстояние между промерными точками назначается в зависимости от ширины реки и характера рельефа дна, исходя из таких примерных соотношений (табл. 1):

При более сложном рельефе и там, где глубины изменяются быстро, следует брать меньшие расстояния между промерными точками.

При промерах по продольникам и косым галсам расстояния между промерными точками могут быть в два раза больше вышеуказанных.

При этом при промерах по поперечным профилям расстояния между последними берутся: 1) для рек шириной до 100 м в $\frac{1}{2}$ — $\frac{1}{3}$ ширины реки; 2) для рек шириной до 1 000 м в $\frac{1}{3}$ — $\frac{1}{4}$ ширины реки.

Расстояния между продольниками берутся в $\frac{1}{20}$ — $\frac{1}{25}$ ширины реки, а между перекрестными косыми галсами — примерно в два раза больше, чем между поперечными промерными профилями.

б) При промерах, выполняемых в целях обследования реки, расстояния между промерными точками берут равными примерно наибольшим из указанных выше; расстояния между поперечными профилями в этом случае берут равными в среднем около 1—1,5 ширины реки.

3. Для установления отметок уровня во время выполнения промеров должны быть организованы достаточно частые наблюдения за измерениями уровней.

Эти наблюдения выполняются или по существующему водомерному посту или по специально устроенным временным водомерным постам. По существующему водомерному посту измерения уровней производят в тех случаях, если промеры глубин выполняются не далее, как в 1—1,5 км от этого поста. В противном случае устраивают временные водомерные посты, обычно по два на каждый участок промеров длиной в 1—2 км — один в начале и один в конце участка.

Временные посты состоят обычно из прочного кола диаметром в 5—7 см, с горизонтально спиленной головкой, который забивается у берега ниже поверх-

ТАБЛИЦА 1

Ширина реки в м	Расстояния между промерными точками	
	При съемке русла в м	При промерах живого сечения в м
До 10	0,5—1	0,2—0,5
От 10—50	1—2	0,5—1
" 50—100	2—5	1—2
" 100—300	5—10	2—5
" 300—600	10—20	5—10
" 600—1 000	20—30	10—15
Больше 1 000	30—40	15—20

ности воды; кол этот связывают нивелировкой с ближайшим репером. Наблюдения производятся при помощи переносной водомерной или нивелировочной рейки.

При промерах, связанных с речными изысканиями, наблюдения за уровнями выполняются применительно к правилам таких изысканий.

Уровни на больших реках и на реках с изменчивым режимом должны измеряться не реже, чем при переходе от одного промерного профиля к другому. Обязательно нужно регистрировать время измерения как уровней, так и глубин (по профилям).

Для определения положения промерных точек в плане до приступа к промерам необходимо разбить по берегу магистраль с рядом промежуточных точек через каждые 10—20—50 м в зависимости от ширины реки и нужной детализации промеров. Магистраль для нанесения ее на план необходимо связать ходом и измерением углов с какой-либо точкой, уже имеющейся на плане. При промерах по поперечным профилям необходима предварительная разбивка этих профилей на местности и закрепление их прочно установленными кольями.

Магистраль и урезы воды по профилям должны быть занивелированы.

§ 10. Промеры по тросу или бечеве

1. Промеры по тросу или бечеве могут производиться с успехом лишь для рек, ширина коих не превышает 150—200 м. Промерный стальной трос должен иметь толщину около $2\frac{1}{2}$ — $3\frac{1}{2}$ мм и быть достаточно гибким (что имеет место в тросах, изготовленных из отдельных тонких проволочек). Трос должен быть размечен на метры с выделением пятерок и десятков их; одна из возможных форм разметки — напаянные медные боченочки с выбитыми на них цифрами — для метров, и круглые и четырехугольные подвески — для пятерок и десятков метров. Бечева диаметром около 6—10 м допускается лишь для малых рек и может быть размечена вплетением разноцветных лоскутков, например: для метров — белых, для пятерок — красных, для десятков метров — белых и красных двойным вплетением; бечева перед разметкой должна быть вымочена для предотвращения последующего ее сбегания, которое, впрочем, для хорошей манильской пеньки наблюдается в очень малой степени; такого рода бечеву и следует выбирать для промерных работ.



Фиг. 6. Переносной ворот.

Трос перетягивается поперек реки, для чего один из концов имеет петлю, надеваемую на специально изготовленный дубовый кол; кол полезно оковывать снизу железом, а на верх его надевать бугель; второй конец троса или бечевы закрепляется за второй кол, забиваемый на другом берегу. Колья для усиления их сопротивления рекомендуется забивать несколько наклонно к берегам и на такой высоте от уровня воды, чтобы трос или бечева охватывали кольца у самой земли, не касаясь в то же время своей серединой поверхности воды. Тросы следует хорошо натягивать, для чего удобно применять тали или легкий переносный ворот (фиг. 6).

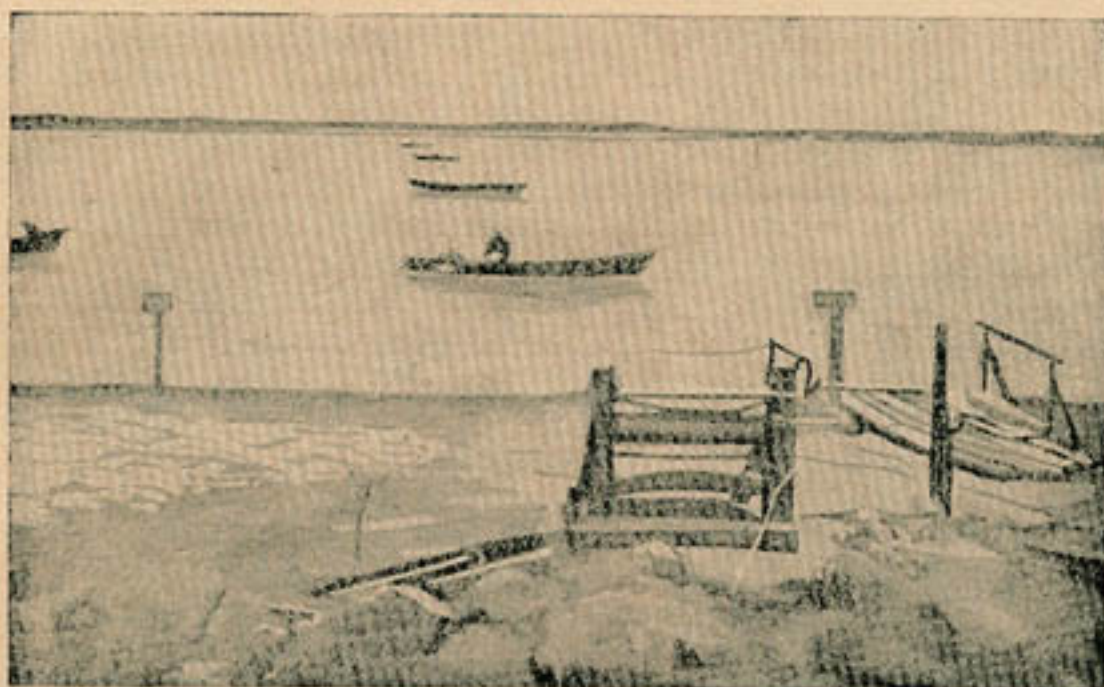
2. Промерная партия (при большой ширине реки) помещается в лодке и состоит из техника для записи промеров, рабочего-наметчика и рабочего для передвижения лодки по тросу или бечеве, а при быстром течении — еще и из рабочего с шестом или веслом для облегчения передвижения лодки и удерживания ее на месте; лодка постепенно передвигается от берега к берегу; по сигналу, даваемому рабочим, ведающим передвижением лодки по тросу (рабочий называет номер марки), наметчик делает промер, громко объявляя полученную глубину и называя одновременно с этим характер грунта: камень, песок, ил и т. д.; записи производит в полевом журнале техник, отмечая глубины против соответствующих обозначений марок; при производстве первого и последнего промеров, вблизи урезом, техником отмечаются расстояния урезом от ближайшей марки, а также марка второго (не нулевого) кола.

3. Если ширина реки больше 100 м, обычно приходится для поддержания

троса по середине реки ставить на якорь специальные лодки во избежание большого провеса (фиг. 7).

На каждом профиле промеры следует выполнять не менее двух раз, истинная величина глубин находится как среднее из двух измерений. Точность промеров должна соответствовать глубинам реки.

По окончании промера на данном профиле трос переносится на другой профиль рабочими, идущими по левому и правому берегам; вместе с тем передвигается на следующий профиль и промерная лодка.



Фиг. 7. Промеры по тросу при широкой реке.

При широких реках применение талей или ворот сильно ускоряет работу, уменьшая потребное число рабочих.

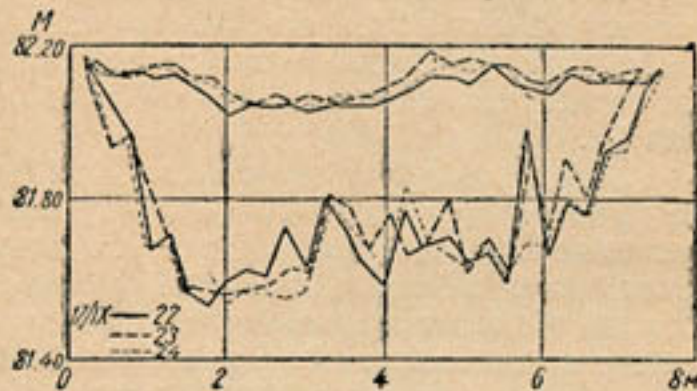
4. На неглубоких реках в летнее время удобно производить промеры вброд. На очень малых реках трос или бечевы могут быть заменены стальной рулеткой. Точность измерений глубин на малых реках должна быть 1—2 см.

При нетвердом грунте дна следует обращать особое внимание на то, чтобы промерное приспособление не погружалось в грунт, ибо в этом последнем случае значения глубин будут получаться искаженными.

5. При измерениях глубин на небольших горных потоках, где может иметь место весьма неровная поверхность воды

(фиг. 8), можно рекомендовать измерения производить так: через поток перетягивается, по возможности, горизонтально металлический трос, который нивелируется; затем штангой или наметкой производятся промеры от этого троса до поверхности воды и до дна; глубины в этом случае получаются как разность двух отсчетов, отвечающих указанным измерениям. В результате исключаются ошибки от отнесения глубин к поверхности воды, принимаемой за горизонтальную, и получается близкое к действительности очертание поверхности воды (фиг. 8).

При измерениях глубин на значительных горных реках с весьма быстрым течением промеры вброд или с лодки могут быть затруднительными; в таких случаях можно пользоваться специальными приспособлениями и сооружениями, которые будут описаны далее (§ 53).



Фиг. 8. Поверхность воды на горных потоках.

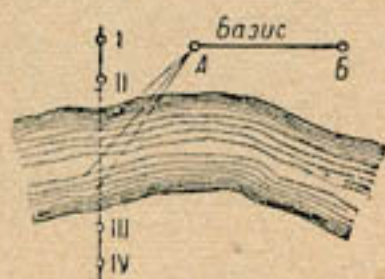
6. В зимнее время при наличии ледяного покрова положение промерных точек на поперечном профиле может быть намечено непосредственно на льду при помощи измерения расстояний от исходной точки (репера) мерной лентой или стальной рулеткой. Положение уреза воды определяется после пробивки у берега во льду траншеи, приводящей воду в соприкосновение с грунтом. В точках измерений пробиваются лунки; глубины воды отсчитываются от уровня воды в лунке.

§ 11. Промеры с засечками по створам

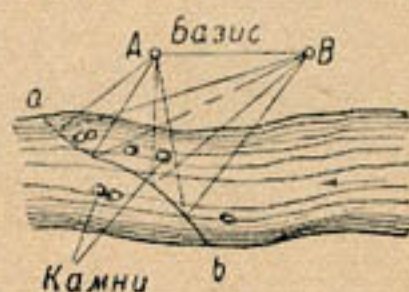
1. Промеры по створам с засечками угломерным инструментом — проще всего мензулой — применяются при ширинах реки больших, чем 150—200 м. На берегу разбивается базис-магистраль; один из конечных пунктов его служит местом стоянки инструмента (фиг. 9); далее по поперечникам разбиваются створы, закрепляемые двумя вехами на каждом берегу.

Следует иметь в виду, что взаимное положение базисной линии, т. е. стоянки инструмента и промерного створа, должно быть таково, чтобы углы пересечений линий, определяющих положение промерных точек, не были бы слишком острыми (обычно не менее 18° — 20°).

С одной стоянки инструмента обычно возможно выполнять засечки для ряда последовательных профилей — вверх и вниз по реке от места стоянки.



Фиг. 9. Промеры с засечками.



Фиг. 10. Промеры с засечками с двумя угломерами.

Промеры производятся с лодки, передвигающейся по створу от берега к берегу на веслах или при помощи мотора, но возможно равномерно. В лодке помещается промерная партия; в момент промера положение лодки на створе, или вернее положение промерной точки, фиксируется на створе засечками по мензуле.

Засечки могут производиться двояко; первый способ заключается в том, что промерщик подает сигналы мензульщику, который следит в трубу за передвигающейся промерной лодкой; по второму способу мензульщик, разметив на планшете те точки, где надо сделать промеры, дает сигналы промерщику, который и делает промер в требуемой точке. Первый способ следует признать более рациональным, ибо он дает возможность лучше распределить точки в зависимости от местных условий, хотя он и более утомителен для мензульщика, чем второй; при втором обеспечивается более равномерное распределение промерных точек.

Засечками определяются обычно не все промерные точки, а лишь через известные промежутки, например: 4 точки промеряются без засечек, пятая засечается и т. д.; в промежутке же между точками, определяемыми засечками, расстояние между промерными точками определяется по гребкам или по секундомеру.

2. Моменты засечек отмечаются промерщиком путем сигнализации поочередно разноцветными флагами: например, белым и красным; мензулист отмечает свои засечки начальными буквами тех же цветов; разверстка незасеченных промеров между теми, что отмечены сигналами, производится в согласии с записями промерщика о показаниях секундомера или о числе гребков, соответствующих этим промежуточным промерам.

3. Определение положения промерных точек только по времени, т. е. по секундомеру, может давать приемлемые результаты только при обеспечении достаточно равномерного хода лодки; в этом случае промеры делаются обычно через равные промежутки времени, например, через каждые 15 сек.

4. В случае наличия высоких и крутых берегов, исключающих возможность установки на берегах видимых с реки створных вех или в случае сильного и неправильного течения, не дающего возможности лодке держаться в створе, положение промерных точек определяется при помощи двух мензули или других угломерных инструментов; эти мензулы в таком случае устанавливаются в двух конечных точках базисной линии, как показано на фиг. 10.

5. Следует иметь в виду, что при промерах по створу с засечками особое внимание нужно обращать на то, чтобы лодка не выходила из створа, что довольно трудно обеспечить при наличии быстрого течения.

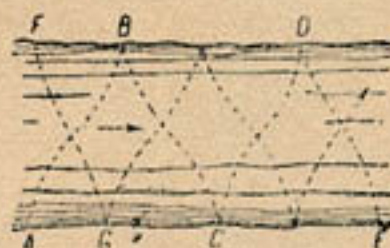
Для уточнения положения створа на плане следует брать тонкие вехи и достаточно большие расстояния между ними.

§ 12. Промеры по продольным профилям и косым галсам

1. Промеры по продольным профилям (по продольникам, весьма удобны при больших глубинах и скоростях течения. Лодку, с которой производятся промеры, пускают свободно плыть по течению на разных расстояниях от берега, по возможности, с равными интервалами по ширине реки (фиг. 11); эти расстояния между продольниками не должны быть меньше $\frac{1}{20}$ — $\frac{1}{25}$ ширины реки. Промеры лучше всего выполнять при помощи пловучей наметки, но можно также и при помощи лота, который в этом случае удобно держать опущенным



Фиг. 11. Промеры по продольным профилям.



Фиг. 12. Промеры косыми галсами.

в воду на расстоянии около 1 м от дна, опуская до дна в точках промеров. Расстояния между промерными точками на продольниках берутся обычно в 1—2 м в зависимости от ширины реки.

Лодка может спускаться вниз по течению на длинной заякоренной снасти; при тихом течении лодка может спускаться бортом поперек течения (при быстром течении такой спуск лодки опасен); промеры производятся с обоих бортов при спуске лодки длиной параллельно течению и с одного борта, двумя наметчиками (с носа и с кормы) — при спуске лодки поперек течения.

Положение промерных точек фиксируется с берегов двойными или лучше тройными засечками (двух или трех угломерных инструментов); эти засечки делаются обычно только через каждые 2—3 промера.

Для промеров продольниками необходимо иметь катер или моторную лодку для завоза вверх промерных лодок. Для быстроты желательно иметь четыре лодки: две производят промер, а две поднимаются катером на буксире вверх.

2. Промеры по косым галсам выполняются в процессе передвижения лодки — обычно на веслах — поперек реки по траектории ABC... (фиг. 12). Если лодка при этом, перейдя через реку, каждый раз будет подниматься вдоль берега вверх по течению до створа пункта отправления, то получается система перекрестных галсов.

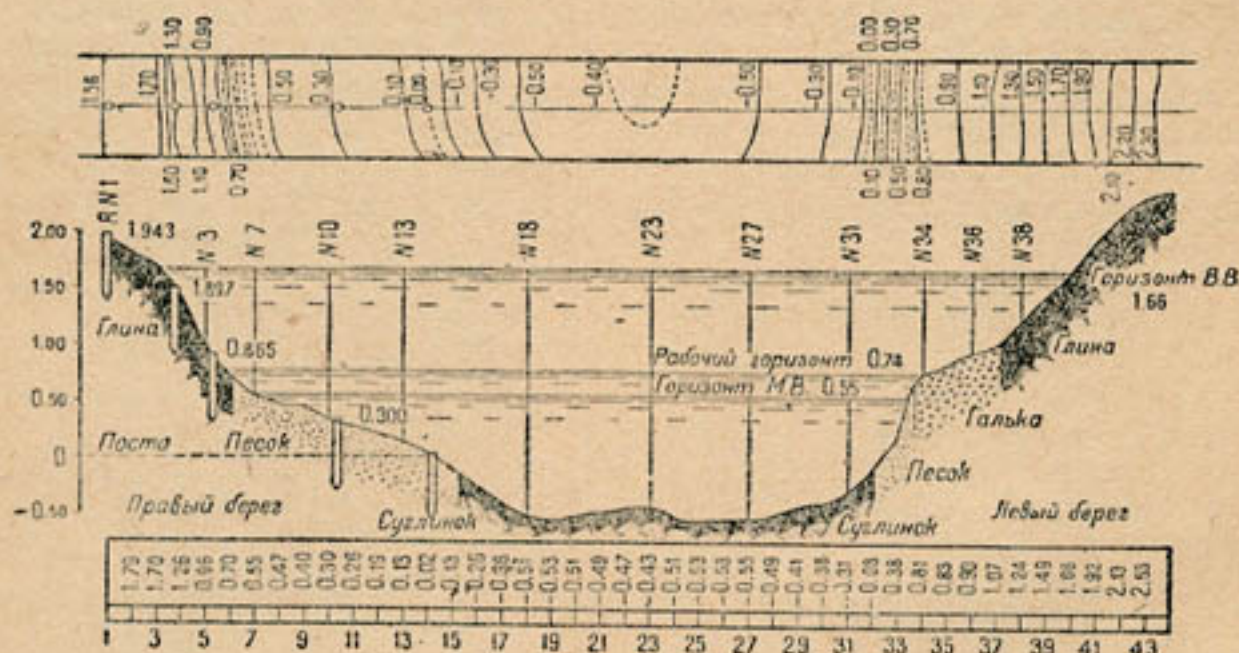
Положение промерных точек фиксируется при помощи засечек двумя угломерными инструментами подобно сказанному в предыдущем параграфе.

При облегченных исследованиях возможно производить промеры по косым галсам без засечек угломерным инструментом, отмечая лишь время отправления лодки, прибытия ее к противоположному берегу и моменты производства промеров по секундомеру.

Тогда по берегам в местах отхода и прибытия лодки надо забивать колья, после окончания промеров произвести их съемку на план, а положение точек промеров определить по промежуткам времени между промерами; траектории промеров в этом случае считают прямыми.

§ 13. Обработка промеров

Обработка промеров производится следующим образом. Прежде всего в полевых книжках делаются поправки для промеров, произведенных лотом, по одному из способов, указанных в § 8. Затем по данным наблюдений за уровнями во время промеров делаются, если нужно, поправки на приведение глубин к выбранному рабочему горизонту, т. е. к имевшему место при производстве промеров. Для этого удобно предварительно строить по данным наблюдений график колебаний уровней и при определении поправок учитывать время измерения глубин в различных точках.



Фиг. 13. Профиль живого сечения.

При незначительных изменениях уровней во время производства промеров, а именно в пределах точности измерений (1—5 см для наметки и 5—10 см для лота), за рабочий горизонт принимают средний из наблюдаемых без введения поправок.

1. Если целью промеров было определение живого сечения, то строится профиль его до рабочего горизонта с указанием горизонта самых высоких вод; в последнем случае часть сечения, не покрытого водой, вычерчивается на основании данных нивелировки. Профиль живого сечения строится на клетчатке обычно в искаженном масштабе; удобные размеры масштабов приведены в табл. 2, ниже.

На профиле живого сечения обычно наносятся (фиг. 13), кроме часа и даты дня, в который производились промеры: 1) горизонты наивысший и наинизший на основании многолетних данных ближайшего водомерного поста, а если такового не имеется, на основании меток на берегу и деревьях и по расспросам местных старожилов; источник этих данных должен быть отмечен на профиле же; 2) отметки дна или глубины (при построении профиля по глубинам от рабочего горизонта); 3) породы речного дна и берегов с показанием границ их распространения; 4) все репера — плановые и высотные, находящиеся в створе, с показанием отметок их и горизонтальных расстояний между ними; 5) горизонт воды, при котором производились измерения или рабочий горизонт (в условных или абсолют-

вые отсутствуют, то следует прежде произвести съемку контуров озера. В этом случае, если магистраль прокладывается вокруг озера, следует произвести увязку получаемого замкнутого полигона.

При промерах по створам возможно вместо засечек, выполняемых угломерным инструментом с берега, применять также засечки с промерной лодки. Эти засечки можно выполнять бусолью (компасом) на какие-либо береговые точки, положение коих в плане определено; для контроля необходимо визировать не меньше чем на две точки; если из засекаемой точки провести азимут (пеленг) обратного направления, то положение промерной точки определится пересечением этого азимута с линией створа. Этот способ отличается, однако, малой точностью.

Весьма удобно для более значительных водоемов выполнять промеры их глубин со льда.

Этим значительно упрощается процесс производства работ и значительно повышается точность результатов; стоимость работ при небольшой толщине льда (20—40 см) в этом случае может быть не выше (и даже ниже), чем при иных способах. К промерам со льда особенно рекомендуется прибегать, когда требуется особо детальное обследование рельефа дна. Выполнению промеров со льда предшествуют: 1) общая рекогносцировка района для выяснения порядка и объема производства работ; 2) разбивка на льду магистрали и поперечников; 3) пробивка промерных лунок. Лунки удобно пробивать пешней (§ 37). В журнале записи отмечают кроме расстояний и глубин также толщину льда и его характеристики (§ 40).

В дополнение к сказанному можно еще отметить возможное применение при промерах глубин на озерах пловучей цепи или пловучего троса, устанавливаемого на плаву между опорными точками измерений. Обычная длина таких пловучих цепей—100—200 м при толщине в 1,5—3 мм; через каждые 2—5 м трос снабжается поплавками-марками из дерева или пробки, укрепляемыми на тросе путем их заклинки маленькими деревянными клиньями; на поплавках надписываются соответствующие расстояния от нулевой марки. При установке пловучей цепи следует обращать внимание на ее надлежащее натяжение. При помощи пловучей цепи можно также прокладывать водную магистраль; в этом случае начало и конец цепи устанавливаются на якорях. Работа с пловучей цепью дает сравнительно малую производительность труда, но позволяет выполнять промеры достаточно точно и как угодно подробно.

Обработка промерных данных, выполненных для озер, имеет в виду обычно в совокупности со съемкой озера построение плана озера в изобатах или горизонталях наряду с построением характерных профилей и поперечников. Окончательной обработке предшествует приведение всех промеренных глубин к одному горизонту; за таковой особенно удобно принимать средний многолетний горизонт, если есть возможность вычислить последний; в противном случае выполняют приводку к рабочему горизонту. Одной из задач выполнения съемки и промерных работ на озерах может быть определение объема воды в озере. Эта задача разрешается проще всего при помощи так называемого «метода призм». В этом случае рассматривают объем озера, как состоящий из отдельных призм с основаниями, площадь каждого из которых равна арифметической средней из площадей, ограниченных двумя смежными изобатами. Обозначая искомый объем озера через W , расстояния между изобатами через $h_1, h_2, h_3, \dots, h_n$, площади изобатных поверхностей через $g_1, g_2, g_3, \dots, g_{n-1}$, причем $g_n = 0$, получим

$$W = h_1 \frac{g_1 + g_2}{2} + h_2 \frac{g_2 + g_3}{2} + \dots + h_{n-2} \frac{g_{n-2} + g_{n-1}}{2} + h_{n-1} \frac{g_{n-1}}{2}. \quad (3)$$

Площадь зеркала воды может быть определена по вычерченному плану одним из нижеследующих способов:

1. Измерением планиметром или палеткой.
2. Вычислением после разбивки площади озера на ряд правильных треугольников, прямоугольников или трапеций.

ОТДЕЛ ТРЕТИЙ

УСТРОЙСТВО НАБЛЮДАТЕЛЬНЫХ ПУНКТОВ

ГЛАВА IV

ОСНОВНЫЕ ДАННЫЕ ПО УСТРОЙСТВУ НАБЛЮДАТЕЛЬНЫХ ПУНКТОВ

§ 15. Виды основных наблюдательных пунктов

Под общим названием наблюдательных пунктов можно объединить все те пункты, которые устраиваются на реках и соответствующим образом оборудуются в целях производства как систематических, так и спорадических (временных, т. е. выполняемых время от времени) измерений по различным характеристикам режима реки.

В соответствии с принятыми приемами гидрометрических изучений имеются два основных вида наблюдательных пунктов: 1) водомерные посты и 2) гидрометрические створы.

Водомерные посты можно подразделить на ряд категорий: 1) по целевому назначению, 2) по способу устройства и 3) по предполагаемой продолжительности их действия.

1. По целевому назначению можно выделить следующие категории:

а) посты расходные, освещающие изменения в расходе как аргументе, функцией которого является уровень (практически, чисто формально, уровень принимается за аргумент, а расход — за функцию);

б) посты уровенные, изучающие лишь уровень вне его связи с расходами как характеристику режима реки на данном участке;

в) посты уклонные — назначением коих является изучение уклонов параллельно с изучением уровней и расходов;

г) посты для целей предсказаний — для наблюдений, нужных для гидрологических предсказаний различных сторон режима реки (уровней, заторов, нагонных явлений и др.);

д) посты специального назначения — для целей, не входящих в объем заданий, перечисленных выше.

К расходным постам предъявляются основные требования, имеющие в виду удобства измерений расходов и удобства построения кривой расходов.

Уровенные посты должны давать характеристики уровней, характерных для того или иного изучаемого участка.

Уклонные посты устраивают в виде парных постов; уклонные посты можно в свою очередь подразделить на посты мгновенного уклона, свойственного небольшим участкам, и посты осредненного уклона для участков более значительного протяжения.

Посты для целей гидрологических прогнозов имеют своим назначением давать исходный материал для составления прогнозов для нижележащих пунктов.

Посты специального назначения могут обслуживать специальные задачи прикладной гидрологии, как, например, учет изменяемости речного русла; перемещение взвешенных и передвигаемых по дну наносов. К этой же категории можно отнести водомерные посты, устраиваемые для специальных целей судоходства, мелиорации, водоснабжения, канализации, проектировки водных сооружений (плотины, мосты, молы), защиты от наводнений, лесосплава, изучения каких-либо особых местных явлений (пороги, зажоры и т. п.).

2. По способу устройства водомерные посты можно подразделить на такие виды:

1) простые, на которых измерения уровней производятся при помощи рейки наблюдателем поста;

2) передаточные, в которых место отсчета переносится с места действительного измерения в другое, более удобное для непосредственного наблюдения;

3) саморегистрирующие, в которых колебания уровня — непрерывно или в определенные моменты — отмечаются автоматически при помощи особых приспособлений и механизмов.

Наиболее распространенными и легко осуществимыми являются посты первой группы.

3. По предполагаемой продолжительности действия водомерные посты можно подразделить на такие: передвижные, временные и постоянные.

Передвижные (или баржевые) водомерные посты устраиваются в местах стоянок речных изыскательских партий и обычно состоят из прочно забитого в дно реки у ее берега кола диаметром около 6 см; на этот кол ставится для измерений реечка с делениями на сантиметры; кол связывается нивелировкой с ближайшим репером или пикетом изысканий; по наблюдениям на таком передвижном водомерном посту при обработке данных изысканий производится срезка горизонтов воды.

Временные водомерные посты устраиваются на более или менее непродолжительный срок, обычно для специальных целей речных изысканий или особых наблюдений.

Постоянные водомерные посты устанавливаются в целях производства длительных или стационарных наблюдений над режимом водотоков или водоемов.

Пункты изучения, включающие водомерные посты и гидрометрические створы, имеющие заданием изучать скорости течения, расходы воды, наносы, уклоны и другие элементы режима потоков, носят название гидрометрических станций, если при них имеется постоянный техперсонал. Гидрометрические створы, при которых нет постоянного технического персонала, т. е. на которых работы производятся приезжающим время от времени техническим персоналом, называют также «выездными гидрометрическими створами».

Необходимо отметить, что в системе ГУГМС водомерные посты, имеющие своим назначением только измерение уровней (и учет сопутствующих им явлений), носят название гидрологических станций III разряда; выездные гидрометрические створы носят название гидрологических станций II разряда, а гидрометрические станции, имеющие еще несколько более широкий круг исследований и постоянный техперсонал, носят название гидрологических станций I разряда.

В системе Гидроэнергопроект различают водомерные посты двух разрядов и гидрометрические станции четырех разрядов в зависимости от объема и содержания работ.

§ 16. Принципы устройства водомерного поста

Каждый водомерный пост должен состоять из следующих частей:

1) непосредственного приспособления для измерения уровней;

2) постоянных высотных знаков-реперов, по которым можно было бы проверять неизменность тех высотных точек, от которых или над которыми производятся измерения уровней. Таких реперов полагается иметь у каждого водомерного поста не менее двух на случай возможного повреждения одного из них. Реперам придают или условные отметки или абсолютные (над уровнем моря), если к получению этих последних есть возможность.

В каждом водомерном посту начальной отметкой (высотой), к которой относятся наблюдаемые колебания горизонтов, служит так называемый нуль

наблюдений. Этот нуль совпадает обычно с нулевым делением рейки в речных постах и с наинизшей точкой, от которых производятся измерения в постах других типов. Поэтому положение нуля наблюдений при переустройстве поста может изменяться.

От нуля наблюдений следует отличать нулевой пункт поста или нуль графика, т. е. тот условный нуль, который для удобства и единообразия обработок раз навсегда принимается неизменным (сокращенно нулевой пункт поста — нуль графика — называют часто просто нулем поста). Нулевой пункт поста (нуль графика) стараются установить ниже самого низкого возможного уровня реки или водоема, чтобы не возникала необходимость иметь дело в обработках с отрицательными отсчетами. Поэтому на практике за нуль рекомендуется выбирать отметку самой глубокой части реки против поста или несколько ниже его¹.

К сожалению, для ряда старых постов приведенное указание при устройстве постов выполнено не было: имеется ряд постов, для которых нуль графика установлен выше наблюдаемых низких уровней.

На озерах за нуль графика принимается обычно наинизшая точка дна истока реки из озера, а если озеро замкнуто, то точка, находящаяся на 30—50 см ниже самого низкого из всех наблюдавшихся на озере горизонтов.

Таким образом нуль графика поста может не совпадать с фактической наинизшей точкой водомерного поста, от которой ведутся наблюдения; отметим, что разница по высоте между отметкой нуля наблюдений и отметкой нуля графика носит название *приводки*; приводка эта, как видно из предыдущего, может быть положительной и отрицательной: отрицательной, если условный нуль поста (нуль графика) выбран выше действительного нуля наблюдений, и положительной, если нуль графика назначен ниже действительного нуля наблюдений.

Как общее правило, нулевые пункты водомерных постов не подлежат никаким изменениям во избежание внесения путаницы при обработке старых и новых данных наблюдений.

Государственным гидрологическим институтом в последнее время для устранения неудобства от существования нулей наблюдений и нулей графиков предложено уровни, измеряемые на водомерных постах, выражать в условных отметках. За исходную отметку предлагается брать однообразную для всех вновь устраиваемых водомерных постов отметку верхнего незатопляемого репера, равную 50 м. Однако если такой порядок будет действительно установлен, то получатся существенные неудобства от необходимости оперировать во всех обработках и записях с четырехзначными цифрами (вместо двух- или трехзначных в большинстве случаев применяемых теперь). Эти четырехзначные числа, помимо лишней траты времени на их переписку, несомненно, будут источником ряда ошибок в массовых записях обработок. Кроме того, по сути в этом случае за нуль графика принимается нуль отметки, а значит, нуль графика все же не устраняется и остается существовать параллельно с фактическим нулем наблюдений.

§ 17. Общие понятия о гидрометрическом створе

Под гидрометрическим створом разумеют створ, разбитый поперек реки и закрепленный на местности особыми прочными знаками, особо оборудованный и предназначенный, главным образом, для систематических измерений расходов.

Гидрометрические створы могут быть постоянного типа и временные. Первые устраиваются в целях длительного наблюдения за режимом водотоков, вторые имеют место при изыскательских сезонных работах. По методам предполагаемых измерений можно различать створы: 1) для поплавочных измерений и 2) для измерений вертушками или другими приборами, при помощи коих скорости определяются в отдельных точках одного сечения реки.

¹ Еще различают: на судоходных реках — навигационный нуль, совпадающий с наинизшим на данном участке судоходным уровнем; расходный нуль, совпадающий с отметкой, при которой расход воды у поста равен нулю.

Условия для устройства створов разного назначения могут несколько отличаться друг от друга, но остаются одинаковыми в основном. Во всех случаях устройства гидрометрических створов измерительные работы на них производятся спорадически. Чтобы увязывать измеряемые величины расходов с изменениями уровней, систематическое измерение последних должно быть обеспечено наличием водомерного поста.

Водомерный пост лучше всего совмещать с расположением гидрометрического створа. Это обстоятельство неизменно необходимо иметь в виду при выборе места для устройства водомерного поста. Если постоянный водомерный пост нельзя совместить с расположением гидрометрического створа, следует расположить его к створу возможно ближе; во всяком случае между створом и тем постоянным водомерным постом, к показаниям коего предполагается относить измерения расходов, не должно быть никаких притоков, выходов из оврагов и т. п. При удалении водомерного поста от створа более чем на расстояние видимости невооруженным глазом у створного сечения необходимо устанавливать свой водомерный пост — створный для измерений уровней во время измерения расходов.

В случае наличия условий, при которых постоянный створ приходится располагать удаленно от постоянного водомерного поста, необходимо кроме сказанного выше иметь в виду следующее: на характер кривой расходов $Q = f(H)$ влияют характеристики реки не у гидрометрического створа, а соответствующие характеристики непосредственно у водомерного поста, к показаниям которого относят измерения расходов на створе.

§ 18. Гидрометрические станции

Гидрометрической станцией называется участок (или несколько участков реки), соответствующим образом оборудованный, на котором производятся повторные определения целого комплекса гидравлических элементов.

Основными работами, выполняемыми на гидрометрических станциях, являются: а) определение расходов воды и наблюдение за уровнями; б) изучение поверхностных уклонов; в) определение расходов растворенных, взвешенных и донных наносов; г) изучение коэффициентов шероховатости; д) ледовые наблюдения — над толщиной льда, ледоставом, ледоходом, донным льдом; е) гидрометеорологические наблюдения — над температурой воды и воздуха, над ветром, над испарением.

К перечисленным наблюдениям в зависимости от заданий и особенностей реки иногда добавляются дополнительные наблюдения, как, например, а) изучение направления струй как поверхностных, так и глубинных; б) наблюдения над грунтовыми водами и др.

Гидрометрическая станция в общем случае состоит обычно из нескольких участков, из которых главнейшими являются:

А. Участок для установки основного водомерного поста станций.

Б. Участок с гидрометрическими створами для определения расходов воды, причем могут иметь место три участка — один для летних, второй для зимних и третий для весенних измерений расходов.

В. Участок для определения коэффициента шероховатости.

Единственным условием, связывающим указанные участки, является прохождение во время измерений через все участки одного и того же расхода.

Для удовлетворения этого между участками не должно быть притоков или ответвлений речного русла и расстояния между ними не должны быть особенно велики.

В частном случае станция может быть расположена и на одном участке, если он удовлетворяет требованиям для определения всех подлежащих изучению элементов.

В иных случаях гидрометрическая станция может иметь задания, в силу которых входящие в ее состав водомерные посты и гидрометрические створы располагаются на отдельных рукавах или системе притоков у данного участка; одним

из специальных назначений такой станции в этом случае служит учет распределения расходов в изучаемой системе.

Отметим, что наряду с гидрометрическими станциями имеются еще гидрологические станции с более широким или более специализированным кругом изучений, чем обычные гидрометрические станции (см. также § 15).

Гидрологические станции обычно подразделяют на два типа: 1) *стоковые*, назначение коих состоит в детальном изучении процессов стока (обычно на небольших бассейнах); эти станции обычно оборудуются лимниграфами (§ 29) и водосливами для более точного измерения расходов, а в бассейнах их организуются весьма детально гидрометеорологические наблюдения (жидкие осадки, снег, температуры, ветер, давление, испарение и др.); 2) *русловые станции*, специальное назначение коих состоит в детальных изучениях явлений, обуславливающих изменчивость русла реки (перемещение наносов, мутность, направление струй и др.).

§ 19. Основная сеть

Долголетнее и непрерывное изучение характеристик режима водных объектов обеспечивается устройством постоянных наблюдательных пунктов на характерных участках речной сети с таким расчетом, чтобы охватить наблюдениями, по возможности, все наиболее важные и интересные реки, находящиеся в различных естественных физико-географических районах страны. Такая сеть наблюдательных пунктов носит название *основной гидрологической сети*.

Основная гидрологическая сеть имеет главной задачей изучение на реках и других водных объектах всех тех сторон их режима, которые необходимы для разрешения общесоюзных задач в области гидрологии, а также для обеспечения гидрологическими материалами проблем, входящих в генеральный план развития народного хозяйства СССР.

Параллельно с основной гидрологической сетью существуют *местные гидрологические сети*, имеющие задачу удовлетворения нужд народного хозяйства, а также обороны СССР в пределах соответствующих частей страны, а также и текущих водохозяйственных мероприятий.

Основную гидрологическую сеть составляют (на водах суши):

- 1) опорные речные наблюдательные пункты (речные станции, гидрометрические станции и водомерные посты);
- 2) опорные озерные станции;
- 3) опорные болотные станции;
- 4) опорные гидрогеологические станции;
- 5) специальные станции: а) *русловые* и б) *стоковые*, имеющие назначением выяснение наиболее сложных явлений быта речного русла на главнейших водных артериях или условий процессов стока.

Местные гидрологические сети состояются из наблюдательных пунктов тех же типов, что и основная сеть.

Организация станций и постов гидрологической сети производится органами ГУГМС, а также и заинтересованными ведомствами и организациями.

В нашем дальнейшем изложении мы будем иметь в виду лишь станции и посты с гидрометрическим характером изучений.

§ 20. Выбор расположения наблюдательных пунктов

При устройстве наблюдательных пунктов обычно приходится решать прежде всего две таких самостоятельных задачи:

- 1) выбор местоположения пунктов наблюдения на системе реки, т. е. примерный выбор мест расположения;
- 2) выбор конкретного участка или места, отвечающего выбранному местоположению и удобного для устройства того или иного типа наблюдательного пункта.

Первая задача решается, исходя, во-первых, из цели устройства водомерного поста и, во-вторых, в соответствии с гидрологическими характеристиками данной реки. Если целью устройства водомерных постов является общая задача

по изучению режима реки, то предварительно должны быть собраны такого рода сведения: характеристики бассейна реки; характер питания реки; развитие системы реки, главные притоки и их влияние на режим реки; особенности зимнего режима; наличие искусственных сооружений, их местоположение по реке и их возможное влияние на режим; данные о существующих или существовавших ранее водомерных постах и гидрометрических станциях; данные об имевших место изысканиях и их результатах; расположение населенных пунктов; сведения о воднохозяйственном использовании реки: сплав, судоходство, использование для орошения и др.

Все эти сведения служат основанием для выбора наиболее рационального размещения наблюдательных пунктов по тем или иным районам реки.

Если целью устройства наблюдательного пункта служат какие-либо специальные изучения, то исходят в первую очередь из этих последних.

При гидротехнических изысканиях устраиваемые для них водомерные посты (обычно еще до приступа к полевым работам) намечаются так, чтобы надлежащее освещение получили бы все характерные участки реки: ниже притоков, в местах предположенных гидротехнических сооружений (плотины, шлюзы) и т. д.

При исследовании озер на небольших озерах (с площадью не более 10 км²) рекомендуется устраивать не менее одного поста, на озерах с площадью 10—100 км² — не менее двух постов и т. д. Чем чаще располагать водомерные посты на исследуемых реках или озерах, тем полнее и тщательнее освещается и изучается быт водотока и водоема.

На основе вышеприведенных данных районы предположенного устройства водомерных постов намечаются приближенно по карте, ориентируясь на ближайшие к выбранным участкам населенные пункты.

Выбор конкретного участка, удобного для устройства водомерного поста, может быть осуществлен только лишь путем рекогносцировочного обследования выбранного по предыдущему району в натуре и путем объезда или обхода этого района, как об этом сказано дальше (§ 21).

§ 21. Рекогносцировка и выбор места для основных наблюдательных пунктов

А. Выбор места для устройства наблюдательных пунктов производится применительно к целевому назначению последних.

Выбор места выполняется в процессе рекогносцировочного, но достаточно подробного обследования участка, намеченного предварительно применительно к сказанному в § 20. Рекогносцировочное обследование включает в себя: 1) обследование участка для наблюдательного пункта длиной не менее 3—5 ширин поймы реки; 2) осмотр (путем обхода или объезда) реки на протяжении 10—15 км ниже намечаемого участка (и не далее ближайшего источника переменного подпора). Обследование участка имеет целью выявление его характеристик; осмотр реки нужен для выяснения вопроса о наличии источников переменного подпора — искусственных (плотины) или естественных (река, в которую впадает данная река).

Рекогносцировочные обследования желательно производить в период низкой воды, но, кроме того, желательно делать еще дополнительный осмотр выбранного участка реки в период высоких вод.

Рекогносцировка заключается в: 1) предварительном тщательном осмотре намеченного участка (с берега и с лодки); 2) в выполнении промеров глубин по ряду поперечных профилей (не менее трех для каждого участка); 3) в выполнении нивелировок этих же профилей в части их, относящейся к пойме реки (до границы самых высоких вод); 4) в выполнении простейших наблюдений, при помощи поплавков, за скоростями течения и направлением струй; 5) в выполнении глазомерно-бусольной съемки участка в масштабах: для малых рек шириной до 50 м — 1/1000, для средних рек — до 1/5000 и для больших при ширине их в межень свыше 200 м — 1/10 000; 6) в случаях наличия источников переменного подпора — в нивелирных работах для определения уклонов реки на протяжении от рассматриваемого участка до источника подпора.

В случае если речь идет об устройстве только уровенного водомерного поста, нивелировка поймы может не производиться.

Рекогносцировочное обследование должно осветить следующие особенности участка: а) форма коренного русла и поймы (извилистость, поперечные сечения); б) характер русла реки (грунт илистый, песчаный, галечный, каменистый, наличие крупных валунов, карчей и т. п.); в) характер берегов (грунты, крутизна, обнаженность, растительный покров, размывающая или отлагающая деятельность реки); г) характер поймы (размер, грунты, растительность); д) наличие кос, отмелей, островов, протоков, затонов; е) приблизительные характеристики скоростей течения (равномерность, наличие косых или обратных течений, водовороты); ж) наличие источников переменного подпора (вододействующие заведения, впадение притоков, близость принимающей реки, наличие водной растительности).

Опросным путем в дополнение к непосредственным наблюдениям устанавливаются: а) амплитуда колебаний уровней (наинизший и наивысший уровни и отвечающие им годы); б) характер весеннего половодья и летних паводков; в) условия вскрытия и замерзания, в частности, зажорность и наличие донного льда. Кроме того, выясняются наличие и стоимость рабочей силы и материалов, транспортные средства и пути сообщения.

Результаты рекогносцировочного обследования заносятся в дневник с цифровыми материалами, глазомерными планами, зарисовками, профилями, фотографиями. Кроме того, в результате обследования должен быть составлен технический отчет со сведениями о порядке и характере всех выполненных работ, о режиме реки и о результатах обследования; к отчету должны быть приложены все полевые документы (промеры, нивелировки и т. п.).

Б. Во время выполнения рекогносцировочного обследования надо иметь в виду требования, которым должно удовлетворять выбираемое место. Эти требования для различного рода наблюдательных пунктов различны и сводятся к следующим.

а) Для водомерных постов любого назначения должны иметь место следующие условия:

1. Доступность местоположения. Место, намеченное для устройства поста, должно быть легко доступно для наблюдений днем и ночью; поэтому не следует устраивать посты на слишком крутых берегах; необходимо также избегать участков с отлогими берегами, затрудняющими измерение уровней во время весеннего половодья и паводков, когда подход к месту наблюдения заливается водой на большом расстоянии.

2. Защищенность от повреждений. В целях сохранности поста необходимо выбирать места, защищенные от ледохода и свободные от образования ледяных зажоров; равным образом следует избегать подмываемых берегов, а также учитывать возможность порчи поста от действия наносов.

3. Горизонтальность поверхности воды. Следует избегать устройства постов в тех местах, где может наблюдаться негоризонтальность уровня воды в поперечном направлении; поэтому не следует устраивать посты: а) на крутых поворотах реки и б) в непосредственной близости от устьев притоков; для этого последнего случая руководствуются требованием, чтобы пост был расположен от устья притока на расстоянии, не меньшем пятикратной ширины реки.

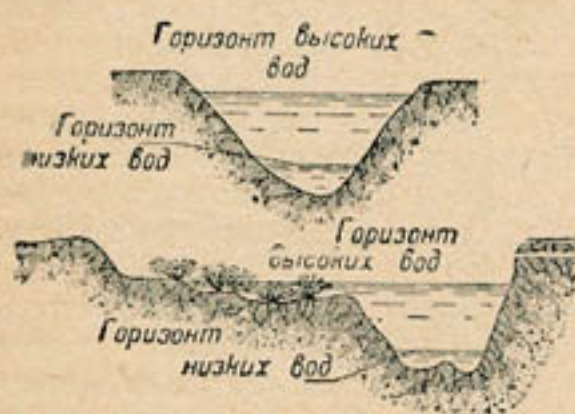
4. Исключение влияния ветров. Не следует устраивать посты на очень длинных прямых и широких участках реки, расположенных по направлению господствующих ветров, так как в этих местах могут происходить нагон и сгон воды от действия ветра, искажающие показания водомерного поста.

5. Близость к жилью наблюдателя. От близости к жилью наблюдателя зависит во многом удобство обслуживания поста последним, а с этим связана зачастую надлежащая надежность его записей.

б) Для водомерных постов разных назначений должны соблюдаться (по мере возможности) такие дополнительные условия:

1. Для расходных постов условия, облегчающие вычисления расходов, интерполяцию и экстраполяцию измерений, а именно:

1. Надлежащая форма русла потока в плане, продольном и поперечном профиле. Следует предпочитать участки, где нет широкой поймы; особенно следует избегать мест, где при низких коренных берегах реки широкая пойма имеет плоскую поверхность (фиг. 15): такого рода поперечные сечения весьма затрудняют построение кривых зависимости расходов от уровней, так как, после того



Фиг. 15. Рациональная и нерациональная формы поперечного сечения для расходного водомерного поста.

как вода выступит из берегов, весьма незначительному приращению уровня воды может соответствовать весьма значительное увеличение расхода. В этом последнем отношении участки однообразного профиля, имеющие узкую долину, постепенно понижающуюся от своих краев к коренному руслу, являются крайне желательными (фиг. 15 сверху). Водомерный пост следует располагать в верхней части такого участка.

Точно так же затруднения при построении зависимости расходов от уровней возникают и в тех случаях, когда уровни весьма мало изменяются с увеличением расхода в коренном русле. Это может иметь

место на участках с большими глубинами и сравнительно небольшими уклонами, т. е. при медленном течении; таких участков также следует избегать.

2. Неизменяемость русла. Неизменяемость русла в районе предположенных измерений расходов — весьма важное условие, допускающее не столь частые измерения, как это необходимо в противном случае; наносы или размывы на уча-



Фиг. 16. Порог-регулятор.

стке измерений или ниже его решительно могут изменять те соотношения между расходами и уровнями, которые выявляются в процессе текущих работ; во всяком случае такая неизменность русла должна иметь место для того района реки, к которому относятся измерения расхода, т. е. где установлен водомерный пост.

Весьма удобной естественной гарантией против изменчивости русла на малых реках может служить какая-либо естественная преграда, например, выход каменных пород непосредственно ниже водомерного поста у места измерений расходов; всякие изменения в профиле русла выше такого неподвижного и неизменяемого

препятствия не сказываются на изменениях уровней, поскольку они обуславливаются постоянным подпором от лежащей ниже преграды. Американская практика в этом отношении рекомендует для небольших рек даже искусственное устройство таких «порогов-регуляторов» из бетона или каменной наброски (фиг. 16).

3. Отсутствие перемежающихся подпоров. Перемежающиеся подпоры от действующих плотин, от главной реки, принимающей данную, от водной растительности и т. п. должны быть избегаемы: наличие их затрудняет построение зависимости $Q = f(H)$, так как разным скоростям и расходам в этих случаях могут соответствовать одни и те же уровни, и наоборот.

В связи с возможностью подпора, а также выносов твердых частиц, изменяющих конфигурацию русла, неудобно располагать места измерений вблизи устьев впадающих рек, ручьев и канав.

Для определения протяжения, на которое распространяется подпор от данного искусственного сооружения или от подъемов воды в принимающей реке, прежде всего необходимо определить уклон данной реки i (если он неизвестен); определение уклона делается по правилам речных изысканий. Кроме того, подлежит определению наибольшая величина подпора H , создаваемая сооружением или подъемами воды в притоке, в принимающей реке, в принимающем озере; далее, последовательными промерами в характерных участках следует определить средние глубины исследуемого участка (h_0).

Расстояние, на которое распространяется подпор от источника подпора, может быть приближенно определено по одной из формул гидравлики, например, по формуле Дюпюи-Рюльмана (фиг. 17):

$$L = \frac{h_0}{i} \left(\varphi \frac{Z_2}{h_0} - \varphi \frac{Z_1}{h_0} \right), \quad (4)$$

где L — искомое расстояние; Z_2 — превышение над нормальным (который существовал бы при отсутствии источника подпора) уровнем подпертого уровня у источника подпора; Z_1 — то же в любом данном сечении реки; i — уклон поверхности воды в реке при отсутствии источника подпора («естественный уклон», фиг. 17); h_0 — средняя глубина при тех же условиях; величину i удобнее всего получить хотя бы из схематического продольного профиля реки с нанесенной на нем линией для путем проведения линии средней глубины и линии естественного уклона; величину Z_1 рационально полагать равной какой-либо конечной величине, например, 0,01 м, так как кривая подпора в наиболее удаленной от источника подпора части проходит на весьма близком расстоянии от естественной поверхности воды в реке, не имеющем практического значения; при необходимости найти эффект подпора для данного расстояния Z_1 является величиной искомой; значения членов $\varphi \frac{Z_2}{h_0}$ и $\varphi \frac{Z_1}{h_0}$ определяются на основании особых таблиц, которые даны в приложении.

Формула Дюпюи-Рюльмана выведена ее автором для случая прямоугольного (широкого) русла. Для русла, живое сечение коего близко к параболическому очертанию, лучше применять формулу Толкмита:

$$L = \frac{h_0}{i} [\varphi(\eta_2) - \varphi(\eta_1)], \quad (4a)$$

где

$$\eta_2 = \frac{h_2}{h_0}; \quad \eta_1 = \frac{h_1}{h_0},$$

$$\text{причем} \begin{cases} h_2 = h_0 + Z_2, \\ h_1 = h_0 + Z_1. \end{cases}$$

В формуле Толкмита h_0 имеет значение наибольшей глубины в сечении.

Величины значений φ приводятся в особых таблицах в гидравлических справочниках.

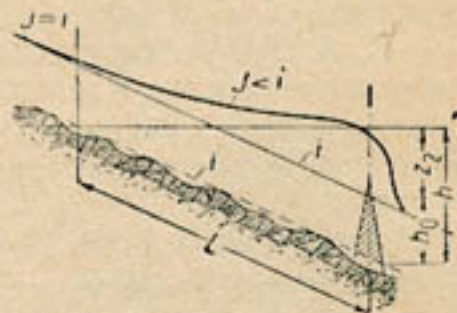
Более точные приемы определения элементов подпора приводятся в специальных руководствах по гидравлике.

Пример. Пусть имеется плотина, создающая подпор $Z_2 = 1,3$ м; нивелировкой на протяжении 25 км, начиная от нижнего бьефа у плотины и выше, определены отметки урезов воды, приведенные к уровню воды в реке на один и тот же день; эти отметки дали величину естественного уклона реки (до сооружения плотины) $i = 0,000197$; средняя глубина реки до устройства плотины h_0 определена равной 2,8 м.

Надо определить, на какое расстояние распространяется подпор от плотины.

По Дюпюи-Рюльману, принимая $Z_1 = 0$, имеем

$$L = \frac{2,8}{0,000197} \cdot \varphi \left(\frac{1,3}{2,8} \right) = \frac{2,8}{0,000197} \cdot \varphi(0,465).$$



Фиг. 17. Подпертый участок реки.

Из таблицы для $\frac{Z}{h_0} = 0,465$ находим

$$\varphi\left(\frac{Z}{h_0}\right) \frac{Z}{h_0} = 1,61.$$

Тогда

$$L = \frac{2,8}{0,00197} \cdot 1,61 = 22,8 \text{ км.}$$

В случае, если условия расположения водомерного поста не позволяют избежать влияния переменного подпора на показания поста, необходимо установить ниже основного дополнительный пост, при помощи показаний коего можно было бы учитывать изменения уклона реки в зависимости от изменений величины переменного подпора у источника подпора. Расстояние дополнительного водомерного поста от основного определяется условием получения достаточной и необходимой точности в величинах уклонов и поэтому зависит от уклона реки; можно руководствоваться правилом: расстояние между основным и вспомогательным постами должно быть таково, чтобы падение реки между обоими постами было не менее 5 см (при обычной точности измерений уровней, см. § 37). В таком случае вместо зависимости $Q = f(H)$ связь между уровнями и расходами находят в виде семейства кривых $Q = f(H, i)$, вводя в расчет третью переменную — уклон (§ 124).

Влияние переменного подпора от изменчивости русла ниже местоположения поста может быть исключено естественным или искусственным порогом-регулятором, о котором говорилось выше.

II. Для уровенных постов (не специального назначения) дополнительным условием к приведенным в п. «а» можно считать характерность участка для изучаемого района реки.

III. Для постов уклонных дополнительными условиями являются:

- 1) возможная прямолинейность участка;
- 2) возможная параллельноструйность течения;
- 3) однообразное, желательное корытообразное, русло.

Как это установлено исследованиями В. А. Троицкого, расстояние между уклонными водомерными постами должно выбираться в зависимости от комплекса таких факторов: 1) заданной точности определения величины уклона; 2) величины уклона; 3) точности связочной нивелировки; 4) точности отсчетов уровней воды.

В. А. Троицким предложена формула, учитывающая все эти факторы. Эта формула имеет следующий вид (в предположении допустимости ошибки в определении уклона в 5%):

$$\sqrt{L} = \frac{2m + \sqrt{4m^2 + 1128000 \Delta \cdot i}}{200000 i}, \quad (5)$$

где L — искомое расстояние в км; m — ожидаемая километрическая ошибка в нивелировке в мм (при нивелировании IV разряда $m = \pm 7,5$ мм, III разряда $m = \pm 4$ мм);

Δ — точность отсчетов уровня воды на водомерных постах в мм;

i — уклон реки.

Так, при $i = 0,0001$, при $m = \pm 4$ мм и при $\Delta = 1$ мм имеем $L = 1,12$ км. При допуске ошибки в уклоне в 10% величину уклона, вводимого в формулу, следует удваивать.

Проф. Е. В. Близняк предлагает для определения расстояния между уклонными водомерными постами пользоваться более простой формулой:

$$L = \frac{28 \cdot \Delta H}{h} \text{ км}, \quad (5a)$$

где Δh — точность определения отметок уровня воды на обоих водомерных постах в мм; h — падение реки на 1 км в мм. Так, при $h = 200$ мм (на 1 км, т. е. $i = 0,000200$) и $\Delta h = 5$ мм получаем

$$L = \frac{28 \cdot 5}{200} = 0,7 \text{ км.}$$

При выводе указанной формулы принята точность определения падения Δh , равная 5%, т. е. $\Delta h = 0,05 h$, а ошибка в определении падения на расстоянии L равна

$$\Delta (H_1 - H_2) \sqrt{2} = \Delta h \sqrt{2} = 1,4 \cdot \Delta h.$$

Таким образом при устройстве уклонных водомерных постов следует обращать особое внимание как на точность связующей нивелировки, так и в особенности на точность измерений уровней на постах (§ 31).

IV. Для постов для целей предсказаний дополнительным требованием можно считать: наличие условия для возможности быстрой передачи данных наблюдений (телефонная и телеграфная связь).

V. Для постов специального назначения выбор места почти целиком обуславливается их специальными задачами.

в) Для выбора местоположения постоянных гидрометрических створов следует иметь в виду условия, обеспечивающие удобства и точность измерений основных элементов расхода — скоростей течения и глубин, а именно:

1. Правильность русла с параллельноструйным течением без водоворотов, заводей, обратных и косых струй (§ 52).

Для выполнения этого кроме правильности русла, т. е. симметричной корытообразной его формы (при всех горизонтах), необходимо прямолинейное начертание участка в плане или по крайней мере весьма малая его изогнутость. Длина такого участка должна быть не меньше двух-трех ширин реки для малых и средних рек и не меньше одной ширины реки для широких рек.

2. Дно и берега участка вблизи створа должны быть ровными и гладкими, без выступов скал, подводной растительности, крупных одиночных камней, карчей и т. п., ибо эти предметы, во-первых, вызывают неправильности течения и, во-вторых, затрудняют правильное определение площади живого сечения в процессе промеров глубин.

3. Минимальные глубины на 0,75—0,80 ширины реки при низкой воде не должны быть меньше 0,15—0,20 м — обычного размера вертушки.

4. Скорости в створе не должны быть меньше 0,10—0,15 м/сек, ибо такая скорость отвечает обычному пределу чувствительности вертушки, ниже которого или вертушка не работает или показания вертушки дают грубые ошибки; во всяком случае часть площади живого сечения с такими скоростями не должна составлять более 15—20% от всей площади.

5. Скорости течения не должны быть чрезмерно велики — примерно не более 3 м/сек вследствие трудности и малой надежности измерений при больших скоростях.

6. Для измерений зимних расходов кроме указанных выше требований следует обратить внимание на отсутствие условий, при которых русло реки у створа или ниже его могло бы забиваться шугой (см. § 40).

7. Наконец, крайне желательна неизменяемость русла для облегчения анализа выполненных измерений расходов.

В случае невозможности удовлетворить всем этим условиям для измерений и высоких и низких вод следует устраивать два гидрометрических створа — отдельно для указанных обоих случаев.

Вышеприведенные условия относятся к постоянным гидрометрическим створам, рассчитанным на измерения вертушкой.

Можно указать еще такие частные случаи:

1. Створы для сезонных работ. Гидрометрические створы для временных сезонных работ намечаются в местах, удобных для предположенных измерений в условиях данных временных работ и сезона; поэтому требования

к выбору места для таких створов могут быть значительно облегчены по сравнению с теми требованиями, которые предъявляются к створам, предназначенным для длительных измерений.

2. Створы для поплавочных измерений. Выбор места для створов, у коих предполагается производить длительные измерения при помощи поплавков, предусматривает возможность пренебрегать требованиями о минимальных глубинах и скоростях, но зато особо следует иметь в виду необходимость наличия достаточно правильного русла и распределения скоростей в нем. Указания об особенностях выбора и устройства таких створов, дополнительные к изложенному выше, даны далее в отделе об измерении расходов при помощи поплавков (§ 84).

Приведенные соображения имеют в виду выбор места для основных наблюдательных пунктов.

Выбор места для специальных измерений некоторых гидравлических элементов, так же как и дополнительные данные по выбору места для комплексных измерений (гидрометрические станции), будет дан ниже при изложении этих вопросов.

§ 22. Топографические работы

Топографические работы при устройстве наблюдательных пунктов выполняются непосредственно после выбора участков для этих пунктов в целях окончательной фиксации местоположения этих последних, а также в целях фиксации высотных и плановых характеристик участка и возводимых устройств для контроля их изменчивости в последующем.

Объем топографических работ различен в двух таких главных случаях: 1) устройство уровенного водомерного поста или водомерного поста специального назначения; 2) устройство расходного поста и гидрометрического створа.

1. При устройстве уровенного водомерного поста выполняются: 1) глазомерно-буссольная съемка участка расположения поста на расстоянии не менее 100 м вверх и вниз от поста, а по ширине поймы

ТАБЛИЦА 3

Ширина реки <i>B</i> при высокой воде в м		Соответств. длина участка съемки в м	
От	До	От	До
10	100	200	600
100	300	600	1 500
300	600	1 500	2 000
600	1 000	2 000	2 500
1 000	2 000	2 500	3 000
2 000	5 000	3 000	6 000

до отметок долины реки на 1—3 м более высоких, чем горизонт самых высоких вод. При этом фиксируется положение всех свай и реперов поста, а также всех характерных и приметных точек; 2) промеры русла и нивелировки поперечного профиля по створу поста в указанных выше пределах; 3) нивелировка устройств водомерного поста; 4) фотографические съемки общего вида участка, водомерного поста и реперов.

При устройстве уклонных водомерных постов должно быть точно измерено расстояние между ними и прецизионно проинвентаризованы их устройства и связь между ними. На иных постах специаль-

ного назначения объем топографических работ определяется местными условиями и назначением поста.

II. Объем и характер топографических работ для гидрометрических створов и расходных водомерных постов, применительно к действующим инструкциям ГУГМС, состоит в следующем.

1. Общая длина участка съемки назначается в зависимости от ширины реки по створу при наивысшем горизонте; ориентировочно эта длина определяется по табл. 3.

2. Масштаб съемки в зависимости от ширины реки *B* при высокой воде устанавливается по табл. 4; кроме того, для рек с очень широкой поймой и малой шириной реки в межень, меженнее русло реки (на протяжении 3—5 ширин

b , но не длиннее всего участка) снимается в более крупном масштабе, определяемом по табл. 5, в зависимости от ширины реки b в межень.

ТАБЛИЦА 4

Ширина реки B при высокой воде в м		Соответ- ствующий масштаб
От	До	
1	200	1 : 500
200	400	1 : 1 000
400	1 000	1 : 2 000
1 000	2 500	1 : 5 000
2 500	и выше	1 : 10 000

ТАБЛИЦА 5

Ширина реки b в межень в м		Соответ- ствующий масштаб
От	До	
1	100	1 : 500
100	200	1 : 1 000
200	400	1 : 2 000
400	1 000	1 : 5 000

3. Рекомендуются следующий порядок работ:

А) установить реперы и временные водомерные посты;

Б) проложить опорную сеть;

В) произвести промеры глубин;

Г) произвести нивелирование реперов, опорных пунктов, основных ходов, водомерных постов, промерных кольев и пр.;

Д) произвести вертикальную и горизонтальную съемку подробностей с описанием берегов и поймы;

Е) выполнить детальную съемку участка, непосредственно прилегающего к створу.

А. Реперы устанавливаются у гидрометрического створа, не менее двух на одном берегу, а при ширине B более 1 км — еще один репер — на другом берегу; кроме того, при длине участка в пределах 600 м — 2 км устанавливают два дополнительных репера у верхней и нижней границ участка, а при ширине B свыше 2 км — такие же реперы устанавливаются и на втором берегу.

Временные водомерные посты в виде прочно забитых сваек, в числе трех (по краям участка и в середине его) устанавливаются для приведения съемки к мгновенному горизонту и производства срезки промеров.

Б. Опорной сетью при съемке участка может служить:

а) магистраль по одному берегу — при ширине участка меньше 300 м;

б) замкнутая магистраль или полигон при ширине участка от 300 м до 2 км;

в) геометрическая сеть (графическая мензульная тригонометрическая сеть) для тех же случаев, что и по п. «б»;

г) выполняемая теодолитом триангуляция и тригонометрическая сеть — при ширине участка свыше 2 км.

Полигоны и магистраль разбиваются теодолитом с точностью нониуса не менее 1 мин. Стороны их измеряются дважды стальной лентой с равномерным натяжением. Допускаемая ошибка в длине: $\frac{1}{1000} L$ для полигонов и $\frac{1}{2000} L$ для магистрали, прокладываемой по ровной пойме, где L — длина хода.

Допускаемая ошибка в измерении углов замкнутого полигона $\delta = t\sqrt{2n}$, где t — точность нониуса горизонтального лимба, а n — число углов полигона.

Графическая мензульная триангуляция производится на основе точно измеренного базиса треугольниками с внутренними углами не меньше 30° . Точность измерения базисов при графической триангуляции $\frac{1}{2000}$ его длины. Все вершины треугольников должны по возможности определяться точным пересечением не менее трех направлений.

Вершины треугольников и всех углов должны быть закреплены прочными и надежными кольями или железными трубами.

При прокладывании основных ходов и измерений вершин треугольников обязательно засекаются все приметные постоянные пункты (шпиль, фабричные трубы, мосты и т. д.).

Должно быть определено также теодолитом направление истинного меридиана.

В. Промеры глубин (§ 9) в пределах границ участка съемки производятся по всей длине реки и ее протоков, если таковые имеются; особенно детально промеры глубин производятся на участке небольшой длины (10—50) в месте намеченного гидрометрического створа.

Г. После разбивки основной сети и промерных профилей производится техническое нивелирование всех реперов, вершин треугольников, вершин основных ходов, пикетов, временных и ранее установленных водомерных постов, промерных кольев, характерных точек гидротехнических сооружений и пр., а также урезов горизонтов воды.

Нивелирование производится в условных или абсолютных отметках.

Нивелирование урезов воды производится по кольям, забитым в тихую погоду одновременно на всем участке, по сигналу или верным часам, через 50—200 м, в зависимости от длины участка.

Допустимые невязки при нивелировании определяются по формулам для нивелировок IV разряда:

а) для замкнутых полигонов

$$\Delta h \leq 0,01 \sqrt{L} + 0,001 L; \quad (6)$$

б) для двойной нивелировки по одному ходу

$$\Delta h \leq 0,015 \sqrt{L}, \quad (7)$$

где Δh — допустимая невязка в м; L — длина хода в км.

Д. Высотная съемка подробностей производится с точностью, необходимой для проведения горизонталей:

а) при масштабе $1/500$ — $1/2000$ через 0,5 м;

б) при масштабе $1/5000$ — $1/10000$ через 1 м для поймы и через 0,5 м для дна.

Для вертикальной и горизонтальной съемки подробностей может применяться мензульная и тахеометрическая съемка, съемка поперечниками и нивелировочными ходами, а также смешанные виды съемок. При этом на план должны быть нанесены согласно установленных условных знаков горизонтали, бровки, границы низкого рабочего и наивысшего горизонтов воды, дороги, переправы, все гидротехнические сооружения, лес, кустарник, угодья, изгороди, отдельные дома, болота, канавы, озера, пруды, отдельные крупные камни и пр.

Во время съемки должно быть произведено описание грунта поймы по обнажениям берегов, а также взяты образцы грунта в характерных местах.

Все стоянки мензулы или теодолита должны быть закреплены прочными кольями.

При съемке поперечниками последние нивелируются одиночной, увязанной по концам, нивелировкой.

Е. Детальная съемка участка створа выполняется для полосы, включающей створ, шириной в 20—50 м.

В состав съемки участка створа входят: 1) разбивка двух крайних поперечников, параллельных гидрометрическому створу; 2) провешивание и пикетаж главного створа и разбитых поперечников; 3) нивелировка створа и поперечников; 4) съемка подробностей участка поймы; 5) увязка съемки с промерами участка.

Масштаб съемки створного участка устанавливается $1/200$ — $1/500$, а в случаях широкой поймы — до $1/1000$.

Съемка участка створа точно увязывается в плановом и высотном отношении с установленными реперами.

Детали всех указанных работ приводятся в специальных инструкциях.

III. Одновременно с топографическими работами (или после них) выполняются также измерение скоростей и направления течений и измерение расхода (§ 52); необходимо также собрать ряд данных следующего характера: а) о прохождении высоких вод, об их высоте и продолжительности, о скоростях течения и пр.; б) о местах образования и величине зажоров, заторов

русла реки с линиями направлений течения; д) обработанные расходы воды; е) графики колебания горизонта воды; ж) продольный профиль реки в пределах съёмки.

Эти материалы в процессе их камеральной обработки дополняются далее проверочными подсчётами, составлением подробных, поперечных и продольных профилей, альбомом фотоснимков, данными дополнительных гидрометрических исследований (§ 52—54), подробной пояснительной запиской (с описанием участка) и подробным техническим отчетом.

ГЛАВА V

ТИПЫ ВОДОМЕРНЫХ ПОСТОВ

§ 23. Подразделение простых постов

Простые посты (§ 15) можно подразделить на такие категории:

а) **речные**, на которых измерения уровней производятся по постоянно укрепленным у места измерений одной или несколькими рейкам;

б) **свайные**, состоящие из ряда свай, забитых в створе на берегу реки так, что самая нижняя свая находится под водой, а самая высокая лишь немного покрывается самой высокой водой; измерения уровней воды производятся при помощи переносной рейки, которая ставится на головку ближайшей к берегу свай, находящейся в воде;

в) **смешанные**, включающие в себя элементы свайных и речных постов.

г) **посты мостового типа**, в которых горизонт воды определяется измерением расстояния от какой-либо неподвижной точки, находящейся вне поверхности воды над нею, например, от фермы железного моста или подошвы рельса на мосту.

§ 24. Речный пост

Главной принадлежностью речного поста является рейка, наглухо (вертикально или наклонно) закрепленная на каком-либо искусственном или специально устроенном сооружении так, что можно предполагать полную неизменность ее положения

а) Вертикальные установки. Водомерная рейка может быть деревянной или металлической; в иных случаях деления рейки могут быть покрашены непосредственно на соответствующем искусственном сооружении.

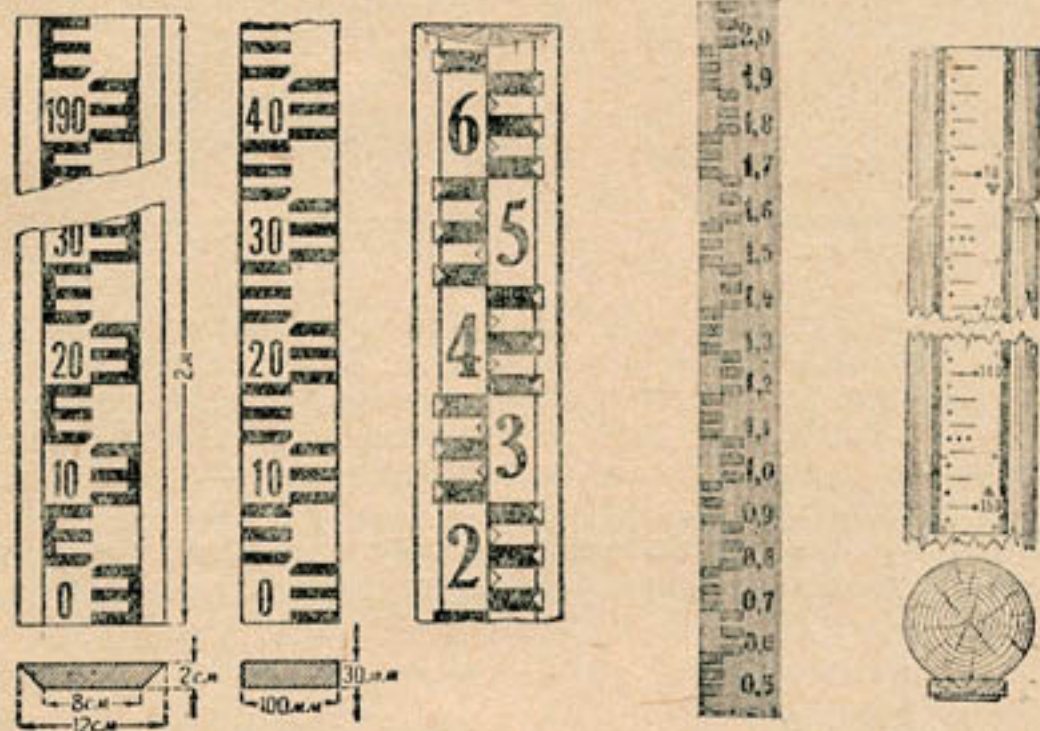
1. Деревянные рейки делаются из досок толщиной в 2—4 см (1—1,5"), шириной в отделке около 12 см; длина рейки определяется наибольшей возможной амплитудой колебаний горизонтов воды у места предполагаемого сооружения водомерного поста; так как эта амплитуда может достигать величины от 4 до 12 м, то для перевозки и установки целесообразно делать рейку по длине из нескольких звеньев длиной в 1,5—2,0 м.

На лицевой стороне рейки красной, синей или черной краской (лучше эмалевой) наносятся деления в сотых долях метра (или через 0,02 м); перед окраской делается тщательная разметка при помощи стальной рулетки, и деления закрепляются при помощи глубоких нарезок. Погрешности в разметке допускаются не больше 1 мм на каждый сантиметр и не более 5 мм на 2 м длины рейки. Образцы разметки показаны на фиг. 19 (нормальная разметка), на фиг. 20 (Украина) и 21 (Туркестан).

Весьма непродолжительное сохранение на рейке окраски (2—3 года при весьма хорошем качестве краски), особенно в нижнем ее конце, где происходит частая смена уровней, делает малопрактичным такого рода окрашенные рейки. Поэтому окраска должна или периодически возобновляться или может быть заменена выжиганием как делений, так и самых цифр.

2. Гораздо практичнее и долговечнее **металлические** рейки. Металлические рейки можно делать литыми из чугуна с выпуклыми делениями и цифрами (фиг. 22 — германский тип, фирмы Отт).

Другой возможный тип металлических реек — из тонкого листового цинка шириной в 7—8 см, а за неимением такового — из оцинкованного железа или листового алюминия. Калибровка таких реек может быть осуществлена при помощи сквозных просечек разного вида, например, четные сантиметры — длинная черта ($1\frac{1}{2}$ ширины рейки), нечетные сантиметры — одна точка, пятерки — три точки, десятки — черта с кружком на конце; цифры тоже могут быть сделаны сквозными. Будучи свернуты в трубки, заготовленные заранее трафареты весьма портативны в перевозке. Для их установки на месте заготавливается предварительно деревянная доска соответствующей длины с поперечным сечением в 10×3 или 10×4 см; доска хорошо осмаливается или окрашивается темной краской. Металлический трафарет прикрепляется к доске гвоздями; белые деления и цифры весьма отчетливо выделяются на фоне осмоленной доски (фиг. 23).



Фиг. 19.
Разметка
рейки нор-
мальная.

Фиг. 20.
Разметка
рейки ино-
го типа.

Фиг. 21.
Разметка
рейки Сред-
азводхоз.

Фиг. 22.
Чугунная
рейка.

Фиг. 23.
Рейка из
листового
металла.

3. Установка и укрепление реек на месте производятся различными способами в зависимости от местных условий.

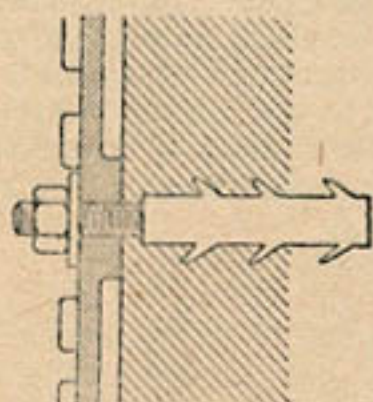
Наиболее целесообразно воспользоваться для установки рейки уже существующими искусственными сооружениями, деревянными или каменными (или бетонными). В этом случае необходимо выбирать место, наиболее защищенное от ледохода и ударов плывущими предметами и судами; при мостовых сооружениях таковыми являются низовые стороны быков и устоев или боковые стороны сооружений. Если таких защищенных мест найти нельзя, то рейку втапливают в особо протесанные для сего пазы или защищают отбойными сваями.

К деревянным частям сооружения рейка может быть прикреплена при помощи гвоздей или винтов (фиг. 24); к каменным стенам рейки прикрепляются металлическими штырями, втапливаемыми в кладку на цементе. При прикреплении рейки к искусственному сооружению полезно на нем же отмечать (краской или насечками) положение целых метров, что служит проверкой неизменности положения рейки. Иногда, как указывалось, при наличии каменных или бетонных искусственных сооружений (быки моста), деления рейки наносятся краской или насечками непосредственно на искусственное сооружение.

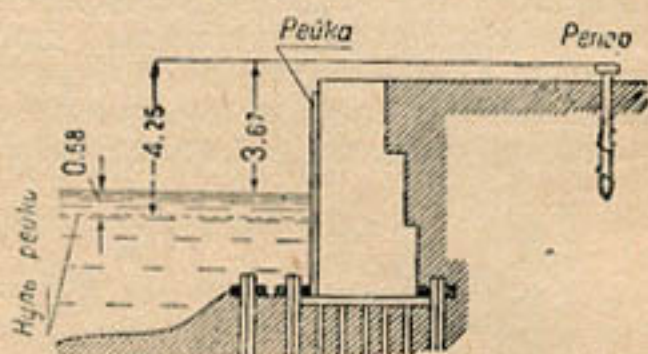
Фиг. 25 дает пример устройства речного поста у набережной.

В местах отсутствия уже возведенных искусственных сооружений для закрепления реек служат специально забиваемые сваи. Такая установка возможна только при незначительных скоростях течения. Сваи забиваются в грунт до от-

каза (но не менее 2,50 м) так, чтобы длина свободной части сваи, считая от дна, была не больше длины, вошедшей в грунт. Верхушка сваи по окончании забивки скашивается в сторону, противоположную рейке, чтобы не задерживалась дождевая вода на торце; на открытый торец надевается сверху колпак из окрашенного кровельного железа (фиг. 26). При возможной опасности от ледохода сваю с рейкой следует защитить специально забиваемыми ледорезными сваями. При большой



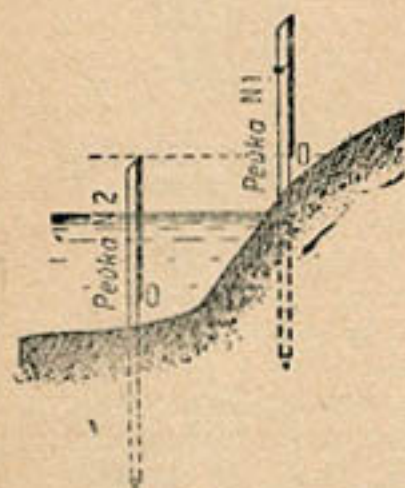
Фиг. 24. Закрепление чугунной рейки.



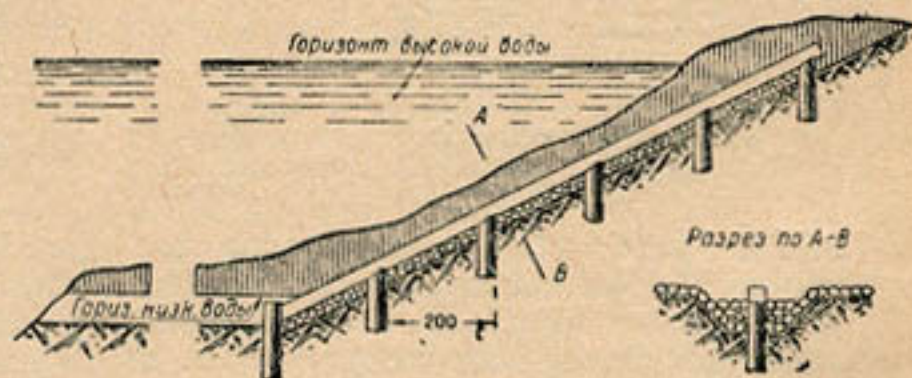
Фиг. 25. Реечный пост у набережной.

амплитуде колебаний уровней воды в реке удобно устанавливать 2—3 отдельных рейки более короткой длины на разных высотах берега с таким расчетом, чтобы каждая из отдельных реек служила продолжением по высоте предыдущей рейки (фиг. 26). Нуль рейки должен быть не менее чем на 0,2 м ниже самого низкого возможного уровня воды, а максимальная цифра шкалы — на 0,5 м выше максимального возможного уровня.

4. При очень больших скоростях течения в целях устранения ошибок от набегания на рейку воды устанавливают рейку в к о в ш е.



Фиг. 26. Реечный пост на сваях.



Фиг. 27. Наклонная рейка.

Для этого на берегу вблизи уреза выкапывается квадратная яма, приблизительно со сторонами в 2—3 м, глубиной немного более средней глубины реки в данном месте; стенки ямы крепятся или приданием им естественного откоса, или каменной отсыпью, или деревянными креплениями; свая для рейки тогда забивается в дно ямы. Яма сообщается с руслом открытым каналом, выходящим в реку под углом к течению во избежание засорения канала и ковша наносами; место для ковша целесообразнее всего выбирать у более крутого берега, которому в реке обычно соответствуют большие и более постоянные глубины.

б) Наклонные рейки. К особому виду реечных постов могут быть отнесены наклонные рейки. Вертикальные рейки по предыдущему удобно устраивать лишь в случаях возможности достаточно обеспеченной защиты их от ударов плывущих на реке предметов (и ледохода) и где около рейки не образуется волны подпора от быстрого течения. В тех случаях, когда условий для удобной установки

вертикальной рейки не имеется, могут быть установлены наклонные рейки в особых углублениях в берегу. Берег для такой установки должен быть выбран достаточно пологий, с уклонами в пределах $20-60^\circ$ и в то же время достаточно прочный, не подверженный размывам и наносам. Если берег пологий, то в откосе делается выемка, а вода к рейке подводится канавкой. Если берег слишком крутой, для рейки в откосе выбирается ниша, а боковые стенки этой ниши укрепляются одеждой из дерева или из камня. Откосы канавки, подводящей воду к рейке (если таковая канавка имеется), а также откосы выемки для рейки тоже укрепляются в зависимости от грунта, причем для укрепления тут может быть применена дерновка или мощение камнем.

Общий вид устройства наклонной рейки показан на фиг. 27. Сама рейка в этом случае представляет собой брус сечением около 40×20 см или доску прочного сечения, укрепленную на сваях путем врубок шипами и железных скоб; сваи берутся диаметром в 15—18 см и вбиваются на глубину не менее 1,50 м и на расстоянии друг от друга около 2 м. Вместо деревянных опор можно применять бетонные или каменные; размер основания зависит от качества грунта, а глубина его — от глубины промерзания грунта. В предупреждение гниения рейка окрашивается краской, а поверхность выемки под нею обкладывается мелким камнем или гравием. Калибровка рейки производится после ее окончательного закрепления путем нахождения с помощью нивелира метровых меток и тщательной разметки по интерполяции промежуточных делений.

Можно также для разметки определить угол наклона плоскости рейки к горизонту

$$\sin \alpha = \frac{h_1 - h_2}{L}, \quad (8)$$

где h_1 и h_2 — отсчеты по нивелиру по двум установкам нивелировочной рейки на расстоянии L , считая по длине наклонной рейки.

Тогда величина одного деления наклонной рейки, отвечающая 1 см вертикальной рейки, будет равна:

$$l_1 = \frac{1}{\sin \alpha}. \quad (8a)$$

Наклонная рейка, тщательно изготовленная, может служить довольно долго.

Удобнее деления разметки наносить не на основном бруссе, а на специальной рейке, укрепляемой поверх бруса.

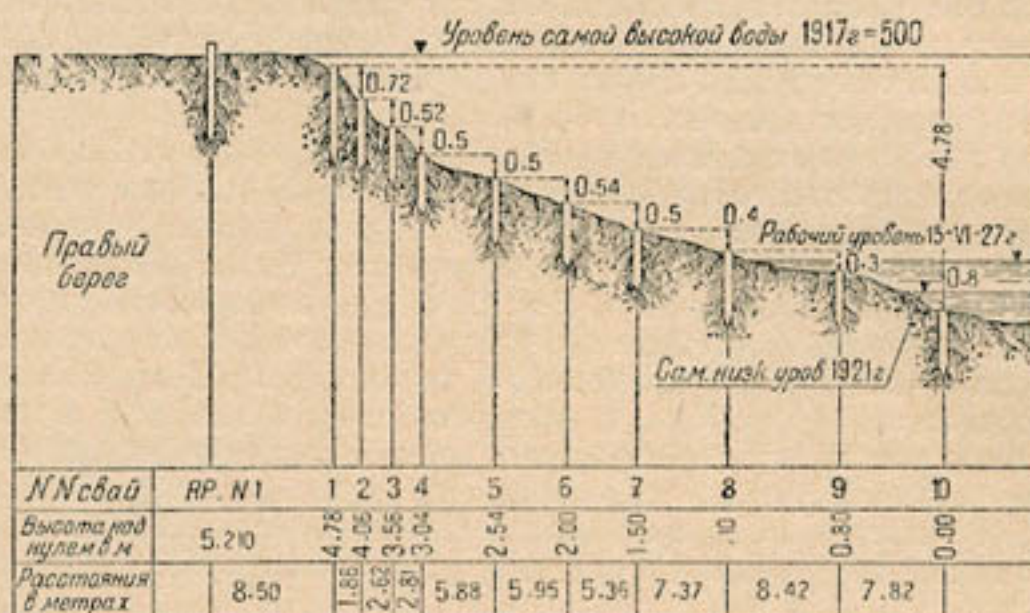
§ 25. Свайный пост

1. В случае отсутствия условий, удобных для устройства речных водомерных постов, устраивают свайные водомерные посты (фиг. 28). Свайные посты состоят из ряда свай, забиваемых в дно и берег реки в одном створе, перпендикулярном к течению реки. Сваи располагаются так, чтобы поверхности их головок разнились по высоте не более чем на 1 м (лучше — 0,60—0,70 м), и в то же время, чтобы удобно было подойти к каждой из них, когда предыдущая по высоте свая (со стороны берега) уже выступает из воды. Чем быстрее течение, тем чаще следует располагать сваи для удобства измерений. Самая низкая свая должна быть забита ниже уровня самых низких вод еще на 20—50 см; самая высокая свая — на столько же ниже самого высокого возможного уровня; и тот и другой уровни определяются по опросам местных жителей. Измерение уровней производится путем постановки на головку сваи особой переносной рейки. Каждая из свай имеет свой номер; высота ее головки определяется нивелировкой. Количество нужных для устройства поста свай определяется приблизительным измерением расстояния по высоте между самым низким и самым высоким возможными уровнями.

2. С в а и берутся из дуба, бука или сосны толщиной около 0,20 м; сваи заостряются обычным порядком — на три канта для слабых грунтов и на четыре — для более твердых; в последнем случае на затесанный конец сваи рекомендуется

надевать металлический башмак, а на головку — железный бугель. Предназначенный для забивки конец должен быть для предохранения от гниения обуглен, осмолен или окрашен.

3. **Забивка** производится ручной бабой весом в 50—80 кг с временных подмостей. Глубина забивки должна быть до отказа, но не менее 2,00 м; в торфяных грунтах сваи должны забиваться до подстилающего торф слоя и углуб-



Фиг. 28. Свайный пост.

ляться в последний; в противном случае при усыхании болота сваи могут изменять свое положение вместе со слоем торфа, в котором они сидят, а весной — приподниматься льдом вместе с разбухшим торфом при насыщении его водой.

4. Головки свай спиливаются совершенно горизонтально так, чтобы над поверхностью грунта выступал конец не более 5—20 см; в пределах, близких к ледоходному горизонту, головки спиливаются почти заподлицо с землей; полезно окрашивать верхнюю часть (белой краской). В середине спиленного торца сваи забивают большой корабельный гвоздь с широкой шляпкой или группу малых широкошляпных гвоздей в виде кружка; еще лучше применять покрывку из чугуна или железа; назначение этого — облегчить наблюдателю нахождение головки сваи под водой, так как окованная железом переносная рейка при ударе о железо сваи издает характерный звук, не позволяющий смешать с водомерной сваей какой-либо случайно попавший в створ поста деревянный обрубок или камень.



Фиг. 29. Пост в скале.

5. Все сваи нумеруются по порядку, начиная с самой высокой, обозначаемой № 1; в организациях водных путей сообщения принят обратный порядок нумерации свай; там также принято придавать расстояниям между сваями по вы-

соте строго определенные величины, равные 0,50 или 1,00 м. Номера свай удобно обозначать на головках свай краской или забивкой широкошляпных гвоздей по соответствующим очертаниям цифры. Верхние части свай полезно покрывать масляной краской или смолой для предохранения от гниения.

6. Деревянные, дубовые или из акаций сваи могут служить около 8—10 лет. Гораздо дольше служат металлические чугунные сваи или железные сваи из рельсов и фасонного железа. Чугунные сваи, снабженные винтовыми лопастями и завинчиваемые при помощи особого ключа, изготовляются заводским способом и вследствие своей дороговизны не получили распространения. Они применяются, главным образом, для нижних нулевых свай, а также самых верхних (постоянных, реперных) свай.

7. В отдельных случаях при наличии каменных берегов и наличия подходящего материала сваи водомерного поста могут устраиваться из каменных столбов, закрепляемых в углублениях при помощи каменной наброски или цементной кладки. Наконец, при скалистых берегах можно заменить сваи высечками в скале площадок для установки переносной рейки, как это показано на фиг. 29. Нумерация площадок делается при помощи высечки цифр на вертикальных стенках площадок или при помощи накрашивания этих цифр масляной краской.

8. Применяемая для измерения уровней переносная рейка делается из доски и имеет толщину 1,50—2,50 см при ширине в 7—8 см; калибровка делается через 1 см; для уменьшения подпора набегающей при измерениях воды одно или два ребра рейки скашиваются. Нижний конец рейки оббивается железом; длина переносной рейки делается от 1,30 до 1,50 м. Общий вид применяемой обычно переносной водомерной рейки показан на фиг. 30.

9. Для возможности более точного отсчета при волнении иногда устанавливают снабженные отверстиями успокоительные бездонные ящики или широкие трубы, опуская их вокруг сваи до дна реки.

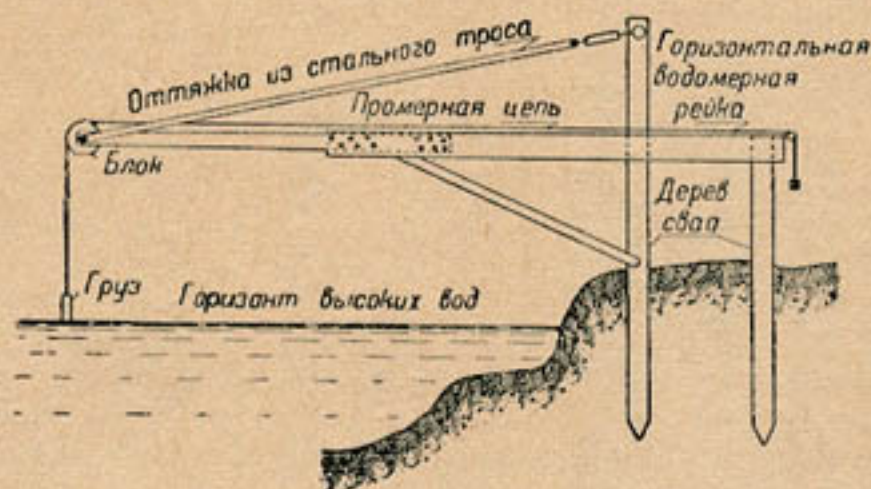
§ 26. Смешанные и мостовые посты

1. Смешанные посты включают в себя элементы речных и свайных постов. Примером смешанного водомерного поста может служить такое устройство: для наблюдений за колебаниями летних и осенних вод устроен свайный пост; вследствие наличия весьма широкой и весьма постепенно поднимающейся поймы, заливаемой высокими водами, наблюдения за последними ведутся по рейке, наглухо скрепленной со столбом, находящимся также в створе поста.

2. Примером поста мостового типа могут служить те посты временного характера, которые существуют при железнодорожных мостах в целях регистрации прохода высоких вод под мостами. Уровни воды в этих случаях изме-



Фиг. 30.
Переносная
рейка.



Фиг. 31. Цепной пост.

ряются путем опускания груза на размеченной бечеве (или стальной рулетке) от низа рельса пути или от нижней кромки пояса ферм — постоянных точек, отметки коих известны.

Таким образом отличительной чертой этого типа поста служит измерение от точки, расположенной выше и вне воды.

§ 27. Передаточные посты

К числу передаточных постов можно отнести цепной пост. Схема его устройства показана на фиг. 31. Измерения уровней выполняются при помощи передвижения груза до соприкосновения с поверхностью воды. Отсчет можно производить по разметке, сделанной на тросе (цепи), поддерживающем груз, от

условного нуля, близкого к наиболее низкому возможному уровню воды в реке; для выполнения отсчетов тогда служит постоянный указатель на горизонтальном бруске конструкции (разметка троса или цепи идет справа налево по фиг. 31; нуль разметки отвечает наиболее низкому возможному положению груза). Иным способом (как это отвечает схеме фиг. 31) отсчеты выполняют так: на горизонтальном бруске сверху его укрепляется рейка с делениями (еще удобнее такую рейку укрепить вертикально, на опорном, крайнем от берега, столбе); постоянная указательная метка, отвечающая наиболее низкому уровню, имеется в этом случае на тросе (цепи); калибровка рейки отвечает возрастанию ее шкалы слева направо (по схеме фиг. 31), т. е. увеличение цифр отвечает поднятию груза от его наиболее низкого положения. Вместо троса для передвижения груза лучше применять цепь (железная калиброванная или велосипедная).

Пост указанной конструкции удобен лишь для горных рек с большими скоростями течения, но с небольшими амплитудами изменений уровней и с достаточно крутыми отвесными берегами. К достоинствам его в этом случае можно отнести то, что он: 1) не нарушает естественных условий потока, 2) не создает подпора и 3) не может быть поврежден плывущими предметами.

К недостаткам цепного поста следует отнести прежде всего малую точность отсчетов (порядка около 2—3 см). Ошибки отсчетов зависят от: 1) деформаций опорных частей; 2) растяжения троса или цепи; 3) изнашиваемости цепи и блока; 4) неперпендикулярности цепи с грузом; 5) затруднений при определении момента соприкосновения груза с водой; 6) отбоя ветром цепи с грузом.

В промежутках между отсчетами груз должен быть поднят над водой и цепь закреплена во избежание ее излишнего растягивания.

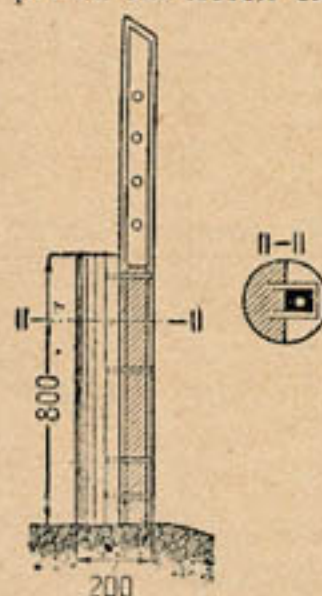
§ 28. Автоматические устройства для регистрации крайних уровней

Для автоматической регистрации крайних значений уровней для данного отрезка времени — максимальных и минимальных уровней, — могущих иметь место между двумя срочными наблюдениями, применяют: 1) максимальные и 2) минимальные или 3) максимально-минимальные автоматические рейки.

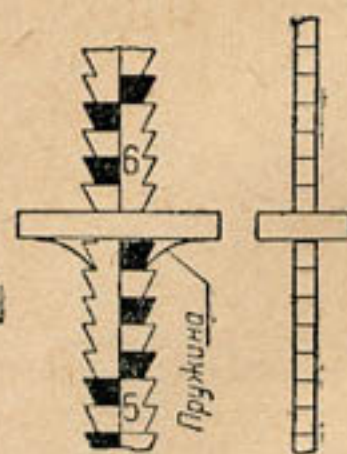
1. Достаточно удобным устройством максимальной рейки является следующее:



Фиг. 32. Стержневая максимальная рейка.



Фиг. 33. Трубчатая максимальная рейка.



Фиг. 34. Поплавочный индикатор минимально-максимальной рейки.

На месте измерений укрепляется газовая продырявленная труба (фиг. 32), в которую опускается железный стержень с головкой, имеющей винтовую нарезку, при помощи которой головка ввинчивается ключом в такую же нарезку в трубе. Вдоль стержня укрепляется полоска бумаги с проведенной на ней гектографическими чернилами или химическим карандашом вертикальной чертой. Вода про-

никает в трубку и размывает чернильную линию до того места, до которого поднимается уровень воды. Наблюдатель после подъема воды должен вывинтить стержень и измерить длину от границы размыва до конца стержня, если этот последний совпадает с нулем рейки, или до головки стержня, если известно превышение этой головки над нулем водомерного поста или другою какой-либо опорной точкой.

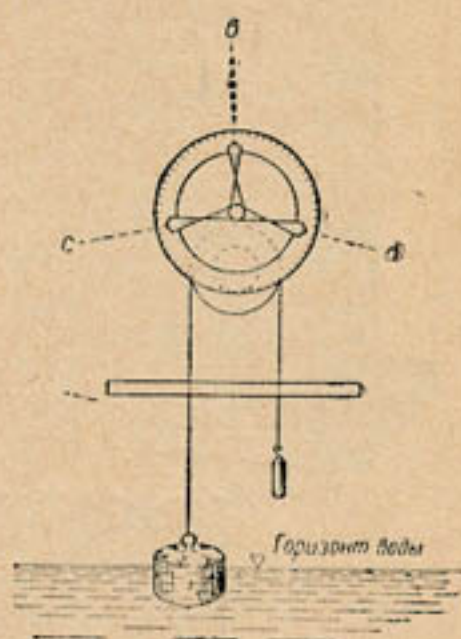
2. Устраивают также, по предложению Е. В. Близняка, такую дешевую и простую конструкцию трубчатой рейки: изготавливают трубу из 4 досок с рядом отверстий с боков и с крышкой сверху. Одна из стенок такой трубы делается съемной или открывающейся на петлях. Внутреннюю поверхность этой трубы замазывают мелом, известью или углем. Такую трубу закрепляют вертикально у искусственного сооружения или вертикально забитой сваи у места наблюдений (фиг. 33). Под действием поднявшейся воды внутренняя окраска смывается до границы подъема; положение этой границы затем измеряется, и таким образом определяется высота подъема воды.

3. Относительно распространенным типом максимальной рейки является зубчатая рейка с поплавочным индикатором, показанная на фиг. 34. Деревянный поплавок, надетый на зубчатую рейку, благодаря наличию на нем двух пружин поднимается вместе с водой только вверх и при спаде уровней остается на наивысшем уровне своего подъема. Зубцы деревянной рейки полезно обивать жестью или тонким оцинкованным железом.

Такая же конструкция, но установленная зубцами вниз (т. е. перевернутая вверх ногами), может служить как минимальная рейка, как это видно из той же фиг. 34. Такие рейки следует устанавливать в специальных защитных трубах, сбитых из четырех досок в виде продолговатого футляра.

Можно рекомендовать конструкцию подобных установок осуществлять в специально отрываемых котлованах, соединяя их с рекой трубой.

4. В. И. Владычанским предложена такая конструкция (фиг. 35): поплавок опущен в трубу, сообщающуюся с рекой; шнур от поплавка перекинут через блок и на другом конце имеет противовес; на оси блока насажено зубчатое колесо, приводящее в движение второе зубчатое колесо; на оси этого последнего насажены три стрелки: главная *b*, движущаяся от поплавка, и две другие — указатели максимального и минимального уровней, которые перемещаются только в ту или иную сторону при помощи упора их в главную стрелку; после производства отсчетов по всем трем стрелкам крайние могут быть придвинуты к главной, и, таким образом, аппарат опять готов к действию.



Фиг. 35. Регистратор минимально-максимальных уровней Владычанского.

§ 29. Самопишущие посты (лимниграфы)

Приборы, регистрирующие уровни воды непрерывно путем автоматической записи, называются **лимниграфами**.

Существенными частями всех лимниграфов являются: поплавок или другое приспособление, передающее колебания уровней воды; затем барабан с бумагой для записи этих колебаний, обычно в уменьшенном масштабе; пишущее приспособление; часовой механизм, приводящий в движение или барабан или пишущее приспособление.

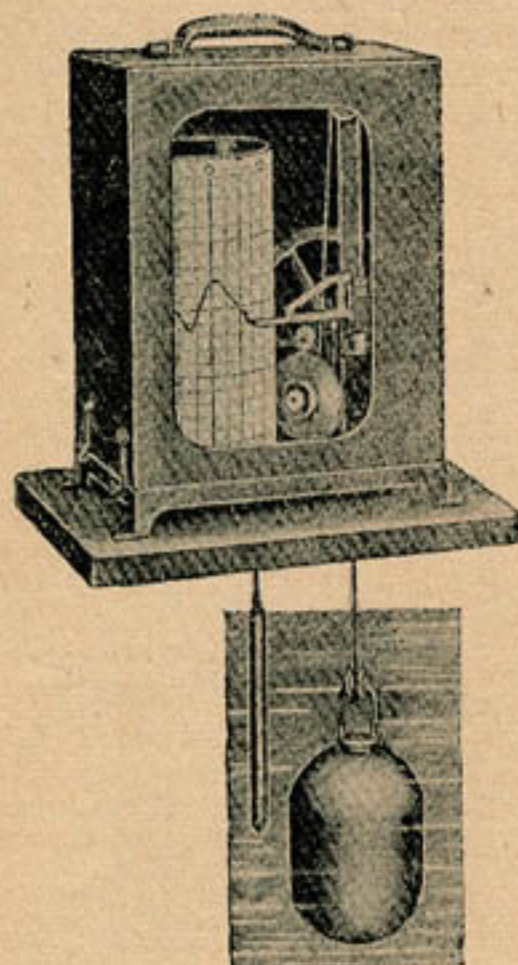
Существующие многочисленные конструкции лимниграфов можно подразделить на такие группы:

- 1) устанавливаемые непосредственно у места наблюдений;
- 2) передающие колебания уровня и регистрирующие их на более или менее значительном расстоянии.

Вторая группа включает в себя две таких главных подгруппы: а) имеющие электрическую передачу и б) имеющие пневматическую передачу.

1. В качестве примера лимниграфов первой группы можно указать применяемые во многих странах многочисленные типы лимниграфов Отта, лимниграфы системы Альбрехта фирмы Килли в Мюнхене (принятые в Баварии) и др.

Один из типов фирмы Отта дан на фиг. 36 (тип XV); вертикальный барабан приводится в движение помещенным внутри его часовым механизмом и имеет высоту в 200 мм при окружности в 384 мм; барабан делает один оборот или в 8 или в $1\frac{1}{3}$ дней (смотря по установке); колебания уровней воды передаются через поплавки и через систему передаточных колес горизонтальному рычагу, несущему



Фиг. 36. Лимниграф Отта.



Фиг. 37. Лимниграф Альбрехта-Килли.

перо; масштаб диаграммы на барабане может быть получен в 1 : 5 или 1 : 10 или 1 : 20.

2. Лимниграф Альбрехта-Килли, отличающийся большой простотой, изображен на фиг. 37. Барабан имеет горизонтальную ось вращения; часовый механизм помещен сбоку (на фигуре — слева). Поплавок вращает при помощи блока с перекинутым шнуром от него горизонтальный шпиндель с винтовой нарезкой на нем; на шпинделе, на специальной обойме, от которой идет упорный рычажок к задней стенке прибора,

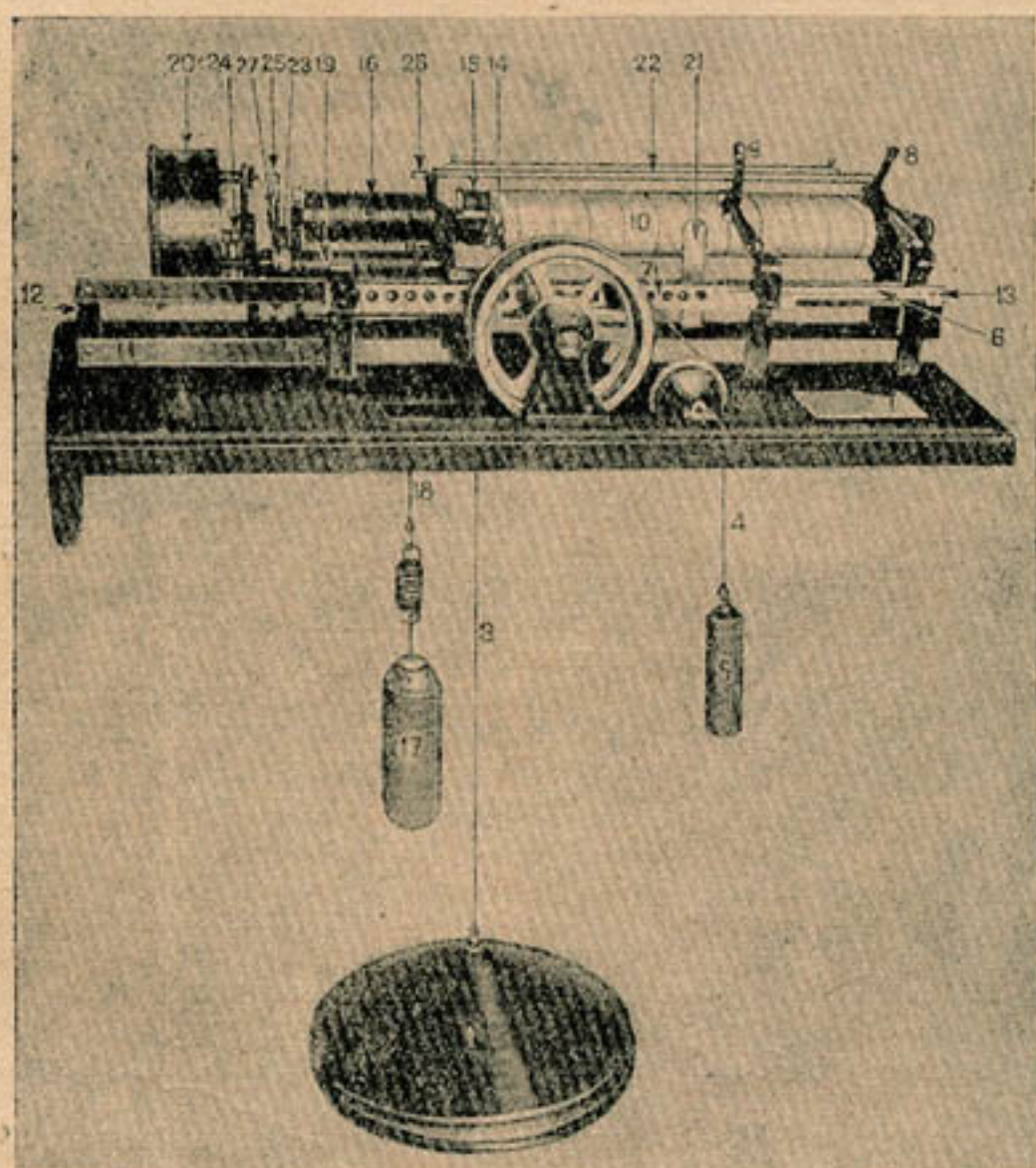
укреплен вертикальный рычаг с карандашом; упорный рычажок при открывании крышки автоматически отводит карандаш от барабана; при вращении шпинделя обойма с вертикальным пишущим рычагом перемещается в ту или иную сторону. В новейших конструкциях этого прибора шпиндель имеет еще обратную винтовую нарезку, в силу чего пишущий рычажок, дойдя доотказа влево, автоматически переводится на обратный ход, — что увеличивает возможную к записи амплитуду изменений уровней. Масштаб искажения колебаний уровней — 1 : 10 или 1 : 20; завод делается на 1 месяц или на 1 неделю, что дает для длины суточного хода 10 мм или 48 мм.

Аппарат этот в количестве свыше 140 экземпляров работает успешно (с 1906 г.), на реках Баварии.

3. Весьма многочисленны типы американских лимниграфов; среди них можно различать: 1) дающие диаграммы изменений уровней и 2) печатающие через определенные промежутки времени цифры, соответствующие данным стояниям уровней.

Примером первых могут служить лимниграфы фирмы Фриз (Julien P. Friez et Sons, Baltimore) (фиг. 38). От вышеописанных этот лимниграф отличается тем, что пишущий рычажок 9 передвигается при помощи горизонтальной рейки

(12—13 на фиг. 38), имеющей внизу зубчатую нарезку; эта рейка передвигается зубчатым колесом, насаженным на ось блока, через который перекинут шнур от поплавка. Имеется также вторая зубчатая рейка со вторым пишущим рычажком 8, приводимая в действие, когда первая рейка придвигает первый рычажок 9 вплотную к левому (на фиг. 38) краю барабана; таким образом достигается увеличение возможной амплитуды записи колебаний. Барабанов имеется два, устроенных так, что бумага постепенно перематывается с одного на другой. Масштаб искажения колебаний горизонтов — от $\frac{1}{4}$ до $\frac{1}{24}$ ", завод — 8-дневный.



Фиг. 38. Лимниграф Фриза.

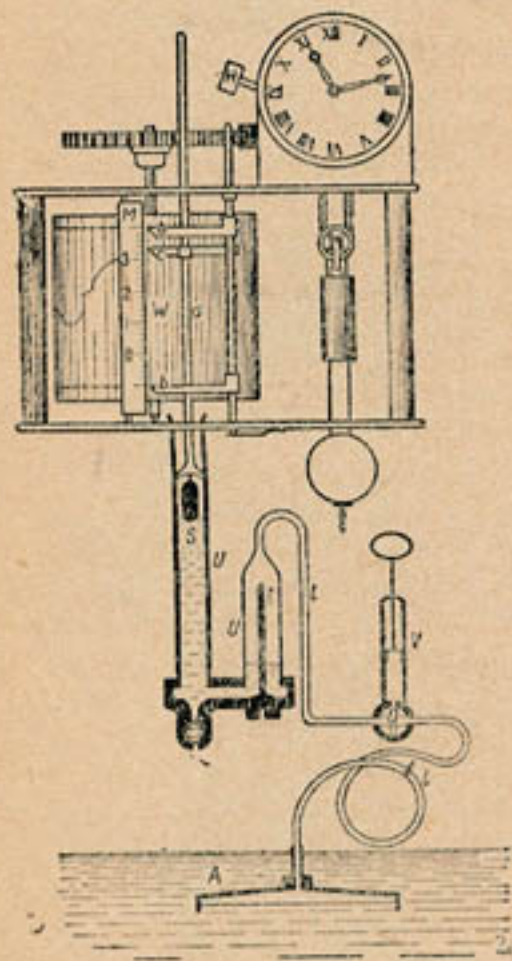
Лимниграф фирмы Герлей (Gurley, New York) типа № 630 может работать без участия человека в течение 6—7 мес.

Каждые $\frac{1}{2}$ часа ($\frac{1}{4}$ часа или 1 час, по желанию) изменения уровней фиксируются выбиванием цифр времени и уровней (в сотых долях фута) на особой ленте.

4. Имеются также конструкции лимниграфов, дающие не непрерывную лимниграмму, а делающие проколы на бумаге через определенный промежуток времени. Таков, например, лимниграф фирмы Хаслер (G. Hasler) в Берне, дающий лимниграмму почасовых проколов бумаги.

5. В качестве примеров лимниграфов второй группы, регистрирующих уровни на довольно значительных расстояниях от места наблюдений при помощи электрической передачи, можно привести типы лимниграфов: немецкие Отта, американские Герлей (Gurley), французские Ришар (Richard) и австрийские Отт-Ганзер (Ott-Ganzer).

Общая всем им особенность конструкции такая: система состоит из трех частей: приемника, передаточной линии и отправляющего аппарата. Отправляющий аппарат, устанавливаемый на берегу реки (или водоема), имеет контактное устройство с реле и приводится в действие от колебаний следящего за уровнями поплавка: контакты обычно действуют при изменениях уровней от 1 до 5 см. Передаточная линия состоит из одного или двух проводов (обратный ход осуществляется через заземление); в последнем случае второй провод предназначается для сигналов (звонком) о достижении уровней назначенного предельного значения, ток посылается в линию от аккумуляторной батареи или от другого источника постоянного тока. Приемный аппарат, помимо графического изображения уровней на барабане в различных масштабах, может быть снабжен особым указателем наблюдаемого в данный момент уровня.



Фиг. 39. Лимниграф Фусса.

6. В Вене, в Австрийском центральном гидрологическом учреждении (Zentralbureau für Hydrographie) уже около 25 лет успешно работает целая центральная станция, оборудованная работающими на далекое расстояние автоматическими регистраторами уровней. В сеть станции включено 6 водомерных постов Дуная и его притоков, из которых самый далекий находится от Вены на расстоянии 180 км; эти водомерные посты кроме обычных лимниграфов оборудованы также передаточными контактными отправными аппаратами, соединенными проводами с центральной станцией. Устройство центральной станции таково, что:

- 1) можно в любой момент вызвать любой из включенных в сеть постов и получить наблюдаемую на нем в этот момент высоту уровня;
- 2) центральная станция вызывает сама, автоматически через каждые 2 часа, каждый из постов и получает соответствующие уровни.

Уровни отмечаются на центральной станции на особой ленте, подобной телеграфной, путем выбивания на ней цифр уровней в целых метрах, дециметрах и сантиметрах; цифрам уровней предшествует условный номер данного водомерного поста.

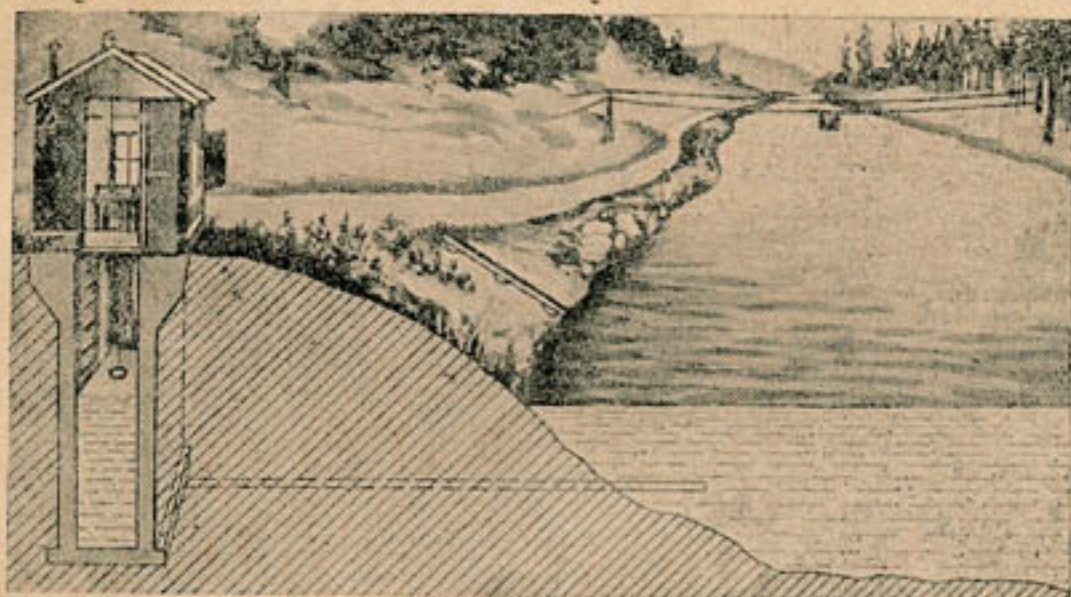
7. Примером лимниграфа, имеющего пневматическую передачу, может служить немецкий лимниграф Зейбт-Фусса (Seibt-Fuess). Схема устройства аппарата следующая (фиг. 39): отправная часть аппарата состоит из колокола А, от которого к приемной части идет тонкая гибкая свинцовая трубка. Отправную часть помещают у места наблюдений в колодце, соединенном с рекой.

Приемная часть состоит из двух манометрических трубок u и u_1 , наполненных ртутью; в одной из них — более высокой (на фиг. 39 слева) — на поверхности ртути помещен поршень S , несущий штангу d ; штанга d проходит через направляющие обоймы bb и несет на себе рычажок c с пишущим пером.

Давление воздуха, изменяющееся в отправном колоколе вследствие колебаний уровней, передается по передаточной трубке l через первую манометрическую трубку во вторую; для регулирования количества воздуха в приемном колоколе и в передаточной трубке сбоку помещен насосик V , соединенный с передаточной трубкой у места ее присоединения к приемному аппарату помощью особого крана; поворачивая этот кран, можно выключать насосик из общей системы или включать его. Барабан и часовой механизм дополняют аппарат. Наибольшее расстояние, на которое может действовать прибор, около 1 200 м. Такие аппараты работают в Германии и Саксонии, правда, в небольшом количестве экземпляров. Аппарат требует довольно тщательного ухода.

8. Советские типы лимниграфов начали конструироваться недавно и сколько-нибудь широкого применения у нас пока не получили. Из советских типов можно назвать лимниграфы, изготавливаемые в Москве (Метприбор).

Отметим, что сотрудниками ГГИ С. В. Воскресенским и В. В. Кузнецовым (1932 г.) сконструирован прибор, дающий возможность автоматически получать по запросу высоту уровня жидкости на расстоянии. Оригинальная идея передачи заключается в отсчете, или записи на ленте, промежутка времени между сигналами от определенного неподвижного контакта и от подвижного контакта, устанавливающегося в соответствии с высотой уровня. Подвижный контакт приводится в движение часовым механизмом, помещенным на приборе; механизм пускается в ход при запросе. Запрос производится индуктором. Сигналы могут приниматься на-слух (через громкоговоритель или наушники) или на ленту самописца. Точность показаний прибора — до 1 см (и даже точнее). Испытания прибора показали его надежность при простоте устройства, возможность пользования слабым током, возможность установить несколько приборов на один провод и несколько приемников на один прибор ¹.



Фиг. 40. Американская лимниграфная будка.

9. Установка лимниграфов производится в специально сооружаемых будках.

Примером конструкции, рассчитанной на суровый климат, может служить будка американской установки, показанная на фиг. 40. Такая будка изготавливается из камня, кирпича, бетона или железобетона. Поперечные размеры ее внутри и высота обуславливаются возможностью входа внутрь наблюдателя и могут быть равны $1,50 \times 1,80$ м при высоте около 1,80 м.

Для предохранения воды от замерзания (при колодце большого диаметра) в колодце рекомендуется помещать на время холодов пловучую лампу; лучше всего применять широкий и низкий железный резервуар, способный вместить керосин на ряд дней; горелка помещается посредине; вес лампы уравнивается грузом, пропущенным через блок. В колодцах весьма узкого диаметра, в которых места для лампы не имеется, предохранять воду от замерзания может слой масла, наливаемый в колодец. Также достаточно действенным средством может быть электрическая лампа накаливания, помещаемая вблизи поверхности воды.

10. Необходимой принадлежностью лимниграфного поста служит обычный речный пост, служащий для сверки показаний лимниграфа с непосредственными отсчетами по рейке. Проще всего устраивать наклонную рейку, как показано на фиг. 40. Обязательно следует также устано-

¹ Подробное описание этого прибора см. «Известия Государственного гидрологического института», № 52, 1933 г., статья инж. С. В. Воскресенского.

вливать вторую рейку внутри лимниграфной будки, дабы всегда была возможность сравнивать показания уровней воды внутри будки и в свободной реке; несоответствие этих данных обнаружит факт засорения горизонтальной подводной трубы.

11. Как общее правило, лимниграфы требуют тщательного содержания и постоянного контроля за работой отдельных частей своего механизма. В противном случае записи его могут оказаться совершенно неудовлетворительными.

Можно указать такие обычные возможные источники неправильностей и неточностей в работе аппаратов:

1) разница в уровнях в колодце и в свободной реке вследствие засорения подводной трубы;

2) передача в аппарат случайных подъемов воды от волн при проходе судов, имеющая место при ненадлежащем устройстве приемника;

3) неточная установка пишущего приспособления на барабане;

4) запаздывание передачи изменений уровней в силу инерции передаточного приспособления и при неаккуратном его содержании;

5) ошибки в показаниях часового механизма;

6) несоответствие шкалы времени и высот данным местным условиям;

7) расширение и сжатие бумаги вследствие изменения влажности воздуха;

8) неисправное состояние пишущего приспособления — карандаша или чернильного пера, вследствие чего линии получаются или слишком слабыми или слишком толстыми и размазанными.

Расширение и сжатие бумаги, не влияющие на результаты только в лимниграфах, печатающих значения уровня в виде цифр, может быть предотвращено помещением в ящик, покрывающий прибор, куска камфары или другого поглощающего влагу вещества.

12. В целях уверенности в исправном действии аппарата и для соответствия его показаний действительности работа лимниграфа должна периодически проверяться специально назначенным лицом; это лицо производит, кроме того, смену бумаги и заводку механизма аппарата. Наблюдающему лицу полезно иметь особую книжку, куда оно должно вносить результаты своих осмотров работы аппарата. Кроме того, на лимниграммах — в соответствующем месте их — при каждом посещении установки должны делаться отметки такого рода: дата и точный час закладки данного листа бумаги; высота уровня воды в реке в тот же момент, определенная по речному водомерному посту; высота воды в колодце; замечания о ходе часов (опаздывают или спешат и насколько) и, наконец, подпись осматривающего лица.

Лимниграфные установки применяются у нас в очень небольшом количестве ввиду отсутствия заведений, изготавливающих их в массовом масштабе, и высокой стоимости лимниграфов при условии импорта их из-за границы.

§ 30. Выбор типа поста

Выбор типа поста определяется следующими обстоятельствами: 1) назначением поста; 2) режимом реки; 3) соображениями о требуемой точности; 4) соображениями о требуемой прочности и долговечности, простоте и стоимости устройства; 5) местными условиями.

Простые посты с их срочными наблюдениями целесообразны в огромном большинстве случаев в условиях наших равнинных рек, с относительно медленно изменяющимися уровнями, особенно для целей изучения только лишь бытовых уровней.

Лимниграфы крайне желательны в следующих случаях:

1. На реках с искусственно регулируемым стоком, где срочные наблюдения в установленные часы не характеризуют всех колебаний уровня, имеющих иногда чрезвычайно изменчивый характер в зависимости от работы вододействующих установок.

2. На реках с ледниковым питанием для точного учета суточного хода.

3. Для учета нагонных и приливо-отливных явлений в устьях рек.

Кроме того, лимниграфы желательны.

4. Для записи кратковременных, но мощных паводочных явлений и интенсивных подъемов уровней при половодьи.

5. В случаях требований повышенной точности в смысле сроков наблюдений или высоты уровней (например, на стоковых станциях).

6. В случаях малонаселенности района, в котором находится изучаемая река, и отдаленности пункта наблюдений от жилья.

7. Для постов для целей предсказаний как для возможности более детального изучения паводочных и половодных явлений, так для скорейшей передачи уровней в соответствующую службу предсказаний (дальнодействующие лимниграфы).

В случае отсутствия лимниграфа в ряде перечисленных выше случаев весьма полезной может оказаться дополнительная к простому посту установка *максимально-минимальных* реек; таковы названные выше случаи (1), (2), (3), (4), (6) и (7).

В этих случаях при трех срочных наблюдениях в сутки по простому водомерному посту (H_7 , H_{19} — в 7 час. утра и в 7 час. вечера за данный день и H'_7 — в 7 час. утра следующего дня), при двух показаниях минимально-максимальной рейки ($H_{\max}$ и $H_{\min}$), среднесуточный уровень $H_{\text{ср}}$ может быть вычислен по формуле:

$$H_{\text{ср}} = \frac{H_{\max} + H_{\min} + H_7 + H_{19} + H'_7}{5} \quad (9)$$

По сравнению с вычислением среднесуточного уровня по одним лишь срочным наблюдениям указанным способом могут быть получены иной раз весьма существенные уточнения.

Из типов постов без непрерывной записи *последовательный* порядок наиболее удобных типов, вообще говоря, независимо от местных условий можно считать таким:

- 1) речной пост вертикальный;
- 2) речной пост наклонный;
- 3) свайный пост;
- 4) передаточный пост.

Речной пост является наиболее целесообразным, ибо он является наиболее дешевым и наиболее простым как по устройству, так и по способам наблюдений, но только при условии наличия готовых искусственных сооружений у предполагаемого места наблюдений. Весьма удобно устраивать речной пост в скалистых берегах (*вечный пост*) путем зарубок в скале.

Речной пост наклонный целесообразен только при наличии неизменяемых укрепленных берегов, имеющих обычно (в условиях равнинных рек) на регулируемых участках рек; этим можно объяснить довольно широкое распространение этого типа поста за границей и весьма редкие случаи его применения у нас. Иным случаем предпочтительного применения наклонной рейки можно считать быстрые горные реки со скоростями течения больше 3 м/сек и со склонами берегов средней крутизны; в этих случаях наблюдения по свайному посту выполнять затруднительно вследствие трудности удержания переносной рейки в вертикальном положении и из-за значительной величины местного напора на поставленную рейку.

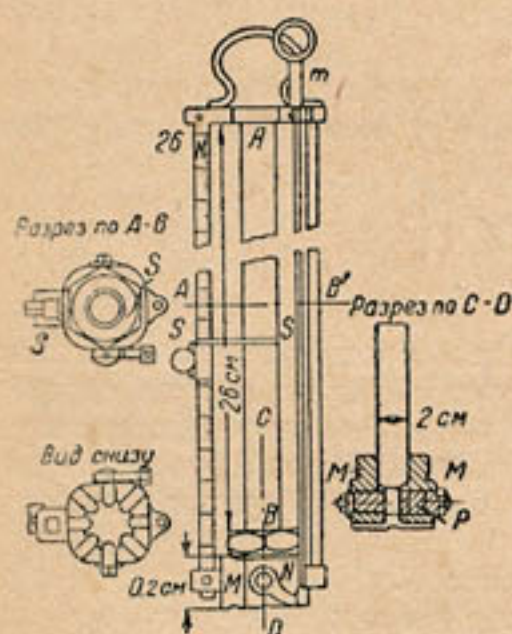
Во всех иных случаях целесообразно устраивать свайные посты; таким образом в условиях СССР эти последние посты являются наиболее распространенными. Можно отметить, что при наличии в свайном посту большого числа свай, трудность их отыскания под водой может служить, как показывает практика, источником крупных и многочисленных ошибок.

Целесообразные случаи устройства передаточных постов были приведены в § 27.

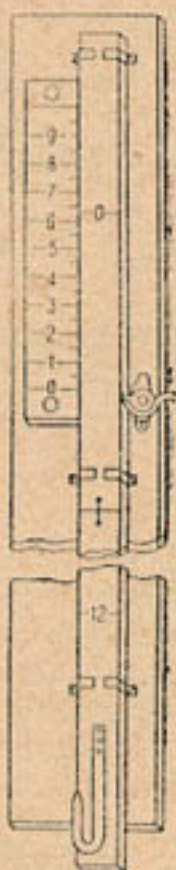
Указанные выше требования имеют в виду постоянные посты. Для постов временных и передвижных соображения простоты устройства являются основными; в таких случаях применяют обычно речные посты или для случаев непрерывных записей — переносные лимниграфы (§ 31).

§ 31. Приспособления для уточнения отсчетов

1. Кроме переносных реек, о которых говорилось выше, для более точного измерения уровней применяются особые конструкции измерительных приспособлений. Таков, например, и з м е р и т е л ь и н ж. С о к о л о в а (фиг. 41). Он состоит из стеклянной трубки высотой в 26 см и диаметром в 2 см, вделанной в медную оправу. На одной из двух стоек имеется шкала с делениями в 2 мм. На шкале имеется передвижной индекс с зажимным винтом. С индексом скреплена вилка, охватывающая трубку и свободно по ней скользящая. Внизу оправы стеклянной трубки имеется кран, управляемый особой тягой сверху. Поставив прибор на головку сваи, открывают кран. Вода поднимается в трубке на высоту уровня воды в водотоке или водоеме. Когда колебание воды в трубке затихнет, кран закрывают, и, сняв прибор со сваи, устанавливают вилку индекса так, чтобы ее верхний край был на высоте нижней поверхности мениска. Отсчет по индексу дает высоту уровня над сваей. Точность отсчета весьма высокая, до 1 мм.



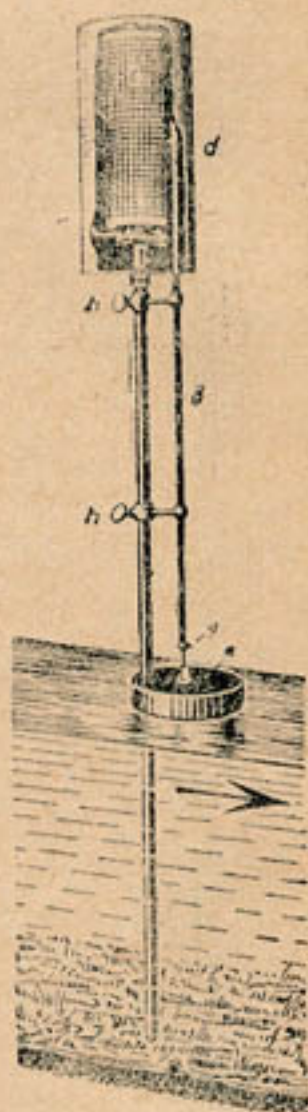
Фиг. 41. Измеритель Соколова.



Фиг. 42. Крючковая рейка.



Фиг. 43. Крючковая рейка — иной тип.



Фиг. 44. Переносный лимниграф.

При сильном волнении стараются уловить верхнюю и нижнюю части волны, повторяя измерение несколько раз; тогда среднее из всех измерений дает величину высоты уровня над сваей; в этом случае можно также применить для отсчета успокоительный ящик.

2. В Америке для точных отсчетов применяют крючковые рейки с верньерами. Один из таких типов показан на фиг. 42 и состоит из основной планки, в пазах которой ходит измерительная линейка с крючком на конце; линейка размечена на футах, идущие сверху вниз. На основной планке помещен верньер, позволяющий делать отсчеты с точностью до 0,01 фута (около 3 мм). Для производства измерений основная планка устанавливается на сваю (или другой предмет, по отношению к которому желательно измерить имеющийся уровень), а подвижная измерительная линейка поднимается вверх до тех пор, пока конец крючка не совпадет с поверхностью воды.

Фиг. 43 дает общий вид другой конструкции подобного рода; здесь неподвижным упором служит пластина (с овальными дырами в ней для возможности

прикрепления к свае, стене и т. п.), в обойме которой ходит размеченная штанга с крючком на конце; штанге может быть придано движение и при помощи микрометрического винта, который показан вверху. Верньер, помещенный между упорными пластинками, позволяет делать отсчеты с точностью до 0,001 фута (около 0,3 мм). Прибор сделан из никелированной стали и имеет общую длину около 2,3 фута, причем длина крюка может быть изменена также на 1 фут; прибор этот служит, главным образом, для измерений толщины слоя воды, переливающейся через водосливы.

3. Для уточнения измерений уровней путем непрерывной их записи в условиях временных наблюдений служат переносные лимниграфы. Подобная конструкция фирмы Отта показана на фиг. 44.

Барaban и поплавков с соединительной штангой могут быть установлены на любой высоте основной штанги. Колебания уровней записываются в натуральную величину, без искажения.

ГЛАВА VI

РЕПЕРЫ

§ 32. Общие требования к реперам и виды последних

Реперы устанавливаются на водомерных постах в качестве тех неизменных по высоте точек, с которыми всегда можно было бы сверять неизменность положения свай и реек водомерного поста; последние, будучи расположены в русле реки или в непосредственной близости от реки, могут подвергаться всяким повреждениям или перемещениям, вызываемым оползнями, выпучиванием берегов, размывами, ледоходом, ударами судов и т. п. Выше указывалось (§ 16), что на каждом водомерном посту должно быть установлено не менее двух реперов; один из них должен находиться в удалении от возможной границы затопления не менее чем на 5—10 м.

При гидрометрических створах, устроенных удаленно от водомерного поста, кроме реперов указанного выше назначения реперы устраиваются также для проверки неизменности планового расположения створных знаков. В отличие от реперов в *ы с о т н ы х* таковые реперы носят название *п л а н о в ы х*.

Реперы по прочности и долговечности можно разделить на: 1) постоянные — каменные, бетонные, чугунные и 2) временные — обычно деревянные. Первые служат неопределенно долгое время; вторые при надлежащем устройстве могут служить до 10 лет и более.

По условиям времени большей частью приходится ограничиваться установкой временных реперов. Однако при какой-либо возможности применить более надежные типы реперов таковая должна быть использована для установки хотя бы одного из реперов по типу постоянных; второй репер может быть сделан временного типа.

Особенно необходима установка двух постоянных реперов в постах реечного типа; в свайных постах верхние сваи сравнительно редко испытывают повреждения и могут служить такими же опорными точками, как и реперы.

В целях наилучшего удовлетворения своему назначению реперы должны быть: 1) совершенно неподвижными и неизменными; 2) прочными, а следовательно, долговечными; 3) по бытовым условиям — достаточно укрытыми от постороннего глаза, но вместе с тем легко доступными при связке с ними.

Для установки реперов следует выбирать место, вполне обеспеченное от подмыва и разрушений; следует иметь в виду в этом отношении опасности от прохода высоких вод, от выносов из оврагов и пр. Если русло реки имеет не вполне устойчивый характер, следует удалять реперы от бровки берега на достаточное расстояние; также следует избегать ставить реперы в непосредственной близости от дорог, бечевника и т. п.

Все реперы должны быть снабжены надписью, указывающей учреждение или ведомство, поставившее репер, год постановки и номер репера.

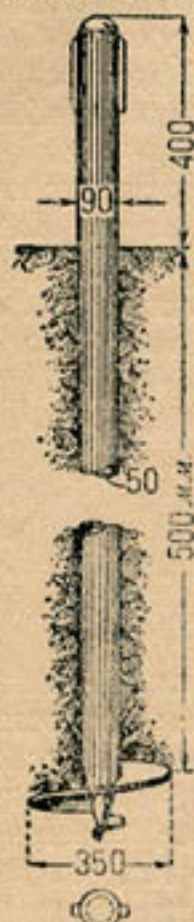
В целях обеспечения лучшей сохранности реперов о постановке их должны ставиться в известность ближайшие местные власти с указанием на неприкосновенность репера наравне с государственными межевыми знаками.

§ 33. Постоянные реперы

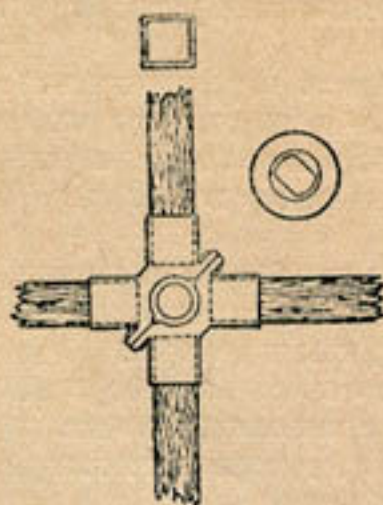
1. Удобным типом постоянного репера следует считать чугунные винтовые сваи¹, изготавливаемые заводским способом (фиг. 45); это — полый чугунный цилиндр диаметром 75—100 мм при толщине стенок 13—20 мм и длине около 3 м; вес такого репера — около 140 кг; вдоль цилиндрического тела сваи расположены две противолежащие реборды (выступы) сечением 13×13 мм, предназначенные для упора ключа при завинчивании сваи в грунт. В нижней части цилиндр имеет шейку длиной 60 мм; на эту шейку надевается чугунный конический башмак с винтовой лопастью; башмак этот в случае завинчивания сваи в грунт закрепляется на шейке при помощи железной чеки, заклепываемой наглухо; сваи, впрочем, могут отливаться и вместе с винтовым наконечником. Завинчивание сваи производится посредством особого ключа и аншпугов; ключ состоит (фиг. 46) из двух свинчивающихся половинок чугунной отлитой муфты с гнездами, в которые и закладываются деревянные аншпуги; муфта имеет внутри для захватывания реборд сваи особые гнезда. Упрощенный ключ (фиг. 47) состоит из двух аншпугов, свинчивающихся концами около тела сваи посредством двух болтов; в предупреждение смятия дерева между сваей и концами аншпугов кладутся листовые железные прокладки. При отсутствии специального ключа таковой может быть заменен прочным укреплением аншпугов непосредственно к свае при помощи прочной железной цепи. По завинчивании в грунт свая покрывается крышкой или может быть засыпана внутри песком и залита цементом, с укреплением в последнем металлической марки.

2. При твердых каменистых грунтах применяют чугунные колонны с плоскими поддонами. Возможно изготавливать постоянные реперы из старых рельсов; в этом случае следует обращать внимание на прочную заделку нижнего конца и обделку верхнего, желательно — сферической формы.

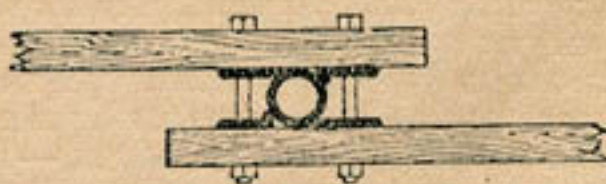
3. Каменные или бетонные реперы представляют собой сделанные из соответствующего материала — каменной или кирпичной кладки или из бетона — столбы шириной 0,5—0,7 м, зарытые в грунт ниже его промерзания, т. е. не менее 1,6—2,0 м, и выступающие над поверхностью земли на 0,20—0,30 м.



Фиг. 45. Чугунный винтовой репер.



Фиг. 46. Ключ для завинчивания репера.



Фиг. 47. Упрощенный ключ для завинчивания репера.

Следует иметь в виду, что столбы подвержены выпучиванию в большей степени, чем массивные здания; поэтому в случае глинистых грунтов глубину заложения каменных столбов следует увеличивать до 2,00—2,50 м. Так как обыч-

¹ При массовом устройстве реперов следует соблюдать экономно металла и выбирать такие типы их, на которые расходуется меньше металла.

ным видом разрушения репера является умышленная разломка или естественное выветривание верхней части столба, то обычно в центре столба заделывают железный штырь диаметром в 25—30 см или обрезок рельса, фасонного железа и т. п. с закатом внизу концом; в целях предохранения от разрушения и выветривания также следует делать закругленными все наружные грани столбов. К верхней части штыря обычно приделывается наглухо чугунная отливка, круглая в плане, на которой помещаются номер репера, год и наименование учреждения. Если каменные реперы устраиваются в солончаковой почве и вообще в местах, где можно ожидать наличия минерализованной грунтовой воды, то следует применять для кладки реперов специальные сорта цемента, так называемые пуццолановые или шлаковые, каковые являются более устойчивыми.

4. В местностях со скалистым грунтом репером может служить прочный выступ скалы, на котором вытесываются место для установки рейки и соответствующие обозначения. Каменные и бетонные реперы удобно изготовлять только при наличии потребных материалов в районе места установки; в отношении удобств перевозки металлические реперы, как более легкие и компактные, представляют преимущество.

§ 34. Реперные марки и потайные реперы

В качестве реперов могут служить также различные монолитные прочные и долговечные сооружения или части их, например, устой мостов, цоколи больших зданий, стены шлюзов; для обозначения на этих сооружениях той точки, которая является репером, применяются особые чугунные или железные марки. Обычно марки состоят из двух частей: лицевой (собственно марки) и хвостовой. Разных форм марок имеется очень много.

Лицевая часть представляет собой чугунные круглые диски диаметром от 100 до 175 мм и толщиной около 15—20 мм; хвост имеет длину от 125 до 200 мм в виде конуса или завершенного стержня (фиг. 48).

На дисковой части помещаются надпись и номер марки, а в центре ее отливается или шарообразная выпуклость или ступенька в виде крошечной. В первом случае нивелируется центр пересечения двух перпендикулярных линий — насечек на шаровидной поверхности. Во втором случае (фиг. 48) рейка ставится непосредственно на выступ.

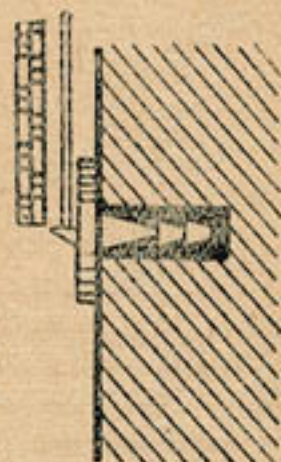
Хвост марок лучше делать из железа; заделка хвоста производится путем заливки свинцом или цементом; углубление в каменной стене выдалбливается посредством стального бура.

Заделка реперных марок почти заподлицо с поверхностью сооружения и возможность их установки на высоте выше человеческого роста делают этот вид реперов весьма надежным в отношении сохранности.

Упомянем еще о потайных реперах, представляющих собой высотные, прочно укрепленные, точки, скрывающиеся от взоров посторонних наблюдателей путем закапывания их в землю обычно на глубину не меньше 1 м. Установка потайного репера желательна во всех тех случаях, когда обычному реперу может угрожать опасность со стороны населения; установка потайного репера желательна также в случаях закрытия поста на неопределенный срок.

§ 35. Временные реперы

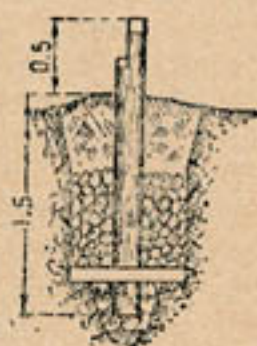
Временные реперы изготовляются в виде: 1) деревянных столбов, 2) завершенных штырей. Временные деревянные реперы изготовляются, по возможности, из прочных древесных пород (дуб или бук); толщина берется не менее 20 см при длине около $2\frac{1}{2}$ м; внизу врубается крестовина; вся часть, предназначенная к засыпке в земле, обмазывается смолой или дегтем или обугливается. В земле репер устанавливается на бульжковые камни или кирпичи. Верхушка репера срезывается скатами, чтобы не задерживалась дождевая вода. Несколько ниже делается совершенно горизонтальный пропи́л, и часть верхушки



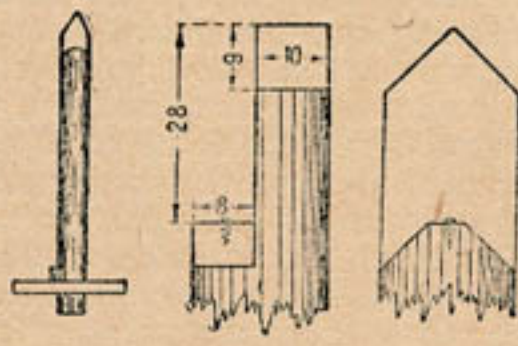
Фиг. 48. Реперная марка.

скалывается до пропила. На вертикальной площадке сруба ставится знак репера, а на горизонтальной вбивается широкошляпный заершенный гвоздь; шляпка этого гвоздя служит нивелировочной точкой для установки на ней рейки.

Общий вид такого репера и его установки показан на фиг. 49.



Фиг. 49. Репер деревянный.



Фиг. 50. Железный штырь.

Заершенные штыри могут быть изготовлены в любой кузнице и могут иметь следующие средние размеры: длина около 20 см, толщина шляпки 2 см, диаметр шляпки 4 см; примерная форма штыря показана на фиг. 50. Такие штыри забиваются обычно в деревянные, а иногда в каменные здания, причем нужные обозначения наносятся вблизи (при них) краской или высечкой.

ГЛАВА VII

ПОСТАНОВКА И ОРГАНИЗАЦИЯ НАБЛЮДЕНИЙ НА ПОСТАХ

§ 36. Составление технического списка. Контрольный журнал

1. После того как на выбранном месте устроен водомерный пост того или иного типа, отвечающий целям наблюдений и данным местным условиям, выполняется двойная нивелировка постовых устройств (см. выше § 22), а также измеряются все расстояния, определяющие положение отдельных элементов водомерного поста в плане.

Заканчивается работа по устройству водомерного поста составлением подробного технического описания водомерного поста и места его расположения; это описание носит название **технического списка**¹. Технический список является основным документом поста и должен содержать все сведения как о водомерном посте, так и об участке реки, на котором пост расположен. Формы технических списков в печатном виде имеются обычно в центральных гидрологических учреждениях (см. приложение 2). В технический список вносятся подробные данные о местоположении поста — название пункта, расстояние его от ближайшего населенного места, от ближайшей железнодорожной станции, пристани и почтово-телеграфной конторы; далее — описание характерных черт режима реки; описание участка реки в районе поста: наличие или отсутствие вблизи мельниц, мостов, островов; характер русла, ширина, глубина при высоких водах и низких, строение и покров берегов, характеристика дна реки; описание неблагоприятствующих наблюдением условий, если таковые имеются, и т. д. В технический список вносятся также результаты промеров участка и дается поперечный профиль реки по створу водомерного поста, схематический план реки в районе расположения поста и план части реки непосредственно у поста с нанесением на последнем горизонталей и изобат и с показанием расположения водомерного поста с номерами свай или реек. Далее, подробно описываются устроенный пост и отдельные его части, в частности, особо исчерпывающие данные должны

¹ По принятому Государственным гидрологическим институтом порядку для каждого водомерного поста составляются два технических списка: один для гидрометрической службы и другой — для водомерного наблюдателя.

быть даны о реперах; указываются размеры, материал и способ установки свай или реек и реперов, их номера, взаимное превышение и принятые для них отметки. К такому описанию прикладывается схематический профильный чертеж поста с нанесением на нем отдельных свай с их номерами, реперов и горизонтов воды в день устройства поста, самого высокого из наблюдавшихся и самого низкого возможного; под профилем подписываются отметки свай и реперов. Далее, указываются установленные содержание и характер наблюдений, частота и сроки их. Наконец, в техническом списке помещается ведомость для последующих записей всех повреждений и исправлений водомерных устройств и новых отметок последних.

2. По инструкциям ГУГМС для каждого водомерного поста составляется также особый контрольный журнал, который хранится у техника, которому поручено наблюдение за работой поста.

В контрольном журнале помещаются основные сведения о водомерном poste и программе его работы и имеются листы для контрольных нивелировок и для отметок о поверках и ходе наблюдений.

§ 37. Постановка наблюдений

В постановку наблюдений на водомерном посту входит:

- I. Установление точности, частоты и сроков наблюдений.
- II. Установление объема наблюдений.
- III. Назначение и инструктирование наблюдателя.
- IV. Оборудование поста.
- V. Снабжение поста.
- VI. Оформление открытия поста.

I. Точность наблюдений. Точность наблюдений должна отвечать назначению поста и особенностям режима реки; с точностью отсчетов связаны частота наблюдений и сроки последних.

Нормальной точностью наблюдений за уровнями является точность до 0,5 см (т. е. отсчеты в целых сантиметрах).

В соответствии с тем или иным назначением водомерных постов нормальная точность измерений уровней может оказаться недостаточной. Такими случаями являются:

а) Парные уклонные посты, расстояние между которыми таково, что падение уровней между ними меньше 5 см; в этих случаях уровни должны измеряться с такой точностью, чтобы ошибки в вычислении падений были не больше 10% в самом невыгодном случае — складывания одноименных ошибок на обоих постах. Так, например, при падении в 2 см точность отсчетов уровней должна быть не меньше 1 мм. Требуемая точность достигается применением соответствующих приспособлений (§ 31).

б) Расходные посты могут также требовать повышения точности в отсчетах уровней или для всех уровней или только для некоторых амплитуд. Степень точности в этих случаях, вообще говоря, должна подчиняться таким условиям: 1) чтобы допускаемые в измерениях уровней погрешности не давали бы недопустимо больших погрешностей в вычислениях расходов по кривым расходов (более значительных, чем 2—3%), и 2) чтобы погрешности в уровнях давали бы в вычислениях расходов приблизительно одинаковые погрешности.

Ч а с т о т а н а б л ю д е н и й, а также сроки наблюдений, как указывалось, непосредственно связаны с точностью измерений уровней. Понятно, что достаточно точные измерения уровней, но недостаточно частые, не достигают той цели, которой эти измерения вызываются. Поэтому на надлежащую частоту наблюдений следует обращать особое внимание.

В этом отношении нужно считаться прежде всего с суточной амплитудой возможных колебаний и характером этих колебаний.

а) Нормальной частотой для равнинных рек на уровенных постах считаются наблюдения 1 раз в сутки — в 7 час. утра¹ по поясному времени при

¹ Зимой допускается перенос этого срока наблюдений на 1 час в ту или иную сторону;

более частых сроках в период весенних и паводочных подъемов и при дополнительных наблюдениях в 19 час. при требованиях повышенной точности.

б) На расходных постах и реках с постоянными закономерными или незакономерными суточными изменениями уровней (ледниковое и снеговое питание, устьевые участки приливных рек, реки с искусственно искаженным вододействующими заведениями режимом) крайне желательны непрерывные лимниграфные записи, как об этом было сказано в § 30. В случае отсутствия лимниграфов на реках с закономерными регулярными изменениями уровней нужны не менее чем трехкратные или четырехкратные суточные измерения уровней, часы этих измерений (дополнительные к 7 час. утра) могут быть установлены эмпирическим путем на основе изучения серии пробных почасовых наблюдений в течение суток, повторяемых в течение различных сезонов года. На расходных постах рек с искусственно искаженным (вододействующими заведениями) режимом единственным правильным решением может быть лимниграф, так как никакими частыми срочными наблюдениями нельзя охватить всех могущих быть изменений уровней; компромиссным решением является установка максимально-минимальных реек (§ 30). Для равнинных рек, на расходных постах, достаточны бывают обычно двукратные наблюдения (7 час. и 19 час.) или даже однократные, но при дополнительных наблюдениях в период половодий и паводков. В зимний период частота должна быть такая же, как и в летний.

в) На уклонных парных постах наблюдения должны производиться точно в один и тот же момент; частота устанавливается применительно к постам уровенным.

г) На постах для целей предсказаний учащенные сроки наблюдений (если нет лимниграфов) необходимы при всяких более или менее значительных подъемах в зависимости от местных условий и требований; при подъемах в период половодья и сильных паводков могут быть целесообразными и необходимыми даже почасовые наблюдения.

д) На постах специального назначения частота и точность наблюдений определяются специальными заданиями.

II. Объем наблюдений. Объем наблюдений, помимо измерений уровней на расходных и уровенных водомерных постах, складывается из наблюдений за следующими элементами режима реки и сопутствующих последнему явлений: 1) температура воды; 2) температура воздуха; 3) мутность (в случаях заметного на-глаз наличия взвешенных наносов); 4) волнение; 5) ветер; 6) осадки; 7) продолжительность осадков; 8) водная растительность (в случае ее наличия); 9) облачность в зимнюю половину года; 10) все характерные явления, связанные с переходом реки на зимний режим в осенне-зимний период и ледовыми явлениями в зимний и зимне-весенний периоды.

Из перечисленных элементов волнение и ветер отмечаются на простых постах как факторы, влияющие на точность записей уровней, а остальные элементы характеризуют или реку или гидрометеорологическую обстановку режима реки; последние наблюдения целесообразны лишь в случае отсутствия поблизости метеорологических станций. Все эти элементы (кроме ледовых характеристик и температур) оцениваются в условной пятибалльной оценке. На судоходных и сплавных реках отмечается, кроме вышеуказанного, время прохода первых и последних судов и плотов.

На иных постах, кроме расходных и уровенных, комплекс добавочных перечисленных выше элементов, подлежащих наблюдению и оценке, может быть несколько сокращен по указаниям руководящих органов; в общем случае такое сокращение нежелательно.

III. Назначение и инструктирование наблюдателя. Наблюдения на простых постах поручаются наблюдателю из числа местных жителей, рекомендованных сельсоветом.

Наблюдатель должен быть выбран достаточно грамотный, толковый и, самое главное, вполне добросовестный; на случай болезни его или неотложных дел необходимо убедиться в возможности его временной замены кем-либо из

состава его семьи. Наблюдателю должно быть указано, что в случае пропуска им порученных ему измерений по независящим от него обстоятельствам, он ни в коем случае не должен записывать выдумываемые им цифры вместо действительных; в этом случае лучше ничего не писать, чем давать недобросовестные фиктивные данные, за которые он подлежит суду как за вредительство. Наблюдатель должен быть надлежащим образом проинструктирован; ему должны быть точно и подробно объяснены его обязанности: сроки измерений, способы производства измерений, порядок записей и их пересылки в гидрометрическое учреждение.

После инструктирования должно быть обязательно проверено на деле, правильно ли усвоил наблюдатель преподанные ему правила. Наблюдателю также должно быть указано, что он должен делать в случае повреждения поста или реперов и т. д. Кроме словесных указаний наблюдателю должна быть дана подробная письменная (или печатная) инструкция. Ему же вручается также технический список поста — сокращенный и копия подробного; последний предъявляется наблюдателем поверяющему пост персоналу.

IV. Оборудование поста. Одним из важных условий правильной работы простого водомерного поста является устройство приспособлений, облегчающих подход к сваям или рейкам (для простых постов) в случае отсутствия лодки. Полезно для этой цели рядом со сваями поста забивать нетолстые свайки для устройства на них сходней к сваям; эти мостики-сходни могут перекладываться по мере измерений горизонтов. Возможно также устройство переносных козел, которые устанавливаются в воде около свай, служа опорой для одного конца мостков, второй конец коих кладется просто на откос берега. Рационально устраивать подходы к сваям так, чтобы верхний настил сходней (обычно одна доска или пара скрепленных вместе жердей) мог укладываться на опоры лишь на время производства измерений и убираться куда-либо на остальное время; этим достигается обеспечение поста и мостков, важное при его близости к населенному пункту, от использования их местными жителями для своих хозяйственных потребностей (мойка белья, рыбная ловля).

V. Снабжение поста. Для бесперебойной работы водомерного поста необходимо снабжение наблюдателя всеми потребными ему для наблюдений предметами. Таковыми являются: 1) часы; 2) календарь; 3) уровень (ватерпас) для производства ватерпасовки; 4) рейка длиной 2—5 м для производства ватерпасовки; 5) рейка водомерная переносная (для свайных постов); 6) фонарь для вечерних наблюдений; 7) пешня для околки льда зимой, представляющая собой железный с закаленным концом ломик весом 1—2 кг, с раструбом, в который вставляется палка-рукоятка; 8) багор для нащупывания свай, находящихся под водой; 9) лопата; 10) топор; 11) ледомерные рейки; 12) шугомерные рейки; 13) термометр-пращ (для измерения температур воздуха); 14) термометр водный; 15) лодка с принадлежностями — при наличии условий затруднительного подхода к сваям прямо с берега; 16) комплект из полевых книжек и журнала (настойной книжки), инструкция по наблюдениям, технический список; 17) необходимые канцелярские принадлежности: химический карандаш или чернила с ручкой и перьями (применение резинки не допускается); 18) полезно иметь запасные сваи для свайных водомерных постов и запасные рейки с винтами для их укрепления для реечных постов.

VI. Оформление открытия поста осуществляется составлением в присутствии водомерного наблюдателя и представителя местных властей акта об открытии поста; акт составляется в трех экземплярах, из коих один оставляется наблюдателю, второй передается в сельсовет или райсовет для обеспечения содействия по охране постовых устройств, а третий передается в организацию, которой принадлежит пост. С наблюдателем заключается трудовой договор, заверяемый сельсоветом, и ему передаются по описи все постовые устройства и инвентарь.

§ 38. Уход за постом

Наблюдатель должен быть поставлен в известность о том, как он должен поступать в отдельных возможных случаях нарушения обычных условий наблюдения.

При снижении воды в реке ниже самой низкой сваи (или обмелении последнего деления рейки) наблюдатель обязан прокопать канавку от воды к свае или рейке для того, чтобы вода могла доходить до нее; в этом случае измеряется, насколько уровень воды стоит и и ж е головки сваи или нуля рейки; к произведенному отсчету приписывается буква *Н* — (ниже) или же ставится знак минус, и цифра обводится кружком. В случае невозможности выйти таким образом из затруднения наблюдатель обязан забить дополнительную сваю (или хотя бы временную свайку — прочный забитый кол), связав ее ватерпасовкой с ближайшей следующей сваей, и производить наблюдения по ней. В случае подъема воды выше самой высокой сваи (или рейки) должен быть установлен дополнительный пункт измерений и по возможности связан с имеющимися. Точно так же должен поступать наблюдатель в случае повреждения сваи или рейки; если возможно, то в таких случаях полезно связать установленную дополнительную сваю с какой-либо из имеющихся путем одновременных наблюдений; последние должны быть выполнены не менее трех раз при разных уровнях.

Во всех таких случаях о происшедшем наблюдатель обязан известить лицо, которому он подчиняется в своей работе, для принятия мер к устранению указанных возможностей в будущем и для поверочной нивелировки установленных наблюдателем временных знаков. Дата повреждения, причины его и дата исправления должны быть точно записаны в полевой и настольной книгах.

Расходы по экстренным случаям работ, без которых дальнейшее правильное действие водомерного поста невозможно, могут быть производимы самим наблюдателем с сообщением об этом немедленно же в соответствующее учреждение или соответственному лицу.

Летом наблюдатель должен осторожно удалять со свай и реек как наносы, так и посторонние застрявшие предметы.

Зимой следует производить околку льда около ближайших к поверхности льда свай, не давая возможности образоваться около них толстому ледяному слою и предупреждая этим изменение первоначального положения свай при поднятии льда весной.

§ 39. Производство наблюдений в период отсутствия льда

Перечень обычных наблюдений в дополнение к наблюдениям за уровнями в период отсутствия льда был приведен выше, в § 37.

1. Для производства наблюдений за уровнями на свайном водомерном посту переносная водомерная рейка ставится на сваю, покрытую водой и расположенную выше остальных, покрытых водой; нулевое деление рейки при этом должно находиться внизу. Перед производством отсчета наблюдатель должен убедиться в том, ставит ли он рейку действительно на сваю, а не на камень или какой-нибудь другой предмет, и не покрыта ли свая слоем наноса; в этом можно убедиться по звуку при ударе металлической оковки рейки о гвоздь сваи.

Рейку необходимо ставить узкой гранью против течения. При тихой воде — читать то деление, которое приходится в уровень с водой; если на реке есть волнение, то следует заметить деление рейки, до которого доходят гребни волн, а также самое низкое деление после ухода волны, и взять среднее из обоих показаний. В книжку наблюдатель записывает номер сваи и сделанный отсчет по рейке (§ 41).

При речном типе поста наблюдения уровней выполняются путем прочитывания того отсчета на рейке, до которого доходит уровень воды; при волнении поступают аналогично сказанному выше.

На постах с нормальной точностью (§ 37) отсчеты делаются с округлением до ближайшего целого сантиметра, или при излишке ровно в 0,5 — до ближайшего четного числа.

2. Выполнение наблюдений за температурой воды и воздуха производится при помощи специальных термометров. Температура воды и воздуха особенно интересна в связи с наблюдениями над зимним режимом реки.

Измерение температуры воды производится всегда в одном и том же месте, выбранном на быстрых струях реки (но не в заводи или в заливе). Тип применяемых термометров показан на фиг. 51.

Шкала этих термометров поделена на 0,1 или 0,2° и имеет деления, начиная от —3 или —2°. Нижний конец термометра помещен в металлическую оправу с небольшими отверстиями; назначение оправы кроме предохранения термометра от повреждения — задерживать вокруг головки термометра во время отсчета воду из места наблюдения, дабы предотвратить неправильность показания от действия температуры воздуха.

Термометр при помощи бечевы, продеваемой в ушко вверху, опускается в воду так, чтобы вода покрыла оправу и весь термометр, и держится в воде около 3 мин.; при отсчете конец ртутного столбика должен находиться на уровне глаз отсчитывающего. Отсчет делается с точностью до 0,1°.

Отметим, что для точных измерений температур воды на глубоких водоемах и реках применяют специальные конструкции так называемых опрокидывающихся термометров Негретти-Замбра или Рихтера. В этих термометрах (фиг. 52) трубка вблизи резервуара ртути сужена и изогнута в виде крючкообразного капилляра; термометр опускается в воду в нужную точку на тросе в особой раме и затем, по истечении около 10 мин., опрокидывается при помощи посылного груза, опускаемого по тросу и приводящего в действие поворотную пружину; тогда резервуар с ртутью переходит наверх, а столбик ртути отрывается в месте сужения и падает вниз. Температура в точке измерений определяется по высоте оторвавшегося столбика ртути, причем в это показание вводится еще поправка по находящемуся в той же оправе второму так называемому коррекционному термометру, учитывающему изменения температуры с момента измерения по момент отсчета. Точность показаний новейших опрокидывающихся термометров Рихтера до 0,02°.

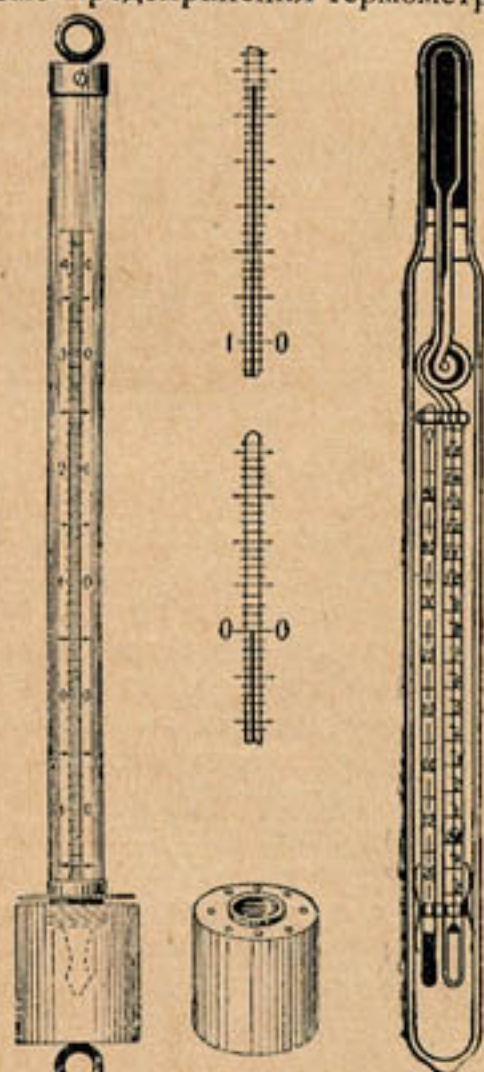
3. Измерение температуры воздуха производится в тени обычными прачевыми термометрами по типу тех, которые применяются при барометрической нивелировке. Термометр надо вращать минуты 2—3; отсчеты делаются возможно быстрее, не прикасаясь к чувствительным местам руками. 4.

Следует иметь в виду, что каждый термометр имеет обычно определенные поправки, устанавливаемые в соответствующих поверочных учреждениях; эти поправки прилагаются к каждому термометру в виде таблицы-сертификата; поэтому наблюденные температуры должны исправляться по сертификату данного термометра.

Термометры — водяной и для измерений температуры воздуха — должны не реже 1 раза в год проверяться. Поверка может быть выполнена в специальных поверочных учреждениях.

5. Для оценки мутности вода зачерпывается в стакан непосредственно после измерения уровня на расстоянии от берега, не меньше 2—3 м для малых и 20—30 м для больших рек; оценка мутности выполняется на-глаз, в 5-балльной системе путем рассмотрения взятой пробы воды на свет (если не ведутся более точные наблюдения, см. § 139).

6. Волнение, ветер, сила осадков и их продолжительность, водная растительность по инструкции Государственного гидрологического ин-



Фиг. 51. Водяной термометр.

Фиг. 52. Термометр Рихтера.

ститута также оцениваются глазомерно, в 5-балльной системе. В основе пятибалльной системы лежит такое подразделение: очень слабое (1 балл), слабое (2), среднее (3), сильное (4), очень сильное (5). При оценке ветра кроме его силы характеризуется также и его направление (сверху, снизу по течению, с правого, с левого берега).

При оценке осадков имеется в виду их характеристика (сила и продолжительность) за срок, истекший от предыдущего наблюдения; продолжительность отмечается в часах. Снег, град и крупа обозначаются, кроме того, первыми буквами их названий.

Водная растительность характеризуется для участка, прилегающего к посту (не менее чем пять ширин реки вверх и вниз по реке от поста); если вся река чиста, ставится балл 1; четверть реки занята растительностью — 2; половина — 3; три четверти — 4; вся река — 5.

Условные обозначения записей обычно приводятся подробно в инструкциях наблюдателям.

Все перечисленные выше наблюдения выполняются в те же сроки, что и наблюдения за уровнями воды.

§ 40. Производство наблюдений за ледовыми явлениями

Наблюдения над ледовыми явлениями в реке могут быть подразделены на следующие отдельные стороны:

- I) наблюдения во время замерзания реки;
- II) наблюдения над рекой при наличии ледяного покрова (л. п.);
- III) наблюдения над вскрытием реки;
- IV) наблюдения за особыми явлениями зимнего режима: а) донным льдом, б) заторами и зажорами.

I. Период замерзания. В период, предшествующий замерзанию реки, при понижении температуры воды до 10°C следует делать более частые, чем обычно, наблюдения над температурой воздуха и воды.

При этом нужно подробно отмечать все фазы, свойственные периоду замерзания, а именно такие явления (в скобках указаны условные сокращенные обозначения этих явлений):

1) появились забереги (зб), когда появились ледяные закраины у берегов;

2) сало (с), когда пластинки льда, уносимые течением, смерзаясь друг с другом, делаются видными на реке, или же когда плывут на поверхности воды комья от выпавшего снега или комья рыхлого льда;

3) шуга (ш) — кашеобразная масса из несмерзшихся комьев льда, образующегося, главным образом, на дне и всплывающего наверх;

4) ледоход (лх), когда на реке появляются отдельные льдины; при этом следует указывать, какая часть реки занята плывущим льдом, например, $\frac{1}{10}$,

$\frac{1}{4}$, $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{2}$, или хотя бы так: редкий (густой) ледоход посередине, редкий (густой) ледоход у берега (и какого), сплошной ледоход (по всей реке) и т. д.;

5) ледостав (лс), если вся река или часть ее покрылась неподвижным льдом; степень покрытия реки льдом указывается по пятибалльной системе. В случае наличия незамерзших мест (быстрое течение) указывать, имеются ли полыньи или маины (м);

6) торосы (т) — нагромождение льдин при ледоставе;

7) образовался затор (зт) или зажор (зж), если таковой образовался бы вблизи поста вследствие забивки русла реки льдом (см. ниже п. V); о возобновившемся после прорыва затора ледоходе продолжают записывать по предыдущему;

8) необходимо отметить время, когда через реку установилось пешее сообщение по льду и когда — конное.

В книжке наблюдений необходимо отмечать явления, происшедшие также ночью и известные поэтому только в общих чертах.

II. Ледяной покров. Наблюдения над ледяным покровом после ледостава имеют целью изучение процесса ледообразования и изучение структуры льда.

Наращение льда в толщину происходит в течение зимы постепенно, не прекращаясь после ледостава; на разных участках и в разные зимы рост льда неодинаков, завися от разных причин: скорости течения воды, толщины снегового покрова и времени его выпадения, температуры воздуха и т. п.

Ледяной покров в зависимости от условий замерзания может быть по внешнему виду: 1) ровный, сплошной и 2) неровный, образовавшийся в результате смерзания отдельных нагроможденных льдин (при заторе или сильном ветре).

По своему строению ледяной покров может быть:

- 1) плотный прозрачный — кристаллический;
- 2) менее плотный, непрозрачный, пористый, образующийся сверху первого от смерзания на льду выпавшего снега с водой («снеговой» лед);
- 3) из рыхлого льда в виде шуги (от всплывания донного льда наверх или приноса течением сверху).

В самой толще льда могут встречаться пустоты, иногда даже в несколько ярусов. Происходит это в результате тех изменений уровней воды, которые могут иметь место в промежутках между образованием первого и следующих ледяных покровов.

Главную часть наблюдений над рекой во время ледяного покрова составляют измерения толщины льда.

Измерения толщины льда делаются ледомерной рейкой в специальных узких прорубях (лунках) обычно каждый пятый день не менее чем в двух лунках: у берега и посередине реки. В начале и конце зимы, когда изменения толщины льда происходят более интенсивно, чем в середине зимы, рекомендуется измерения толщины производить чаще — именно ежедневно; такие же ежедневные измерения желательны и в середине зимы в случаях появления оттепелей. Возможны два способа производства измерений толщины льда:

- 1) для производства наблюдений каждый раз пробиваются новые лунки в таком месте (в районе поста), где сохранился нетронутый снеговой покров;
- 2) лунки делаются раз на весь период наблюдений, следя, чтобы снег около них оставался лежать в возможно нетронutom виде.

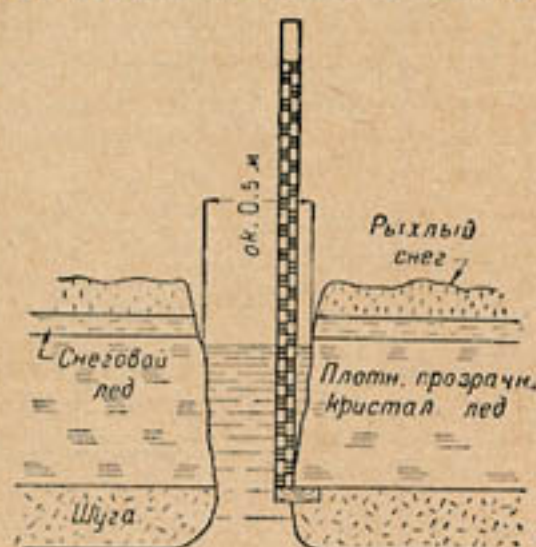
При втором способе, при свайном poste, первую прорубь делают у водомерной сваи, отстоящей наиболее далеко от берега; вторую прорубь делают посередине реки, против первой; при реечном poste первая прорубь делается шагах в трех от берега против рейки водомерного поста; вторая — посередине реки. При первом способе положение новых лунок необходимо определять хотя бы шагами по отношению к той свае (рейке), над которой делаются наблюдения уровней. Для измерений по второму способу необходима специальная рейка с откосом. Промеры толщины льда делаются по четырем направлениям лунки, а из них записывается среднее.

Для определения толщины льда служат ледомерные рейки. Ледомерные рейки применяют двух видов:

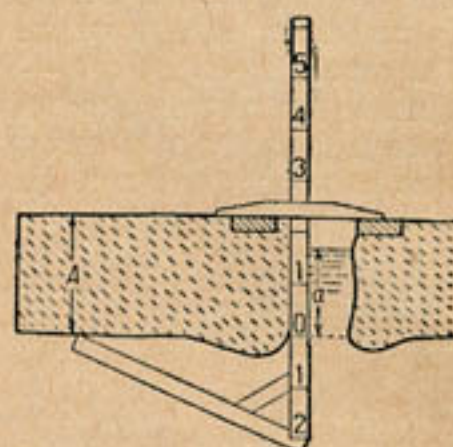
- 1) простая рейка с поперечиной внизу (в форме кочерги — фиг. 53) легко может быть изготовлена из обыкновенной водомерной переносной рейки путем прикрепления к ней снизу перекладинки; измерения делаются путем захвата снизу льда перекладинкой;

2) специально изготавливаемая ледомерная рейка (фиг. 54), служащая для измерения толщины льда в постоянных прорубях; главной особенностью ее служит неподвижно укрепленный внизу подкос, верхняя закругленная часть коего (конец) находится на высоте нуля рейки при отвесном положении ее. По рейке движется вверх и вниз движок с упорами, закрепляемый на ней при помощи винта. Деления ее наносятся разными красками: от нуля рейки вверх — черной краской, а вниз — красной. Рейка вставляется в прорубь, и подкос подводится под лед так, чтобы его конец касался нижней поверхности льда; установив рейку строго отвесно и прижимая подкос к нижней поверхности льда, опускают упорный движок на верхнюю поверхность льда, закрепляя его винтом для момента производства отсчетов.

Употребление такой рейки для измерений на постоянных прорубях предложено ввиду того, что у постоянных прорубей снизу у краев образуются ледяные наросты; поэтому, если измерять толщину льда по толщине краев самой проруби через несколько времени после того, как она сделана, можно получить ошибку. При применении специальной рейки второго типа нужно весьма внимательно следить за тем, чтобы: 1) во время измерений рейка имела строго вертикальное положение; 2) снеговой покров у посто-



Фиг. 53. Ледомерная рейка простая.

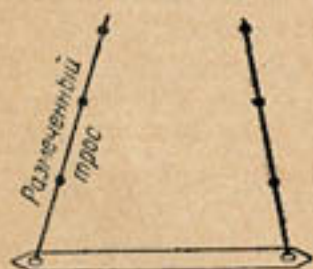


Фиг. 54. Ледомерная рейка специальная.

янной проруби оставался бы по возможности нетронутым; 3) прорубью для промеров толщины льда местные жители не пользовались бы для своих бытовых нужд. В противном случае лучше применять простую рейку, и проруби периодически менять.

При измерении толщины льда необходимо отмечать: 1) общую толщину льда между его нижней и верхней поверхностями; 2) толщину прозрачного плотного кристаллического льда; 3) толщину снегового льда.

Кроме того, необходимо отмечать: 1) стояние воды в лунках, т. е. расстояние между нижней поверхностью льда и уровнем воды; может быть 3 случая: вода стоит ниже нижней поверхности льда; вода стоит выше нижней поверхности,



Фиг. 55. Приспособление для измерения толщины слоя шуги.

но ниже верхней, и вода стоит выше нижней и верхней поверхностей льда; 2) толщину нетронутого мягкого снегового покрова недалеко от мест измерений толщины льда, желательно в нескольких пунктах, вдоль и поперек реки, с обозначением этих мест, а также на берегу; 3) наличие донного льда (см. ниже п. IV); 4) наличие под ледяным покровом шуги; весьма желательно определять толщину слоя шуги, что можно выполнять при помощи шугомерной рейки, т. е. рейки с прикрепленной внизу ее крестовиной; проталкивая рейку через слой шуги, нащупывают границу между чистой водой и началом скоплений шуги; на фиг. 55 изображено простое приспособление, применявшееся для измерений толщины шуги на р. Свири: к ломiku прикреплены два тросика, один из коих размечен на сантиметры; 5) желательно отмечать наличие трещин во льду — поперечных и продольных; 6) полыньи — их место в реке и приблизительный размер; в течение зимы отмечать все главнейшие изменения полыней; 7) характер нижней и верхней поверхностей льда: гладкая, шероховатая или очень неровная; 8) скорости течения в прорубях: течения нет, медленное, среднее, быстрое, очень быстрое; 9) глубину реки в местах сделанных прорубей.

Кроме этого после ледостава, а также в середине и конце зимы, недалеко от водомерного поста надо вырубать по куску льда для подробного описания его слоистости и характера нижней поверхности. Для более полной характеристики общего состояния л. п. наблюдатель обязан не менее одного раза в пятидневку обходить и осматривать некоторый участок реки — выше и ниже водомерного

поста; длина этого участка может колебаться от 200 м для малых рек и до 2 тыс. м для больших рек.

Отметим, что массовые измерения толщины льда весьма удобно выполнять при помощи описанного П. Н. Кириллиным¹ прибора для сверления льда, состоящего из 1) коловорота для вращения в 12 мм, 2) стальной штанги, размеченной на сантиметры, и 3) спирального сверла в 25 мм. Сверло имеет заплечико, которое подводят для измерения под нижнюю кромку льда.

III. Наблюдения за вскрытием. Наблюдения над вскрытием реки начинаются при появлении первых признаков этого явления. Следует отмечать отдельно, с указанием времени их появления, такие признаки:

- 1) потемнение поверхности льда;
- 2) вспучивание льда;
- 3) появление проталин (закраин) у берегов (зк);
- 4) переход плотного льда в рыхлое состояние.

При этом отдельные моменты могут быть такие:

1) первая подвижка льда (пд) — момент первого сдвига ледяного покрова с мест; следующие подвижки обозначаются их номерами — вторая, третья и т. д.;

2) лед тронулся — когда весь лед начинает двигаться сплошной массой;

3) полный ледоход (лх) — когда сплошная передвигающаяся масса льда разделяется на отдельные льдины и льдинки; при этом указывают, движется ли крупный (кр. л.) или мелкий лед (м. л.);

4) движется редкий лед — когда к концу ледохода лед движется уже редко;

5) заторы — явление аналогичное имеющим место таким же явлениям периода замерзания реки (см. дальше);

6) река очистилась — когда наблюдатель, стоя у водомерного поста, не видит нигде льда;

7) если ледохода не было, а лед растаял на месте, необходимо отметить: лед растаял на месте.

IV. Наблюдения за донным льдом. Наблюдения над донным льдом должны заключаться в следующем:

1) в выяснении наличия донного льда в реке и условий его появления; для этого поздней осенью и в начале зимы, при понижении температуры воды до 0°, периодически осматривают дно реки с лодки, если вода прозрачна, или прощупывают дно ударами шеста при мутной воде, отчего донный лед должен всплывать; кроме того, опускают на ночь на дно несколько камней с привязанными к ним ветками или металлические сетки, которые в случае образования донного льда должны обмерзнуть (фиг. 56); полезно при этом организовать особо точные наблюдения за температурой воды; для этого иногда применяют особые конструкции термометров, как, например, микротермометр (точность отсчетов до 0,01° С), или термопары (точность до 0,001° С), устройство которых основано на возбуждении электрического тока под влиянием разности температур на спаянных концах двух проводников из разных металлов;

2) в выяснении толщины и площади залегания (или протяжения залегания в створе — при измерениях ледяного покрова) донного льда; определение толщины возможно осуществить при помощи шеста, погружаемого осторожно до соприкосновения с верхней поверхностью залегающего донного льда, а затем через донный лед — до поверхности дна; разность глубин погружения шеста в обоих случаях дает толщину залегания донного льда; наблюдения эти могут быть удачны лишь при очень внимательном выполнении измерений;

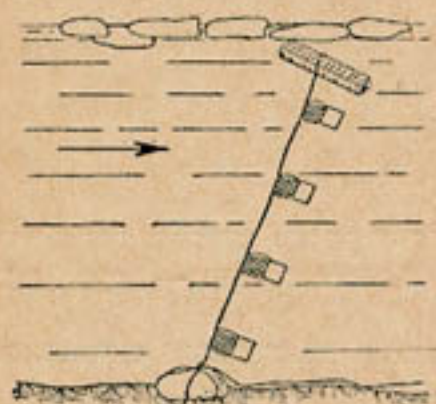
3) в описании внешнего вида и характера донного льда;

4) в описании приблизительной глубины реки, характера ее дна и скорости ее течения в месте образования донного льда.

¹ «Известия Государственного гидрологического института» № 55, Ленинград, 1933, стр. 57.

V. Заторы и зажоры. Ледяные заторы образуются в результате забики русла реки плывущим сверху поверхностным льдом (имеют место при крутых поворотах узкой реки в крепких берегах или перед искусственными сооружениями и естественными препятствиями в русле реки); **з а ж о р а м и** именуют скопления льда в результате интенсивного образования и поступления сверху донного льда под существующим ледяным покровом на реке.

В обоих случаях образуется как бы плотина, которая не пропускает воды, притекающей сверху. Уровень воды у затора (зажора) поднимается, ниже затора (зажора) падает. Относительно заторов (зажоров) необходимы следующие записи:



Фиг. 56. Сетка для наблюдений за образованием донного льда.

1) место, где образовался затор (зажор) по отношению к посту и соответствующее расстояние; 2) время, когда он образовался; 3) приблизительная длина участка реки, занятая ледяной массой; 4) последствия, вызванные затором (зажором); 5) время, когда его прорвало.

Во время затора (зажора) необходимо производить учащенные наблюдения за высотами уровня, причем нужно стараться уловить наивысший (наинизший) уровень воды от затора (зажора).

Зимой рекомендуется, особенно в случае обнаружения донного льда, определять степень прозрачности воды и степень облачности неба. Облачность обозначается по 5-балльной системе, принимая за балл 5 — сплошную облачность,

за 4 — весьма сильную, но неполную облачность, за 3 — если небо закрыто тучами наполовину, за 2 — легкие облака и за 1 — полное отсутствие облака, ясно. Оценка облачности производится суммарно за истекшие сутки.

Определение прозрачности воды проще всего выполняется следующим образом: белую тарелку, подвешенную плашмя на бечеве, спускают в воду в затененном месте на возможно глубоком участке реки и замечают глубину, на которой она перестает быть видимой. Глубину эту записывают в журнал, выражая ее в метрах и сантиметрах. Специально изготовляемый диск для измерения прозрачности носит название диска *Секки*; этот диск имеет диаметр в 30 см и снабжен свинцовым грузом.

§ 41. Формы записей

Записи на постах производятся по особым формам; при этом наблюдатель получает: 1) полевые книжки и 2) журнал (или настольную книжку).

Полевые (или черновые) книжки служат для непосредственной записи наблюдений у водомерного поста; записи из полевой книжки наблюдатель сейчас же по приходе домой переносит в журнал (или настольную книжку). Каждая полевая книжка рассчитана на 1 мес. наблюдений. Записи в книжках производятся согласно точной инструкции для наблюдателя. В начале полевой книжки имеется место для записей о повреждениях и исправлениях на посту и место для пометок лиц, поверяющих работу поста. Дополнительные наблюдения записываются на последней странице (а в годовых журналах — на обороте страниц). Форма записей дана ниже (на стр. 73).

При наличии уклонных водомерных постов записи производятся по той же форме.

Годовой журнал является полной копией полевых книжек и отличается от них только форматом; журнал этот имеет отрывные талоны и корешковые листы, которые заполняются под копирку. По истечении месяца заполненный талон журнала и полевая книжка отсылаются в Гидрометрическую службу. Корешки остаются у наблюдателя во все время работы водомерного поста.

Записи из полевой книжки в годовые журналы должны переноситься немедленно после прихода домой с водомерного поста.

Выше описаны формы записей, отвечающие порядку, принятому Государственным гидрологическим институтом. В разных республиках СССР эти формы

в годовой журнал и в технические списки; если некоторые из отметок отличаются от полученных при предыдущей нивелировке, то следует выяснить: 1) возможную причину этого и 2) до какого времени при обработке наблюдений следует принимать прежние отметки свай (реек) и вписать таковую дату в соответствующую графу настольной книжки или на обороте талона. Если окажется, что разницы между высотами свай остались те же, что и при прежних нивелировках, но отметки их изменились, следует самым тщательным образом обследовать неизменность положения репера; вообще следует иметь в виду случаи, когда в силу условий грунта у берегов реки и свай и репера, если последние установлены непосредственно у поста, могут подвергаться периодическим перемещениям по высоте; таковы, например, случаи установки поста и реперов на торфяных грунтах, когда возможна осадка или подъем торфа в зависимости от его влажности, на грунтах с насыщенными водой песчано-глинистыми прослойками, на которых может иметь место вспучивание.

Если наблюдателем водомерного поста были произведены временные исправления или были забиты временные сваи (или колья) взамен поврежденных, отметки исправленных или вновь устроенных установок определяются инструментально и заносятся в книжку с указанием, на протяжении какого периода полученные отметки следует принимать в расчет.

Далее, выполняются промеры и нивелировка по створу поста до уровня самых высоких вод. Попутно отмечается по сохранившимся знакам высота имевшего место максимального уровня воды и сверяется с записью наблюдателя.

Одновременно с производством поверки поста поверяющее лицо обязано выяснить, имеются ли в техническом списке (описании) поста все необходимые сведения, а также, не требуется ли вводить в нем дополнений и изменений. В случае надобности делаются возможные дополнения и изменения.

Во время поверки поста производится также проверка наличия и исправности всех принадлежностей для ведения наблюдений.

Все результаты поверки (нивелировки, промеров, осмотра) заносятся кроме книжки и журнала в наиболее полном виде в технический список поста.

Поверки правильности поста должны производиться возможно чаще, особенно на реках с беспокойным течением и непрочным руслом. Наибольшие промежутки между последовательными поверками не должны превышать 4—6 мес.; обязательными в общем случае следует считать поверки: зимнюю — после ледохода и в межень.

§ 43. Ремонт и перенос поста

1. Ремонт поста. При производстве ремонта или исправлений отдельных повреждений на водомерном посту следует иметь в виду следующее:

Если поврежденную сваю нельзя исправить, то надо забить новую сваю рядом со старой в общем створе поста; остаток головки старой сваи должен быть при этом уничтожен.

Каждую вновь забитую сваю, хотя бы взамен поврежденной, обязательно снабжать очередным для данного поста номером. Изменять общую нумерацию свай поста, принятую раньше и значущуюся в техническом списке его, ни в коем случае не разрешается во избежание путаницы в последующих обработках. Если опасность разрушения угрожает какой-либо свае (рейке), следует это немедленно устранить или установить новую сваю (рейку).

Если опасность быть разрушенным или опасность изменения положения вследствие, например, размыва угрожает реперу и устранить ее нельзя, то следует, не трогая старого репера, установить новый на новом тщательно выбранном месте и связать его двойной нивелировкой с надежными реперами. В местах людных или местах пребывания и прохода скота полезно бывает ограждать репер заборами. Непосредственно переносить репер с одного места на другое ни в коем случае не разрешается; старый репер остается на его месте до естественного его разрушения или изменения его положения. Если реперная марка отсутствует или содержит неполные сведения, то следует на репере поместить новую марку; помещать новые сведения на старой марке ни в коем случае не разрешается.

Все сведения по выполненному ремонту должны быть записаны в технические списки, в полевую книжку и в годовой журнал.

2. **Перенос поста.** В случае невозможности привести в порядок водомерный пост на его старом месте, например, вследствие обнаруженной тенденции постоянного интенсивного размыва берегов, оползней и т. п. (т. е. в случае неудачного выбора места при первоначальном устройстве поста) водомерный пост следует перенести на новое место.

В этом случае новое место устройства поста следует выбирать так, чтобы падение реки между новым и старым местоположением поста было не более 0,01 м, т. е. чтобы разницей в показаниях старого и нового постов можно было бы пренебречь. В противном случае оба водомерных поста — и новый и старый — должны функционировать одновременно в течение периода, достаточного для охвата параллельными измерениями по возможности всей амплитуды уровней (желательно не менее одного года); только при этом условии возможно связать наблюдения нового поста с наблюдениями старого, и последние не теряют своей ценности для ряда последующих наблюдений. Эта связь выполняется путем построения кривых связи соответственных уровней (§ 51).

ГЛАВА VIII

ОБРАБОТКА УРОВНЕЙ И СОПУТСТВУЮЩИХ ИМ ЯВЛЕНИЙ

§ 44. Общий порядок обработок

Обработки уровней можно представить в виде таких отдельных их видов:

1. **Первичная** обработка записей водомерного поста, которая состоит в следующем: а) приведение к нулю наблюдений или к нулю графика; б) вычисление среднесуточного уровня (при нескольких наблюдениях в сутки); в) построение графиков колебаний уровней как в целях поверки данных, так и в целях наглядного изображения этих данных; д) составление сводных ведомостей ежедневных уровней.

2. **Основные** обработки для каждого года наблюдений, под которыми имеются в виду обработки, суммирующие основные характерные черты уровня режима реки.

3. **Специальные** обработки, т. е. обработки, имеющие в виду особо подробно и исчерпывающе осветить те или иные характерные черты в ходе режима уровней; обработки эти необязательны для каждого водомерного поста и должны выполняться в случаях специальной к тому необходимости или в целях более подробного изучения уровней данной реки.

4. Обработки **явлений, сопутствующих изменениям уровней**, т. е. данных по явлениям льда, по температурам воды, по изменениям уклонов, по изменчивости русла и т. п.

§ 45. Первичная обработка и поверка уровней

1. Первичная обработка записей наблюдателя водомерного поста начинается с приведения записей к нулю наблюдений или нулю графика поста (§ 16), если таковой не совпадает с нулем наблюдений.

Для свайных постов, при записях уровней в виде отсчетов над отдельными сваями, приведению наблюдений к нулю графика поста должно предшествовать приведение их к нулю наблюдений. Для этого к каждому отсчету должно быть прибавлено превышение головки сваи, на которую ставилась рейка, над сваей, головка которой принята за нуль поста¹.

Далее производятся вычисления среднесуточного уровня.

При однократных измерениях в сутки за среднесуточный принимается утренний наблюденный уровень.

¹ Уровни на временных водомерных постах нередко исчисляют в отметках над уровнем моря (или в условных отметках).

2. При трехкратных наблюдениях и при малых суточных колебаниях горизонтов среднесуточный уровень $H_{\text{ср}}$ определяется как среднее арифметическое из всех трех отсчетов, т. е. по формуле

$$H_{\text{ср}} = \frac{H_7 + H_{13} + H_{19}}{3}, \quad (10)$$

где значки при H обозначают часы наблюдений (в системе 24 час. в сутки).

При тех же наблюдениях, но при значительных колебаниях горизонтов можно определить $H_{\text{ср}}$ более точно, придавая каждому наблюдению вес, отвечающий тому промежутку времени, на которое данное наблюдение распространяется. Считая сутки от 0 до 24 час., при указанных сроках наблюдений имеем: наблюдения в 7 час. характеризуют уровни, имевшие место на протяжении от 0 до 7 час. и далее — от 7 час. до половины промежутка между 7 и 13 час., т. е. на протяжении 3 час., а всего для 7-часового наблюдения получаем вес его в $7+3=10$ час.; наблюдение, выполненное в 13 час., по тем же соображениям характеризует уровни на протяжении 6 час. [$3 + 0,5(19-13)$]; наблюдения в 19 час. характеризуют период в $3 + (24-19) = 3 + 5 = 8$ час. Таким образом получаем

$$H_{\text{ср}} = \frac{10H_7 + 6H_{13} + 8H_{19}}{24}. \quad (11)$$

Это выражение можно для удобства расчетов преобразовать так:

$$H_{\text{ср}} = \frac{8H_7 + 8H_{13} + 8H_{19} + 2H_7 - 2H_{13}}{24} = \frac{H_7 + H_{13} + H_{19}}{3} + \frac{H_7 - H_{13}}{12}, \quad (12)$$

где последний член дает поправку к вышеприведенной приближенной формуле (10).

Исходя из соображения, что от вечернего наблюдения в 19 час. до утреннего в 7 час. проходит период 12 час., можно давать утреннему наблюдению вес в $1/2$ периода плюс $1/2$ периода от 7 до 13 час., т. е. всего 9 час.; тогда вечерний период тоже будет иметь 9 час., и поэтому можно иметь:

$$H_{\text{ср}} = \frac{9H_7 + 6H_{13} + 9H_{19}}{24} = \frac{H_7 + H_{13} + H_{19}}{3} - \frac{H_{13}}{12} + \frac{H_7 + H_{19}}{24}. \quad (13)$$

При наблюдениях по максимально-минимальным рейкам среднесуточный уровень вычисляют по формуле (§ 30):

$$H_{\text{ср}} = \frac{H_{\text{min}} + H_{\text{max}} + H_7 + H_{19} + H'_7}{5}, \quad (14)$$

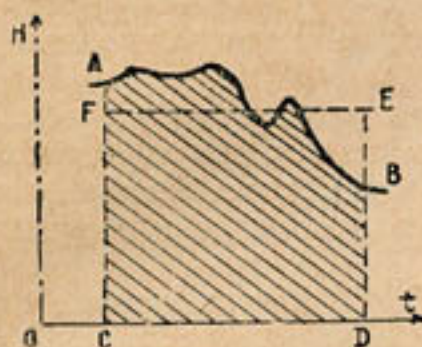
где H'_7 — уровень, наблюденный в 7 час. утра предыдущего дня.

3. При обработке лимниграфных наблюдений прежде всего следует нанести на соответствующих осях шкалу уровней и шкалу времени. Шкала уровней наносится, сообразуясь с имеющимися на каждом листе лимниграммы записями наблюдений по водомерной рейке, установленной у лимниграфа (§ 29); обычно наблюдатель делает эти наблюдения и отметки при смене листов лимниграмм, т. е. имеется по две отметки уровней — в начале и конце листа лимниграммы. Если, например, началу записи лимниграфа отвечает отметка уровня, равная 48 см, то, зная масштаб искажения записей лимниграфа, находят положение горизонтальной линии, отвечающей 50 см, от которой и производят разметку шкалы для всех остальных уровней, например, через каждые 10 см; конечная отметка уровней в этом случае служит для проверки нанесенной шкалы.

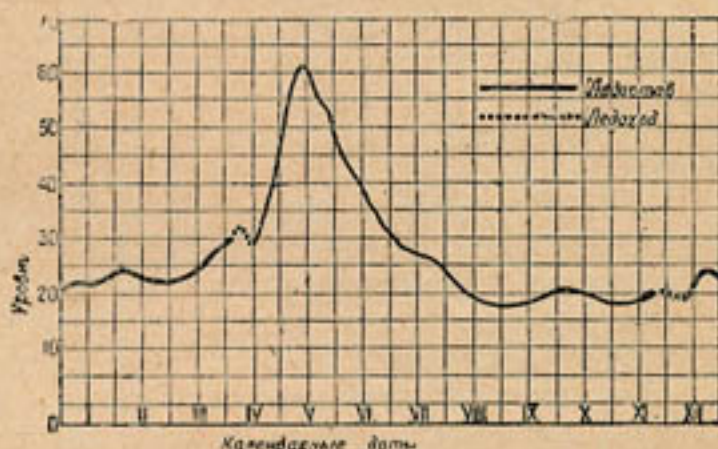
Шкалу времени размечают аналогично вышесказанному относительно шкалы уровней, основываясь на сделанных наблюдателем отметках времени, отвечающего началу и концу записи лимниграфа. При этом, чтобы исключить возможные ошибки в ходе часового механизма лимниграфа, удобно, не считаясь с отвечающим конструкции лимниграфа масштабом времени, определить этот масштаб из разности начальной и конечной отметок времени (поделив эту разность на соответствующее число клеточек клетчатки). По полученной шкале времени удобно выделять проведением вертикальных линий начало и конец

целых суток. Если часовой механизм лимниграфа имеет неверный ход (часы спешат или отстают), что легко обнаружить путем сравнения полученной шкалы времени с показаниями часов лимниграфа, то должны быть приняты меры к немедленному устранению неточности часового механизма лимниграфа (§ 29).

Произведя все вышеописанные работы, можно затем для дальнейших обработок или выбрать из лимниграммы нужные срочные наблюдения, или получить среднесуточные уровни, или уровни средние за иной период. Средние уровни могут быть получены путем планиметрирования площади участка изучаемой длины (за сутки, за несколько дней) и делением этой площади на длину взятого участка.



Фиг. 57. Определение среднего уровня по лимниграмме.



Фиг. 58. Схема построения графика уровней.

Весьма просто среднесуточный уровень (или иной средний уровень) может быть найден при помощи прозрачной пластинки с нанесенной на ней горизонтальной чертой (фиг. 57); черта FE должна разделить кривую уровней так, чтобы площади вверх и вниз от FE были равны.

Следует отметить, что в условиях наших рек в большинстве случаев для дальнейших выводов достаточно подвергать обработке лишь утренние (7-часовые) наблюдения.

4. Далее, рекомендуется производить критическую проверку правильности полученных приведенных данных. Поверка эта может быть лучше всего осуществлена после графического изображения данных наблюдений в виде графиков колебаний уровней или лимниграмм (см. образец — фиг. 58).

Масштаб для лимниграмм (графиков уровней) следует выбирать такой, чтобы чертеж получился достаточно ясным и негромоздким; например, для уровней: в 1 см — 5, 10 или 20 см, для дат: в 1 см — 4, 5 или 10 суток. На графиках уровней обязательно надо обозначать фазы ледохода и ледостава; удобно эти обозначения делать так, как показано на фиг. 58; иначе фазы ледовых явлений можно обозначать такими же условными линиями (жирной и пунктиром), но проводимыми непосредственно вдоль непрерывной линии уровней. В прежних изданиях б. министерства путей сообщения фазы ледохода и ледостава обозначаются сплошной (ледостав) или заштрихованной (ледоход) полосками, наносимыми выше графика уровней горизонтально, на протяжении соответствующих периодов.

Самая поверка может осуществляться разными путями. Внимательным рассмотрением графика колебаний и сопоставлением его с такими же за другие месяцы и годы по данному водомерному посту можно обнаружить наличие в данном графике резких скачков с разрывами или совершенно ровных площадок при отсутствии таковых в других; это обстоятельство при неимении предпосылок к чему-либо подобному в режиме данной реки может указывать на недобросовестность или ошибки наблюдателя. Весьма часто ошибки в наблюдениях можно обнаружить при параллельном сопоставлении графиков нескольких смежных водомерных постов, лежащих на одной реке или даже в соседних близких бассейнах; эти графики в общем зача-

стую обнаруживают вполне параллельный ход изменений уровней; нарушение общей картины в одном из них может также указывать на неправильности.

5. В случае если по некоторым годам имеются пропуски в наблюдениях для отдельных уровней, эти уровни могут быть восполнены по интерполяции между соседними, если только эти пропуски приходятся на периоды с непрерывным одноименным ходом уровней — спадом или подъемом, и если эти пропуски невелики (несколько дней).

Недостающие крайние значения уровней — максимумы и минимумы — могут быть восполнены при наличии наблюдений по смежному или недалеко расположенному водомерному посту путем приводки этих последних наблюдений к показаниям данного водомерного поста с помощью предварительно построенной кривой связи соответственных уровней (§ 51); этой же кривой иногда можно воспользоваться для восстановления длительных пропусков.

6. Проверенные и приведенные к нулю поста уровни переписываются в сводные ведомости, обычно составляемые на готовых бланках, разграфленных так, что на одном бланке помещаются все 12 мес. года; числа месяца обозначены на таких бланках в первом вертикальном ряду, а следующие вертикальные ряды соответствуют последовательно идущим месяцам.

В таких сводных ведомостях имеются обычно внизу результативные строки для среднемесячного уровня, максимального и минимального уровней. Последние можно также выделять в каждом месяце условным подчеркиванием разными цветами, например, максимальные уровни — красным, минимальные — синим, оговаривая эти условные знаки в примечаниях.

Фазы ледохода и ледостава обозначаются в сводных ведомостях обычно так: ледостав — вертикальной сплошной жирной чертой, проводимой параллельно цифрам уровней, измеренных при ледоставе, справа от них; ледоход — так же, но пунктирной линией; сбоку ведомости имеется обычно место как для более детальных замечаний о различных явлениях в жизни реки (например, длительность ледостава, ледохода — осеннего и весеннего), так и для данных о работе и состоянии водомерного поста.

§ 46. Основные обработки для года и для многолетия

Составив сводную ведомость ежедневных уровней, находят далее:

1. Для каждого месяца — среднемесячные и крайние (максимальные и минимальные) уровни; первые находятся суммированием всех уровней за данный месяц и делением результата на число дней в месяце; вторые — путем простой выборки; месячные средние даются в целых сантиметрах после соответствующего округления.

2. Находят те же самые характеристики для отдельных сезонов: а) осень, б) зима, в) весна и г) лето. Сезоны выделяются по климатическим характеристикам района; например, для условий малых рек УССР можно придерживаться разбивки на сезоны, близкой к такой: осень — IX, X, XI, зима — XII, I, II, весна — III, IV, V, лето — VI, VII, VIII; иногда для каждого года лучше эту разбивку производить по характерным признакам для сезонов данного года; во всех случаях необходимо указывать, какие месяцы входят в тот или иной сезон. Разбивка года может быть выполнена также по иным признакам в зависимости от цели обработки; например, можно разделять год на два периода: 1) навигационный и 2) ненавигационный, или на такие: вегетационный и невегетационный.

3. Делением суммы месячных сумм на 365 (в високосном году — на 366) находят среднегодовой уровень, далее находят годовой максимум и минимум. Годовые циклы удобно брать не календарные, а гидрологические, т. е. отвечающие гидрологическому году. За начало гидрологического года обычно принимается переход реки на зимний или осенний режим, округленный до ближайшего начала месяца; в разных районах Союза принимают или 1 сентября, или 1 октября, или 1 ноября, или 1 декабря. Конец гидрологического года берут на последнее число месяца, предшествующего началу года.

ных дат. При этом обработка должна дать характерные выводы как по месяцам, так и для целых лет и сезонов.

Характер возможных обработок виден из следующих примерных табл. 6 и 7 (в обычных обработках сезоны не выделяют).

Табл. 6, таким образом, получается в результате сводки данных, уже вычисленных и выделенных в предыдущей обработке.

Табл. 7 составляется также на основе таблиц предыдущих обработок.

Получаемые по табл. 7 данные носят название:

1) самый низкий уровень за период обработки — абсолютный минимум — $H_{\text{мин. абс}}$;

2) самый высокий уровень — абсолютный максимум — $H_{\text{макс. абс}}$;

3) средний из самых низких (средний минимум) — $H_{\text{мин. средн}}$;

4) средний из самых высоких (средний максимум) — $H_{\text{макс. средн}}$.

Величина ($H_{\text{макс. абс}} - H_{\text{мин. абс}}$) носит название абсолютной амплитуды уровней.

Все среднегодовые характеристики обязательно следует всегда сопровождать указанием того периода, к которому они относятся, например, 1910—1920 гг.

Указанные в табл. 6 и 7 горизонты нужны в целом ряде практических случаев.

Выше, в § 3, упоминалось, что наиболее длительные обработки данных об уровнях изданы в ряде томов «Сведений об уровне воды», начиная с 1881 и кончая 1916 г.; в этом издании кроме таблиц ежедневных уровней и ряда сводных таблиц имеются в виде приложений атласы, содержащие графики колебаний ежедневных уровней за периоды обработок.

§ 47. Повторяемость и продолжительность

1. Следует отметить, что средние значения уровней, находимые как среднеарифметические из соответствующих отдельных значений, не учитывают по своей природе: 1) особенностей в частоте расположения отдельных слагаемых, по которым они получены, и 2) величины и порядка изменений отдельных слагаемых.

Таким образом среднегодовые уровни могут быть одинаковыми при совершенно различном распределении уровней в году.

ТАБЛИЦА 8

Ведомость повторяемости стояния уровней

Река _____ Водност _____ год _____

Уровни в пределах	Число дней стояния в месяцы												Суммы	После-доват. суммы	Обеспеченность
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII			
111—120	—	—	—	—	—	—	3	—	—	—	—	—	3	3	365
121—130	18	11	17	—	—	—	8	—	—	—	—	—	54	57	362
131—140	10	3	5	—	—	—	7	3	—	—	—	—	30	87	308
141—150	3	4	3	—	12	16	5	4	—	—	—	—	47	134	278
151—160	—	3	1	—	14	5	3	24	9	—	—	—	59	193	231
161—170	—	3	2	1	4	6	5	—	2	—	—	—	23	216	172
171—180	—	1	2	2	1	1	—	—	1	—	—	—	8	224	149
181—190	—	3	—	7	—	—	—	—	—	—	—	—	10	234	141
191—200	—	—	—	3	—	—	—	—	—	—	—	15	18	252	131
201—210	—	—	1	8	—	—	—	—	—	4	12	16	41	293	113
211—220	—	—	—	3	—	—	—	—	1	4	12	—	20	313	72
221—230	—	—	—	1	—	—	—	—	5	12	2	—	20	333	52
231—240	—	—	—	2	—	—	—	—	3	5	2	—	12	345	32
241—250	—	—	—	3	—	—	—	—	4	4	2	—	13	358	20
251—260	—	—	—	—	—	—	—	—	5	2	—	—	7	365	7
Итого . . .	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	—	—	—

Это лишает средние величины значения сколько-нибудь самостоятельных исчерпывающих характеристик хода явления.

В связи с указанным в последнее время все большее и большее значение получают характеристики изменений уровней, основанные на подсчетах повторяемости и продолжительности их.

2. Повторяемость, или частота стояния уровней, вычисляется обычно для интервалов в 5 или 10 см; в этом случае уровни, которые укладываются в принятый интервал, обозначают в таблице и на графике значениями уровней, отвечающих середине интервала.

Форма таблиц для вычислений для года дана выше в табл. 8.

Подсчеты ведутся путем выборки соответствующих данных из сводных ведомостей ежедневных уровней.

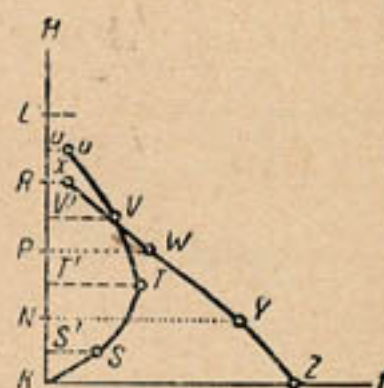
Удобно для подсчетов применять следующий статистический прием:

Составив таблицу с разбивкой высот уровней по интервалам, просматривают уровни по порядку месяцев и отмечают каждый случай против того интервала, куда этот уровень попадает, такими условными знаками: первые четыре случая — четырьмя точками, расставленными по углам квадрата, вторые — проводя по точкам стороны квадратов, и девятый и десятый — проводя диагонали. Тогда каждый десяток будет изображаться полными квадратами с двумя диагоналями, а остающиеся единицы — незаконченной фигурой.

Пример подобных черновых подсчетов дан в табл. 9:

ТАБЛИЦА 9

Интервалы по высоте в см	Число дней стояния уровней	В днях	Последовательн. суммы
	в днях, в условных обозначениях		
700—601	••••	7	7
600—501	••••	6	13
500—401	••••	3	16
400—301	■ ■ ■ ■	27	43
300—201	■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■	56	99



Фиг. 59. Схема построения кривых повторяемости и продолжительности.

Повторяемости для ряда лет вычисляют на основе составленных по образцу табл. 8 ведомостей для отдельных лет в виде сводки этих данных.

Повторяемость лучше вычислять отдельно для летнего периода, т. е. для периода свободной воды и для периода с ледовыми явлениями.

Вычисленные повторяемости стояния уровней для разных их значений (или интервалов) удобно изображать графически. Для этого на оси ординат откладывают высоту уровней, а на оси абсцисс — число соответствующих дней, в течение которых эти уровни держались. Так (фиг. 59), если уровни в пределах $K—N$ (середина интервала — S') держались $S'—S$ суток, уровни в пределах $N—P$ (середина интервала T') держались $T'—T$ суток, а уровни в пределах $P—R$ (середина интервала V') $V'—V$ суток, то кривой повторяемости (или частоты) уровней будет кривая $KSTVU$.

3. Кривая (или таблица) продолжительности (или обеспеченности) получается из кривой повторяемости путем последовательного суммирования числа дней, отвечающих последовательно взятым в нисходящем порядке интервалам кривой повторяемости (см. последнюю графу табл. 9); понятно, что если в таблице повторяемости уровни расположены в возрастающем порядке (как в табл. 8), то для вычисления обеспеченности нужно производить последовательное суммирование с низу вверх, или (что то же самое), если выполнено суммирование сверху, находить обеспеченности путем вычитания полученных последовательных сумм из общего числа дней для всего периода

поезда из контейнеров 0,6 чел.-ч; на развозку и расстановку контейнеров в устьях дрен — 2,7 чел.-ч; на укладку труб в траншею — 132 чел.-ч.

В настоящее время складные металлические пакеты успешно используют для транспортировки керамических дренажных труб диаметром 50—150 мм железнодорожным и автомобильным транспортом от завода-изготовителя до экскаватора-дреноукладчика.

Металлический складной пакет состоит из жесткого основания, выполненного из четырех уголков, приваренных к двум опорам; двух торцовых стенок из уголка, шарнирно закрепленных на основании; двух боковых стенок из круглой стали, складывающихся пополам и шарнирно закрепленных на основании; верхнего разъемного хомута из круглой стали.

Боковые стенки порожних пакетов складывают, торцовые стенки поворачивают на шарнирах и укладывают на основание.

Перевозка керамических дренажных труб в металлических складных пакетах позволяет сократить потери труб от механических повреждений с 36 до 2 %, повысить производительность труда на погрузочно-разгрузочных операциях в 6—7 раз, увеличить загрузку железнодорожных полувагонов с 45 до 90 %, а автомобильного транспорта — до 100 %.

Кроме того, в сложенном состоянии пакет имеет малый объем, и его можно использовать длительное время.

Экономический эффект от применения комплексной механизации перевозки керамических труб (пакет, кассета, погрузочно-разгрузочные приспособления) от завода-изготовителя до экскаватора-трубоукладчика при строительстве закрытого дренажа составляет примерно 85 р. на 1 га мелиорируемых земель.

Литовские мелиораторы успешно применяют комплект технологического оборудования типа К-37, который обеспечивает цикл погрузочно-транспортных операций. В состав комплекта входят (рис. 12) гидродъемник на тракторе класса тяги 60 кН, тракторные сани, ручные специальные захваты.

Для доставки труб от приобъектного склада до места укладки разработчики рекомендуют внедрять указанное оборудование в два этапа. Первый этап предполагает развозку и раскладку труб по трассам будущих дрен

**Техническая характеристика контейнера-пакета
на 300 труб диаметром 50 мм**

Габариты, мм:			
в рабочем положении —			
длина			905
ширина			760
высота			880
в транспортном положении —			
длина			905
ширина			760
высота			250
Масса пакета, кг:			
порожного			49
загруженного	трубами	диаметром	500
50 мм			
Объем, м ³			0,52

и после разгрузки — доставку пустых контейнеров на приобъектный склад. Затем по мере оснащения мелиоративно-строительных организаций подъемно-транспортным оборудованием подлежит реализации второй этап, при котором по трассам дрен резервные контейнеры расставляются с таким расчетом, чтобы обеспечить бесперебойную работу бригады.

Основные требования к конструкции и параметрам комплекта технического оборудования следующие. Деревянный контейнер должен составлять единый комплект с погрузочно-транспортными механизмами. Его габариты должны отвечать условиям транспортировки авто- и железнодорожным транспортом (в 1—2 яруса): длина 1,25 м, высота 1,15 м, ширина 0,7 м, вместимость контейнера 506—511 труб диаметром 50 мм; прочность должна отвечать условиям механизации погрузки и разгрузки, для чего к поддону при помощи металлических узлов крепятся боковины, что увеличивает жесткость конструкции и ее прочностные показатели.

Оборудование К-37 комплектуется сменным погрузочно-разгрузочным механизмом К-37-1, прицепом К-37-2 и контейнером К-37-3.

Сменный погрузочно-разгрузочный механизм К-37-1 агрегатируется с трактором ДТ-75Б и предназначен для погрузки контейнеров с керамическими дренажными трубами на прицеп. В случае необходимости может быть использован и для разгрузки контейнеров с транспортных средств на мелиоративном объекте; керамические дренажные трубы развозят по трассам будущих дренажных линий в контейнерах К-37-3 на прицепе К-37-2.

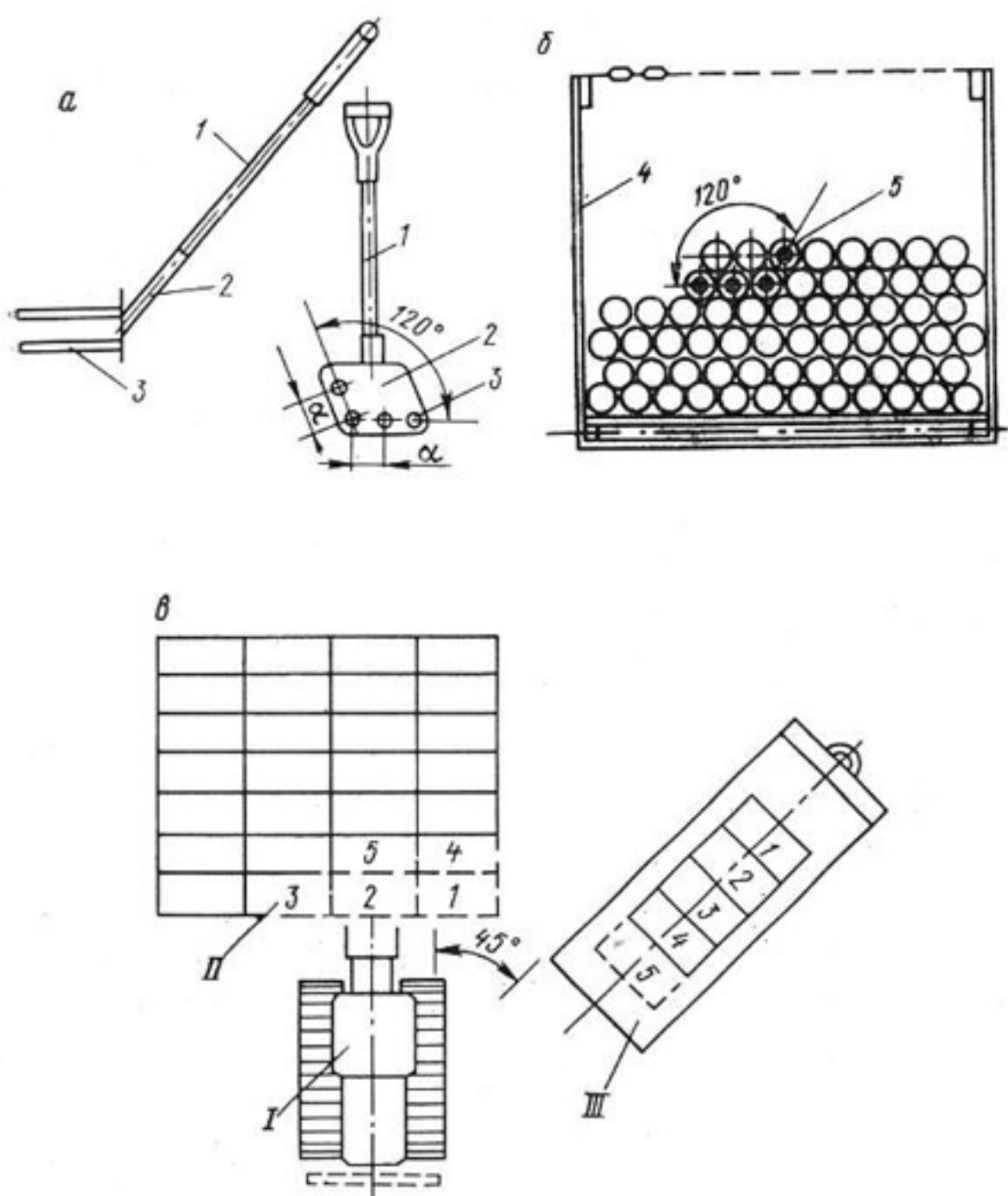


Рис. 12. Схемы погрузки контейнеров и технологической оснастки для перемещения труб:

а — захват; *б* — контейнер с трубами; *в* — схема погрузки контейнеров; *1* — рукоять; *2* — держатель; *3* — палец; *4* — контейнер; *5* — положение пальцев захвата при съеме труб; *1* — бульдозер с гидropодъемником; *II* — контейнеры; *III* — тракторная волокуша

На объектах строительства Главдальводстроя при устройстве дренажа освоено применение металлических контейнеров КД-3 складных, многократного пользования, вместимостью 320—340 керамических труб диаметром 50 мм, масса контейнера с грузом 447—471 кг. Контейнеры погружаются на специальную дренажную пэну

Техническая характеристика комплекта К-37

Сменное погрузочно-разгрузочное оборудование К-37-1

Тип	Навесной
Управление	Гидравлическое
Грузоподъемность, кН	До 8
Высота подъема, м	1,5
Рабочая скорость, км/ч	До 2,2
Габариты (с трактором), мм:	
длина	До 7000
ширина	По трактору
высота	До 3200
Масса, кг	260

Прицеп К-37-2

Габариты, мм:	
длина	5000
ширина	2000
высота	1200
Масса, кг	1050

Контейнер К-37-3

Габариты, мм:	
длина	1250
ширина	700
высота	1150
Масса, кг	55
Обслуживающий персонал, чел.	3

специальным гидрокраном на тракторе-тягаче ДТ-75Б. При этом их устанавливают в два ряда по ширине металлического листа и в три ряда по его длине, причем крайние контейнеры устанавливают сетками наружу. Емкость с пластмассовыми муфтами или рулонным ЗФМ устанавливают на лист вручную. После доставки контейнеров к ЭТЦ-202А они перегружаются на специальную гидравлическую навеску, агрегатируемую с экскаватором-дреноукладчиком. Затем трубоукладчик укладывает трубы на лоток, по которому они спускаются на дно траншеи. В случае применения соединительных муфт их вначале вставляют в зачищенный торец керамической трубы.

Технологическая схема транспортировки керамических труб до экскаватора-дреноукладчика показана на рис. 13.

Мелиораторами Литвы освоено специальное оборудование типа «Рокай» для транспортировки контейнеров от приобъектного склада и развозки керамических труб вдоль трасс дрен.

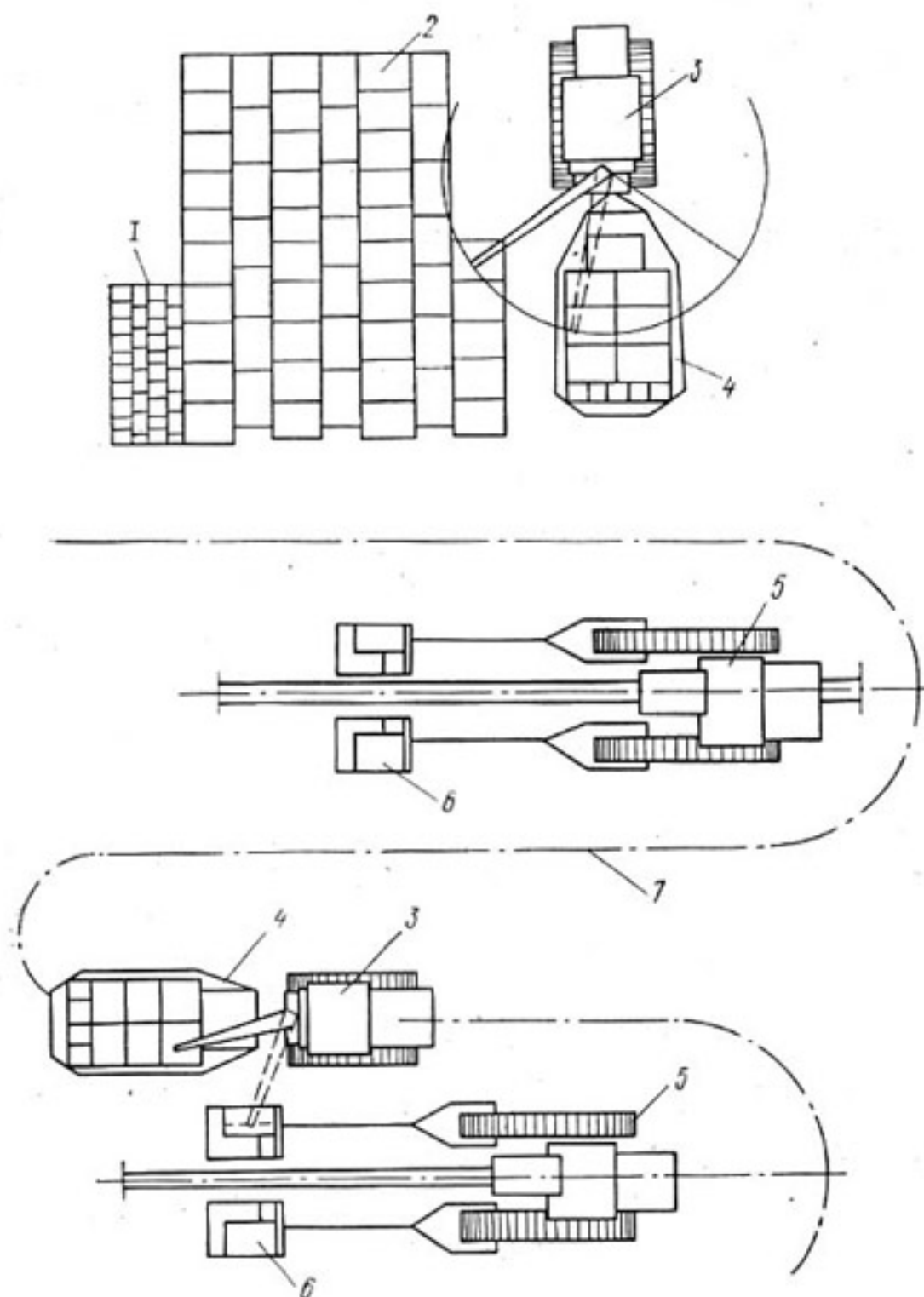


Рис. 13. Схема (план) доставки керамических труб и пластмассовых муфт от приобъектного склада до экскаватора-дреноукладчика ЭТЦ-202А:

1 — емкости с муфтами; 2 — контейнеры с керамическими трубками; 3 — трактор с гидроподъемником; 4 — тракторная волокуша; 5 — дреноукладчик ЭТЦ-202А; 6 — прицепные лыжи; 7 — путь движения транспортного поезда

Технология работ с применением этого оборудования заключается в следующем. Бульдозер со специальной навеской подъезжает к контейнеру, рабочий вставляет захват в поддон контейнера. Тракторист-бульдозерист поднимает контейнер, подъезжает к металлическому

листу (пэне) и ставит на него 5—6 контейнеров. Затем он, не выходя из кабины, подсоединяет пэну к бульдозеру и транспортирует ее к дренажным трассам. При этом бульдозер останавливается через каждые 10 м, и рабочий-трубоукладчик с помощью специальных захватов достает дренажные трубы из контейнера, раскладывая их вдоль трассы. Разгрузочные контейнеры доставляются обратно на приобъектный склад. Основные технологические показатели работы указанного оборудования при условии доставки к дренам керамических труб диаметром 50 мм следующие:

Количество контейнеров типа «Рокай» на пэне, шт.	6
Продолжительность цикла при расстоянии транспортировки до 1 км, мин	120
Производительность за смену, км	4,0
Обслуживаемые экскаваторы-дреноукладчики, шт.	4—5

Поточно-комплексный метод производства мелиоративных работ. Наиболее совершенной формой организации производства на современном этапе является поточный метод, представляющий собой механизированный непрерывный и взаимоувязанный процесс выполнения технологических операций. Применение этого метода в организации мелиоративного строительства позволяет наиболее рационально использовать людские и материально-технические ресурсы, способствует равномерной загрузке строительных организаций, сокращает продолжительность строительства, обеспечивает четкий ритм сдачи объектов мелиорации в сельскохозяйственное использование.

Организация мелиоративно-строительных работ на основе поточных методов предусматривает разработку структуры потока; расчленение строительного процесса на составные, частные процессы; концентрацию и одновременное выполнение всех видов работ в технологической последовательности для определения периода строительства специализированными бригадами (звеньями); непрерывность производства и очередность работы бригад на пусковых комплексах.

Для такой организации мелиоративно-строительных работ необходимо решение следующих вопросов: расчет фонда рабочего времени основных мелиоративных машин, необходимый для обоснования возможности круглогодичного строительства; обоснование для каждой мелио-

ративно-строительной организации зоны сроков начала и окончания основного (весенне-летнего) и задельного (осенне-зимнего) периодов строительства; четкое разграничение и точное выполнение технологии мелиоративных работ на объектах строительства по периодам года; планирование работ мелиоративно-строительных организаций на период не менее чем два года с учетом подготовительных (задельных) работ на объектах мелиорации.

Разработка способов поточного строительства в мелиоративных и водохозяйственных организациях должна начинаться с определения структуры комплексного потока, а также числа формирующих его объектных потоков. Структура комплексного потока определяется на основе детального изучения особенностей и состава работ на объектах строительства. Вся годовая производственная программа включается в комплексный поток, состоящий из ряда параллельных специализированных потоков, каждый из которых объединяет группу однородных объектов.

Структура комплексного потока служит основой для определения структуры мелиоративно-строительной организации (ПМК), количества строительных участков и специализированных бригад.

Применительно к мелиоративному строительству потоки классифицируются по структуре, характеру развития и продолжительности строительства (табл. 18).

Объекты строительства делятся на пусковые комплексы, количество которых бывает обычно больше числа специализированных бригад, участвующих в работе, что позволяет бригадам работать последовательно, сменяя друг друга. Такой порядок работы на 4—6 объектах строительства приводит к тому, что через определенный промежуток времени (период развертывания потока) все бригады одновременно будут участвовать в работе на различных пусковых комплексах, переходя с одного на другой через промежутки времени, обеспечивающие ритмичную непрерывную работу.

Важный момент в мелиоративном строительстве — определение сроков завершения работ, т. е. производственной программы сдачи площадей текущего года и переход на выполнение задельных работ по программе будущего года.

18. Классификация потока при производстве мелиоративно-строительных работ

Разновидность потоков	Тип потока	Характеристика строительных потоков
По структуре и виду строительной продукции	Частный	Один рабочий процесс или группа, непрерывно выполняемые специализированной бригадой или звеном (отрывка сечений каналов, укрепление каналов, развозка конструкций, материалов и т. д.)
	Специализированный	Совокупность частных потоков, объединение единой схемой параметров (строительство открытой сети, строительство закрытого дренажа, сооружений)
	Объектный	Совокупность технологически связанных специализированных потоков, выходом которых являются законченные мелиоративные объекты
	Комплексный	Совокупность организационно связанных объектных потоков, строительной продукцией которых являются все объекты мелиоративно-строительного строительства, включенные в производственный план мелиоративно-строительной организации
По характеру развития	Равноритмичный	Предусматривает равную продолжительность выполнения работ на каждом пусковом комплексе, объекте, т. е. все составляющие частные потоки имеют единый ритм
	Неритмичный	Частные потоки не имеют постоянного ритма вследствие разных видов работ на пусковом комплексе, объекте
По продолжительности	Краткосрочный	Организуются при строительстве одного или группы объектов в течение короткого периода времени (до года)
	Долгосрочный	Действует длительное время и охватывает всю программу работ, выполняемую мелиоративно-строительной организацией

Такой период наступает в середине осени и определяется сроком, когда почва достигает полной влагоемкости. Объекты, сдаваемые в этот период, имеют недостатки, и, как правило, их приходится устранять в следующем году.

Время насыщения верхних горизонтов почвы избыточной водой и глубину промерзания в каждом конкрет-

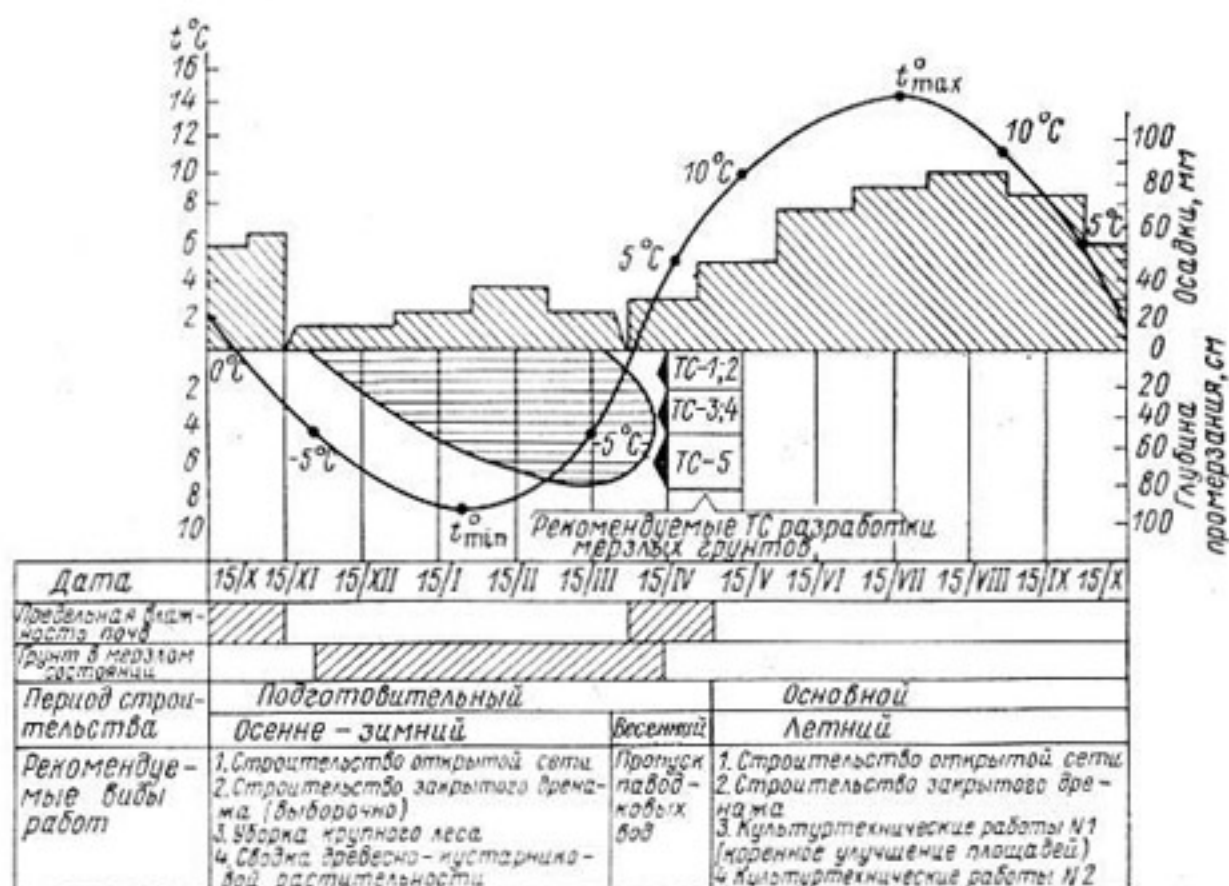


Рис. 14. Мелиоративно-строительный график

ном случае можно определять по графику природно-климатических параметров, который составляется для каждого характерного объекта строительства по данным ближайших метеорологических станций (рис. 14). Этот график используется при детальной разработке проектов организации с учетом производства работ в осенне-зимнее время и служит обоснованием для выбора рациональных технологических схем производства дренажных работ.

Организация мелиоративного строительства на основе поточного метода предполагает равномерную кругло-годовую загрузку мелиоративно-строительных организаций, что имеет большое значение для закрепления квалифицированных кадров, более полной загрузки строительных машин и механизмов.

Качество мелиоративных систем, построенных в сложных гидрогеологических условиях, зависит от соблюдения проектных решений и технологических требований. При этом важное значение имеет инженерная подготовка строительства (КИП), когда создается техническая, материальная и организационная база на объектах мелиорации.

Инженерная подготовка включает распределение объектов строительства по группам сложности; установление очередности производства работ в осенне-зимний и весенне-летний периоды; формирование специализированных бригад, за которыми закрепляются конкретные работы по периодам строительства; изучение технологических особенностей строительства в сложных гидрогеологических условиях с учетом зимнего периода производства работ; составление графиков поставки техники, оборудования, материалов.

Поточный метод производства работ широко применяется в мелиоративно-строительных организациях Главнечерноземводстроя. Так, в объединении Ленмелиорация ежегодно на базе поточного метода осуществляется строительство систем на площади до 15 тыс. га. Это позволило значительно улучшить технико-экономические показатели передвижных механизированных колонн, снизить себестоимость строительно-монтажных работ и улучшить качество строительства.

Освоение поточных методов положительно сказывается на ритмичности работы мелиоративно-строительных организаций, что проявляется в ежегодном увеличении объемов строительства закрытого дренажа в осенне-зимний период, а также в более равномерном вводе мелиорируемых земель начиная с мая. В мае вводится в эксплуатацию 10 % мелиорируемых земель (от годового плана), в июне — 16 %, июле — 18 %, августе — 22 %, сентябре — 20 %, октябре — 14 %.

Важным для мелиоративного строительства зоны является определение сроков окончания основных работ — программы сдачи площадей в текущем году и переход к выполнению работ по программе следующего года. Такой переход определяется сроком насыщения почвы влагой до полной влагоемкости в результате выпадения осадков в осенний период.

Анализ природно-климатических условий области (района), где ведется строительство, позволяет установить для конкретного района целесообразные сроки окончания производства основных видов работ. Например, окультуривание земель в Ленинградской области после октября нецелесообразно. Значит, в октябре должен заканчиваться и начинаться мелиоративный год, т. е. к этому сроку необходимо подготовить техническую

документацию по годовой программе мелиоративно-строительных работ для следующего года.

В мелиоративном строительстве необходимо различать подготовительный (осенне-зимний) и основной (весенне-летний) периоды.

В подготовительный период убирают крупный лес с объектов и сводят лесокустарниковую растительность, прокладывают основную открытую осушительную сеть. Открытую и закрытую осушительные сети в этот период строят по обычной технологии при промерзании грунта на 7—10 см (условно 15/XII—1/I), после января — с применением предварительного рыхления мерзлого слоя.

В период весенней распутицы (условно 15/III—15/IV) часть трудовых и материальных ресурсов целесообразно переключить на уборку лесокустарниковой растительности, собранной в зимнее время в валы и кучи, а также для обеспечения пропуска паводковых вод.

После прохождения паводковых вод (условно с 1/V) начинается основной период строительства, т. е. период планомерной подготовки объектов (пусковых комплексов) к сдаче в эксплуатацию.

3. СРЕДСТВА МЕХАНИЗАЦИИ И СПОСОБЫ ПРОИЗВОДСТВА ДРЕНАЖНЫХ РАБОТ

3.1. Дреноукладочные машины и технологическое оборудование

Для прокладки дренажных трубопроводов в Нечерноземной зоне РСФСР используются серийно выпускаемые производственным объединением «Таллэкс» траншейные экскаваторы-дреноукладчики типоразмера ЭТЦ-202А, которыми выполняется около 90 % всего объема дренажных работ. С 1976 г. в Ленинградской и в ряде других областей Нечерноземной зоны начато широкое опытно-производственное освоение бестраншейного дреноукладочного комплекса МД-4, МД-5, который предназначен для прокладки пластмассовых дренажных труб на глубину до 1,8 м. В настоящее время осуществляется производственное освоение экскаватора-дреноукладчика ЭТЦ-206, предназначенного для прокладки дренажа в мерзлых грунтах при глубине промерзания

до 100 см. Освоен серийный выпуск траншейных цепных экскаваторов типа ЭТЦ-208 для отрывки дренажных выемок в мерзлых и особо прочных грунтах.

В некоторых районах нашей страны мелиоративно-строительные организации ведут укладку дренажа в зимний период узкотраншейным способом, переоборудуя для этих целей дреноукладчик ЭТЦ-202А. Это направление характерно для Главдальводстроя, где применяют сменное оборудование к цепному траншеекопателью ДГП-ЗУМ, у которого ширина открытия траншеи составляет 0,3 м.

Для дренажных работ в зимний период целесообразно применение специализированных экскаваторов-дреноукладчиков для укладки траншейным способом дренажных керамических и пластмассовых труб по однопроходной технологии. По этой технологии начато использование модернизированных дреноукладчиков с узкотраншейным цепным рабочим органом. По двухпроходной технологии применяются щелерезные и скребково-роторные машины в комплексе с дреноукладчиком ЭТЦ-202А.

Мелиоративный экскаватор-дреноукладчик ЭТЦ-202А (рис. 15) предназначен для рытья траншей в талых грунтах до III категории включительно, содержащих отдельные твердые включения размером до 350 мм, с выдерживанием заданного уклона дна траншеи по копирному тросу и с полумеханизированной укладкой керамических и пластмассовых (в бухте) дренажных труб с одновременной обкладкой их ленточным фильтрующим материалом. Может выполнять работы на подъемах и спусках с уклоном до 10° , на косогорах с наклоном до 5° и преодолевает в транспортном положении подъемы до 15° , косогоры до 7° . При наличии местных неровностей высотой свыше 15 см, продольного уклона свыше 5° , поперечного уклона свыше 3° , а также твердых включений точность выдерживания заданного уклона дна траншеи не обеспечивается.

Результаты анализа производственного цикла по основным технологическим показателям при использовании дреноукладчика ЭТЦ-202А показывают, что ряд операций недостаточно механизирован, а по точности и уровню качества не всегда отвечает предъявляемым требованиям (табл. 19).

При прокладке дрен ЭТЦ-202А применяется копир-

Техническая характеристика экскаватора ЭТЦ-202А

Размер отрывной траншеи, м:	
глубина — гарантированная	2,0
наибольшая	2,3
ширина	0,5
Обеспечиваемый уклон дна траншеи	0,2—0,002
Регулирование системы выдерживания уклона	Автоматическое и ручное
Скорость проходки траншеи наибольшего сечения, м/ч	Не менее 80
Транспортная скорость экскаватора, км/ч	1,0—4,45
Габариты в транспортном положении, мм:	
длина	11500
ширина	2700
Ширина по гусеницам, мм	2480
Масса экскаватора (без заправки), т	10,6
Среднее давление на грунт, МПа	0,33
Число ковшей	12
Вместимость ковшей, л	23

ная система регулирования точности продольных уклонов. Для этой цели используется копирный трос. Его навешивают на специальные упоры (штанги). Упоры устанавливаются вдоль пикетов, размещенных через 10—15 м друг от друга.

Для сокращения количества упоров при натяжении копирного троса применяется задатчик положения рабочего органа машин — люнет, разработанный ВНИИ-водполимером. Люнет регулирует высотное положение рабочего органа, служит для предотвращения ошибок из-за провисания троса при увеличении расстояния между его упорами. Принцип действия люнета заключается в воздействии на копирный трос силой, равной по величине и обратной по направлению суммам сил, вызывающим его провисание. Этим достигается устранение провисания в данной точке.

Техническая характеристика люнета

Вылет подъема рычага, мм	2800
Масса противовеса, кг	14
Допускаемый интервал перемещений рабочего органа (конца подъемного рычага), м:	
по высоте	2
в плане	1,4
Точность отрывки траншей экскаватором ЭТЦ-202А при работе люнетом (при отсутствии помех), см:	
при длине пролета —	
до 40—60 м	±2
60—100 м	±3
Масса люнета в сборе не более, кг	35

19. Характеристика производственных операций, выполняемых ЭТЦ-202А

Перечень операций	Способ выполнения операции	Возможные отклонения по точности
Подача труб на спускной лоток	Операция выполняется вручную. Эргономические требования к рабочей зоне оператора полностью не выдерживаются	—
Передвижение труб по направляющим спускного лотка	Исправление дефектов выполняется вручную	Имеют место потеря устойчивости и распадение столба труб под действием вибрации или толчков от заклинивания трубоукладчика
Формирование труб на дне траншеи	Регулирование положения концевой части лотка по высоте выполняется вручную, операция трудоемкая	Нарушается точность центровки и сдвиг труб в плоскости торцов на точке схода лотка, часты смещения труб обрушивающимся или оплывающим грунтом
Обертка (обкладка) дрен ЗФМ: рулонными стеклохолстами типа ВВ-Г, ВВ-М и др.	Правки и исправления дефектов осуществляются вручную	Наблюдаются уводы подстилающей ленты от продольной оси трубопровода, обрывы ленты ЗФМ
Первичная присыпка труб слоем гумусного почвогрунта	Выполняется вручную, пригрузка дренажных линий осуществляется крупными глыбами грунта	Дренажная линия иногда покрывается слоем грунта неравномерно по высоте; образуются крупные поры в присыпке

При использовании люнета расстояние можно увеличивать до 30—40 м (рис. 16). Высоту упоров на каждом пикете рассчитывают по формуле $h_y = H_0 - h_{тр}$, где H_0 — расстояние от дна траншеи до конца штатива (постоянная экскаватора); $h_{тр}$ — проектная глубина траншеи на данном пикете.

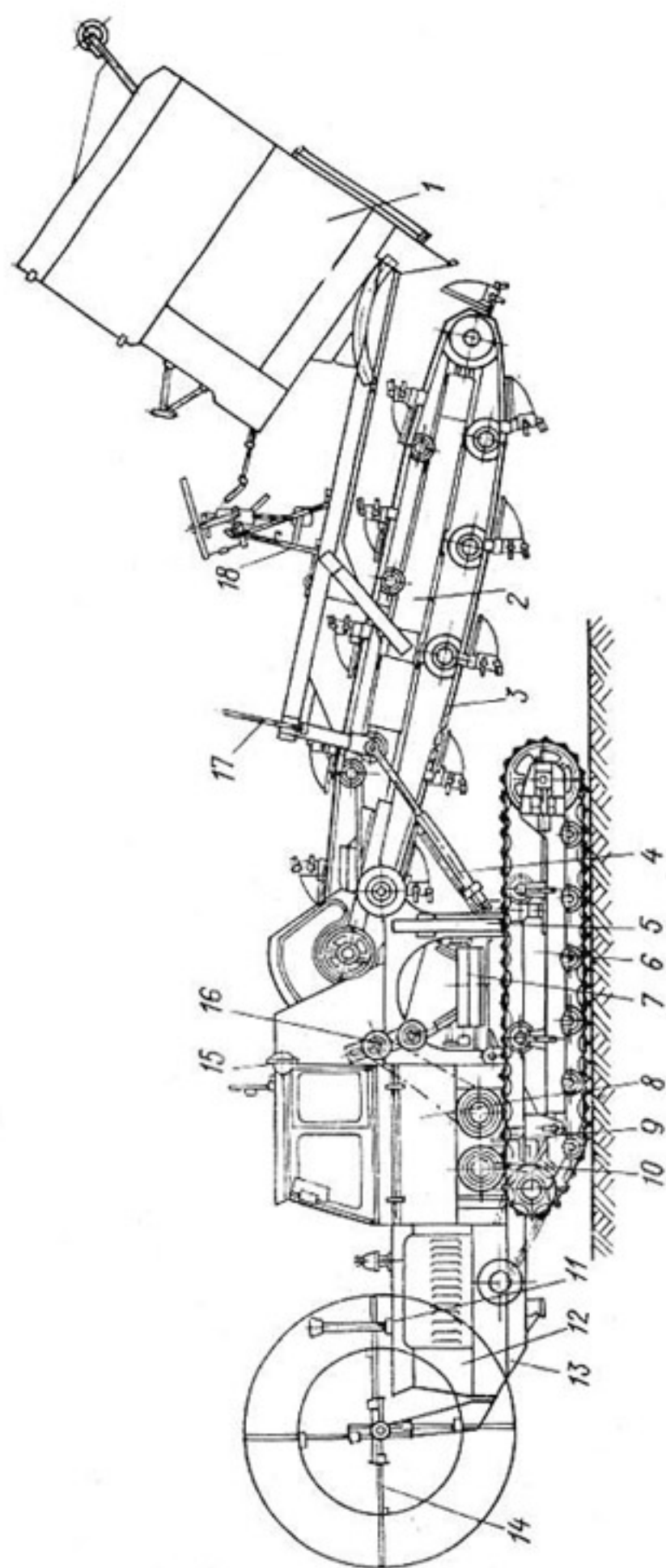


Рис. 15. Экскаватор-дреноукладчик ЭТЦ-202А:

1 — трубоукладчик; 2 — рама рабочего органа; 3 — конвоная цепь; 4 — гидросистема; 5 — шланг; 6 — рама гусеничного хода; 7 — конвейер; 8 — кабина; 9 — гусеничная цепь; 10 — бортовой фрикцион; 11 — валок; 12 — двигатель; 13 — рама экскаватора; 14 — барабан для пластмассовых труб; 15 — электрооборудование; 16 — привод рабочего органа; 17 — направляющее кольцо для пластмассовых труб; 18 — датчик

После закрепления упоров приступают к отрывке траншеи экскаватором-дреноукладчиком вдоль оси дренажной трассы.

Когда рабочий орган экскаватора опустится на заданную глубину и будет отрыта траншея на определенную длину, укладывают трубку, соединяющую дрена с коллектором. При этом возле коллектора закрепляют свободный конец подстилающего материала. После присоединения первой трубки к коллектору к ней подводят по лотку другие трубки, спуская их по направляющему лотку трубоукладчика. Затем закрепляют в начале дрены свободный конец верхней покрывающей ленты. Чтобы покрывающая лента ЗФМ не приподнималась, ее присыпают слоем грунта.

Для того чтобы исключить сбой труб в точке схода лотка экскаватора ЭТЦ-202А, необходимо правильно отрегулировать спускной лоток трубоукладчика (рис. 17). При смещении трубок вниз относительно друг друга необходимо приподнять лоток трубоукладчика и повернуть его нижнюю часть в направлении основания траншеи. Если трубки смещаются вверх, то, наоборот, лоток следует опустить и развернуть его нижнюю часть вниз в направлении от основания траншеи.

При использовании стеклохолста низкого качества снимают сиденье для трубоукладчика и переставляют спускной лоток в нижнее положение. Степень прижатия подстилающей ленты регулируют болтами в нижней части лотка, а покрывающей ленты — тросом. Если дренажные работы ведутся в неустойчивых или обрушающихся грунтах, то сиденье снимают, а резиновый прижимной ролик переставляют внутрь трубоукладчика. Днище очистителя должно находиться на одном уровне с лыжей, а не с лотком. В противном случае днище очистителя перемещают специальными болтами, расположенными в регулировочных отверстиях верхнего кронштейна трубоукладчика. При работе на легких грунтах заднюю часть днища трубоукладчика приподнимают, а в других случаях ее опускают.

Нормальное усилие щупа следящей системы на копином тросе принимается равным 1,5—3,0 Н. Если оно не соответствует указанным значениям, его регулируют противовесом, согласно инструкции по эксплуатации ЭТЦ-202А.

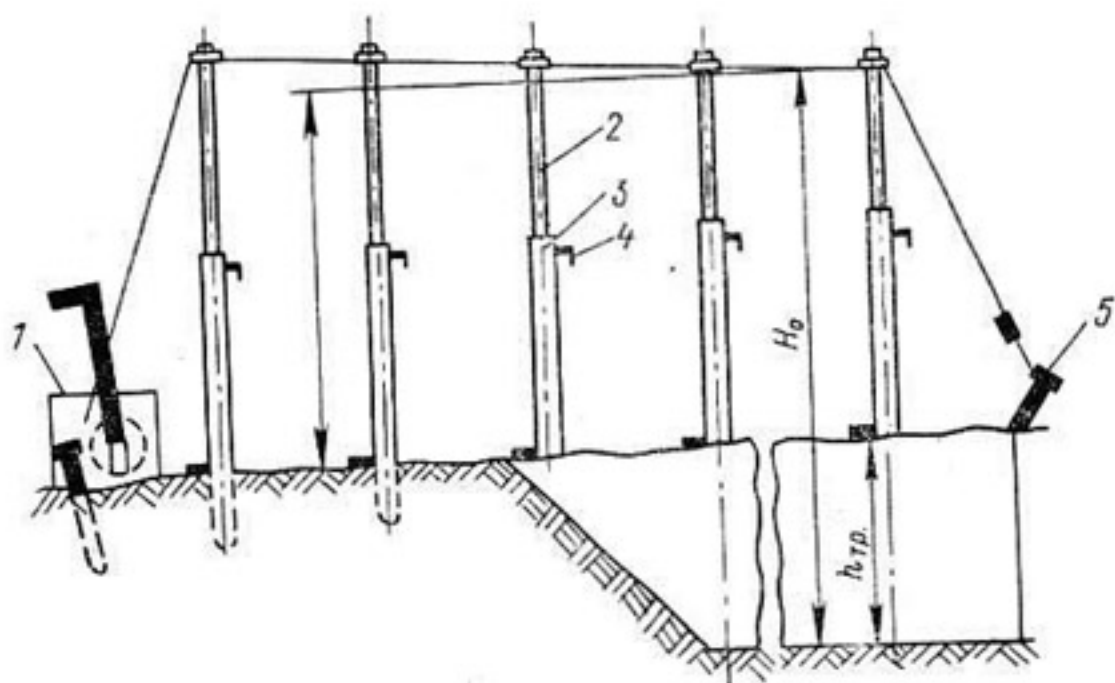


Рис. 16. Схема установки копирного троса на фиксирующие упоры (штанги):

1 — натяжная лебедка; 2 — выдвижной штырь; 3 — направляющие трубки; 4 — захват; 5 — опорный якорь

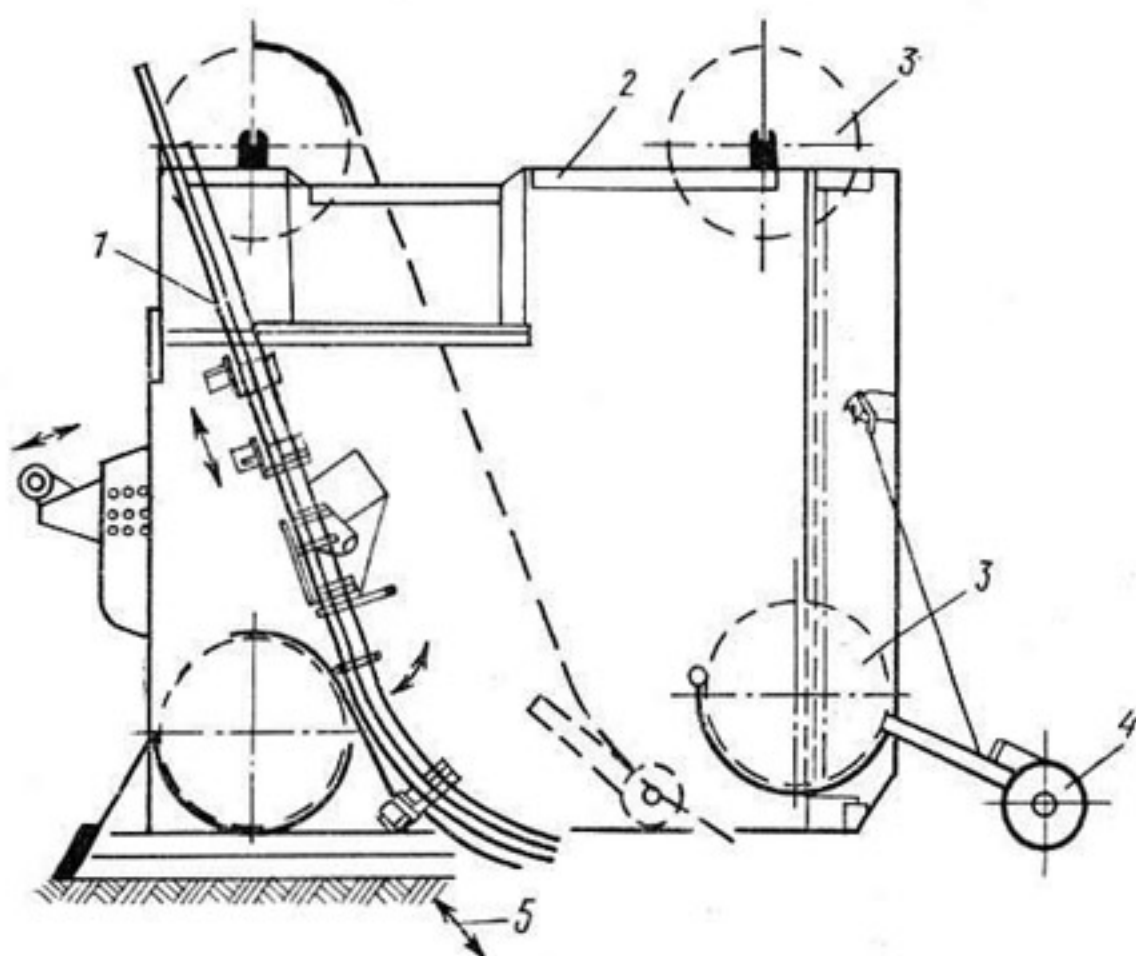


Рис. 17. Трубоукладчик экскаватора-дреноукладчика ЭТЦ-202А:

1 — спускной прутковый лоток; 2 — бункер трубоукладчика; 3 — места установки бобины с рулонным защитно-фильтрующим материалом; 4 — прижимной ролик; 5 — направление регулировки узлов трубоукладчика

В передней части рамы экскаватора установлен барабан для размещения пластмассовых дренажных труб, подлежащих укладке в открытую траншею по мере продвижения экскаватора.

Для спуска на дно траншей керамических или пластмассовых дренажных труб в конструкции экскаватора предусмотрен трубоукладчик, выполненный в виде сварной кассеты, внутри которой закреплен наклонный прутковый лоток. Предусмотрена возможность обкладки дренажных труб одной или двумя лентами фильтрующего материала. Одну ленту (подстилочную) укладывают на дно траншеи под дренажные трубы, другую (покрывающую) — сверху.

Ручное и автоматическое регулирование глубины копания производится боковыми гидроцилиндрами рабочего органа при плавающем положении гидроцилиндра трубоукладчика с принудительным заглублением рабочего органа или при плавающем положении гидроцилиндров рабочего органа — гидроцилиндра трубоукладчика — без принудительного заглубления. Возможно одновременное регулирование гидроцилиндрами рабочего органа и трубоукладчика с принудительным заглублением рабочего органа.

В последнее время освоен лазерный указатель проектного уклона, предназначенный для автоматической выдачи команд управления положением рабочего органа землеройной машины по высоте. Лазерный указатель состоит из излучателя, фотоприемного устройства в виде фоточувствительной головки (ФЧГ) и блока выработки команд управления (БВК) на электрогидравлическую систему машины. Фотоприемное устройство устанавливается на экскаватор ЭТЦ-202А с помощью специальных приспособлений и узлов. Дальность задания уклона лазерным излучателем — 500 м, угол развортки луча в плане — 45° при диапазоне регулировки угла наклона луча 0,0005.

Перед началом работы дреноукладчика лазерный указатель устанавливается в 30 м от начала траншеи на расстоянии 40 см слева от ее оси. Луч ориентируют параллельно проектному уклону дрены. На трубу коллектора в точке соединения его с дренажной трубой устанавливают фоторейку с отметками коэффициентов экскаватора. Рукояткой высотной регулировки ось визирной трубы излучателя совмещают с ближайшей отметкой коэффи-

циента экскаватора и устанавливают ФЧГ в расчетное положение. При включении излучателя и БВК рабочий орган экскаватора автоматически заглубляется на расчетную глубину. Дальнейшая отрывка траншеи на заданную глубину регулируется автоматически с помощью электрогидравлической системы экскаватора, управляемой лазерным указателем. Контроль уклона уложенных коллекторов и дрен может производиться как обычным методом с помощью нивелира, так и при помощи фоторейки и лазерного луча.

Технология строительства дренажа дреноукладчиком ЭТЦ-202А с лазерным указателем проверена и отработана в производственных условиях на мелиоративных объектах ПО Рязаньмелиорация. Испытания показали надежную работоспособность системы управления в различных эксплуатационных условиях (в том числе в зимнее время) и высокую точность укладки дрен с местными отклонениями в пределах 1—3 см. При этом отмечается снижение трудоемкости работ по разбивке дренажной сети, установке копирной линии, в особенности зимой, а также повышение точности и качества строительства дренажа.

Для регулирования продольных уклонов дрен и оперативного контроля качества прокладки дренажных трубопроводов при бестраншейном строительстве дренажа может быть использован прибор типа ПУЛ-Н, в котором нашел дальнейшее развитие принцип использования оптического луча для управления различными машинами и контроля прямолинейности. Прибор отличается от предшествующих образцов тем, что его прожектор представляет собой насадку на серийный теодолит или нивелир и не требует каких-либо механизмов для ориентации и точной наводки.

Комплект ПУЛ-Н состоит из следующих основных частей: прожектора, который насаживается на визирную трубку теодолита или нивелира; измерительной насадки на прожектор, применяемой в тех случаях, когда требуется измерять отклонения приемной части от оси луча; приемной части, устанавливаемой на рабочем органе управляемой машины; пульта управления прожектором — преобразователя; источника питания прожектора — аккумулятора или батареи из 4 элементов 373.

Прибор ПУЛ-Н может быть настроен (отфокусирован объектив прожектора) на два диапазона работы: до 50 м — с погрешностью до 0,01 мм и до 250 м — с погрешностью до 2 мм. Он имеет массу 0,3 кг и потребляет 1,5 Вт. При испытаниях на местности дал следующие результаты:

Дальность, м	50	100	150	200	250
Чувствительность	0,3	1,3	2,2	3,3	4,25

Механизированная обертка дренажных труб рулонными ЗФМ может осуществляться сменным устройством (разработано ВНИИводполимером) к экскаватору-дреноукладчику ЭТЦ-202А. Трубы обертываются одной лентой ЗФМ по всему периметру с образованием продольного шва. Устройство устанавливается на выходе спускного лотка из трубоукладчика (рис. 18).

Устройство состоит из основания, на котором шарнирно закреплены два формователя, соединенные между собой пружиной. Основание шарнирно прикреплено к днищу ящика-трубоукладчика с помощью двух зажимов, что обеспечивает точную укладку труб и быструю установку или демонтаж устройства. В транспортном положении устройство крепится цепью.

Рулон ЗФМ устанавливается в посадочное место в нижней части ящика-трубоукладчика либо в верхней части трубоукладчика.

Производственная проверка устройства на объектах мелиорации Ленинградской области показала его надежную работу при укладке керамических труб с рулонными ЗФМ типа ВВ-АМ.

Траншейный цепной экскаватор ЭТЦ-208А (рис. 19) предназначен для разработки прямоугольного сечения в однородных мерзлых и особопрочных талых грунтах для выполнения мелиоративных и общестроительных земляных работ.

Техническая характеристика экскаватора ЭТЦ-208А

Размеры траншеи, м:	
глубина	2
ширина	0,6
Производительность, м ³ /ч	Не менее 55
Базовая машина	Трактор Т-130.1.Г-2
Мощность двигателя, кВт	118
Скорость передвижения:	

рабочая, м/ч	0—250
транспортная, км/ч	3,63—12,25
Скорость движения цепи, м/с:	
рабочего органа	1,44; 1,69
транспортера	1,76
Габариты в транспортном положении, мм:	
длина	7920
ширина	2600
высота	3720
Масса (конструктивная), т	23,7

Экскаватор-дреноукладчик типа ЭТЦ-206 (рис. 20) предназначен для прокладки траншей и одновременной укладки дренажных керамических и пластмассовых труб на глубину до 2 м на осушаемых землях в зимнее время в грунтах сезонного промерзания. Может применяться в летнее время при разработке особо-прочных грунтов.

Техническая характеристика экскаватора ЭТЦ-206

Производительность при прокладке траншеи глубиной 1,4 м в грунтах, промерзших на глубину 0,6 м, и укладке дренажных труб, м/ч	120
Размеры траншеи, м:	
глубина	2
ширина	0,4
Мощность двигателя, кВт	118
Рабочая скорость, м/ч	200
Габариты, мм:	
длина	8900
ширина	4250
высота	5620
Масса, кг	24200
Численность обслуживающего персонала, чел.	3

Узкотраншейный экскаватор-дреноукладчик типоразмера ЭТЦ-163 (рис. 21) предназначен для строительства дренажа из гончарных и пластмассовых труб с внутренним диаметром до 75 мм на глубину от 0,7 до 1,7 м в грунтах до II категории включительно с содержанием камней размером до 10 см в поперечнике при ширине траншей 0,25 м.

Машина состоит из шасси, включающего раму, ходовую часть, двигатель, коробку скоростей, используемых от экскаватора-дреноукладчика ЭТЦ-202, дополнительную раму, органы управления и кабину; рабочего

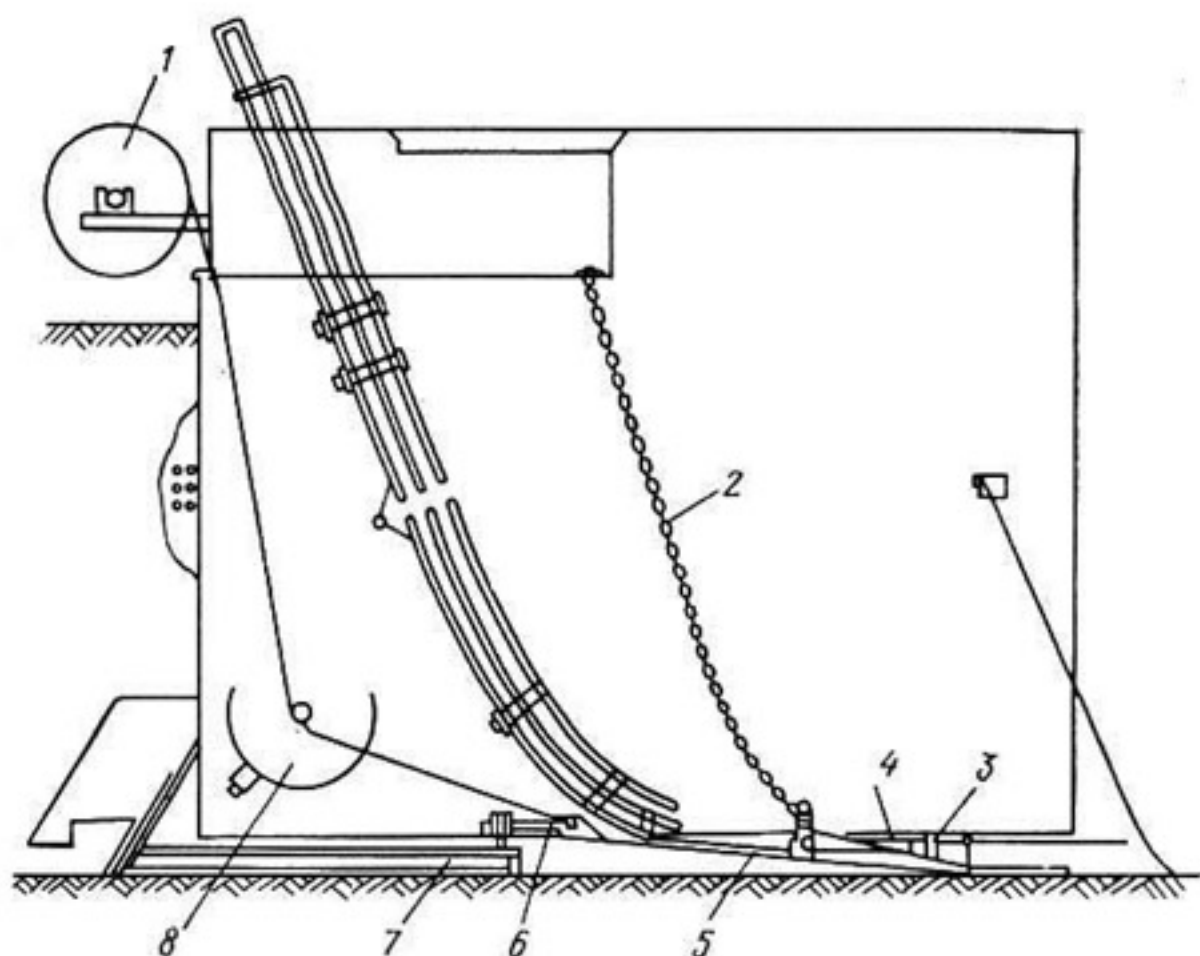


Рис. 18. Устройство к трубоукладчику ЭТЦ-202А для обертывания дренажных труб рулонным ЗФМ (ВНИИводполимер):

1 — кассета для рулонного ЗФМ; 2 — крепежная цепь; 3 — пружина; 4 — формователь; 5 — основание формователя; 6 — зажим; 7 — основание трубоукладчика; 8 — посадочное место для ЗФМ

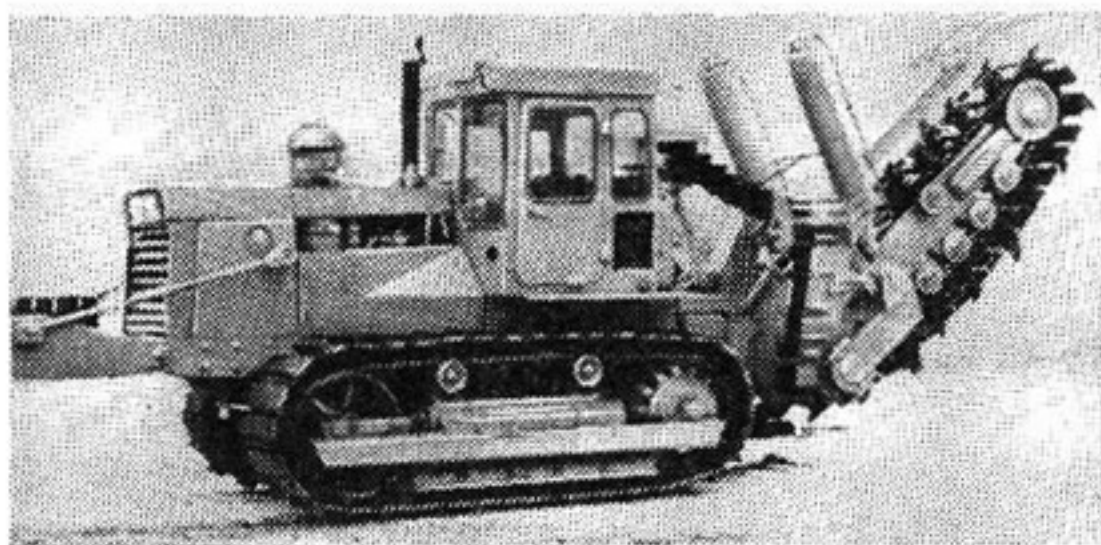


Рис. 19. Траншейный цепной экскаватор ЭТЦ-208А

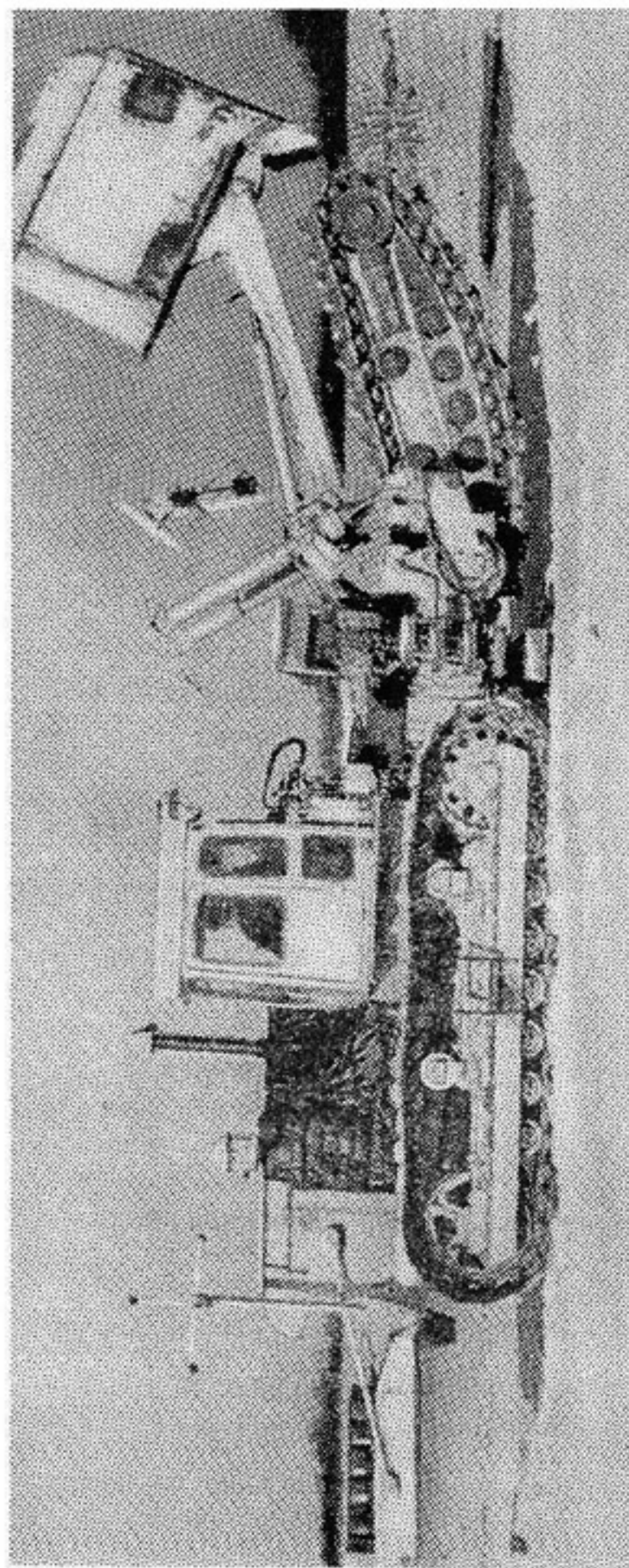


Рис. 20. Экскаватор-дреноукладчик ЭТЦ-206

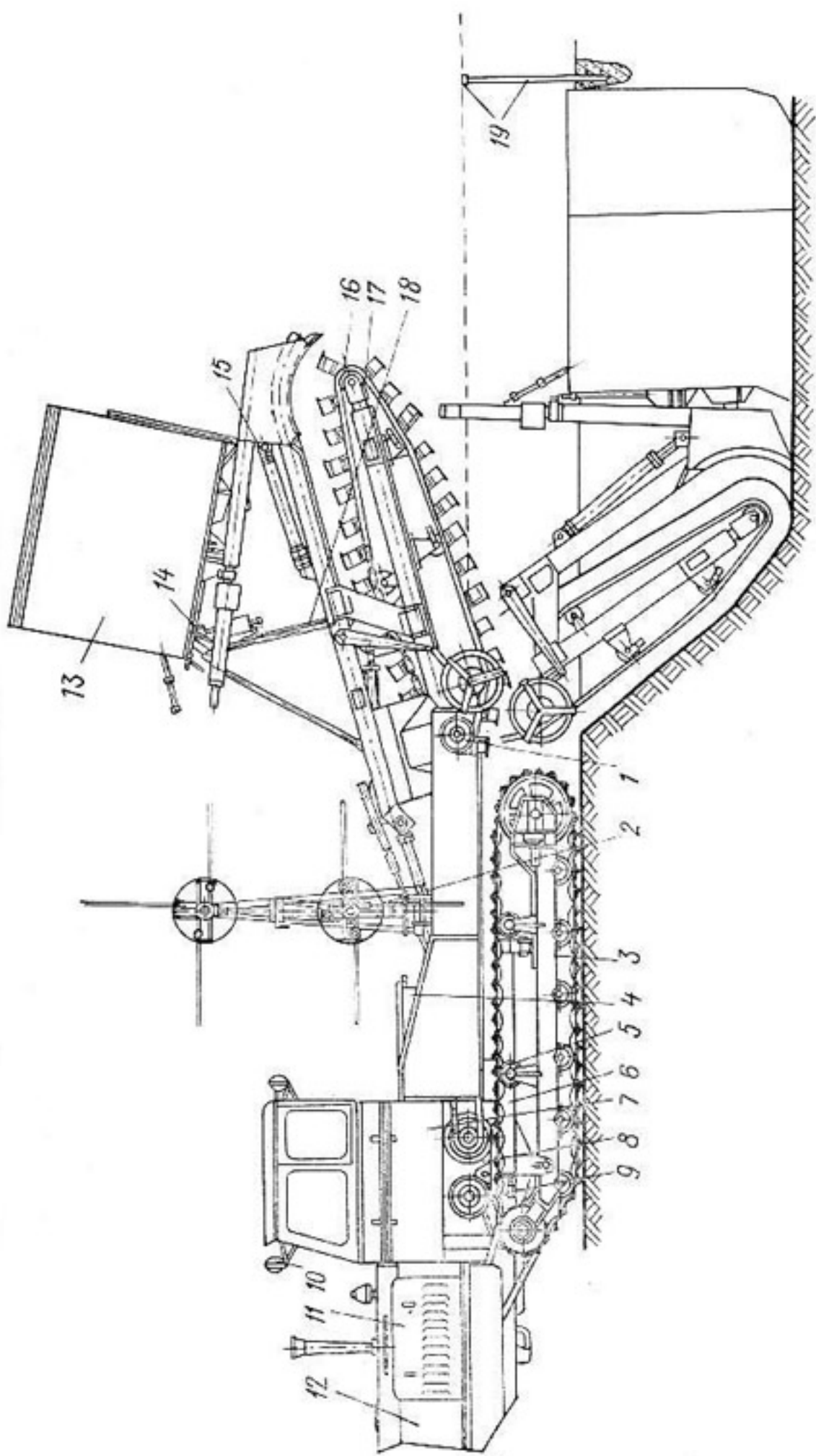


Рис. 21. Экскаватор-дреноукладчик ЭТЦ-163:

1 — привод рабочего органа; 2 — барабан для пластмассовых труб; 3 — рама гусеничного хода; 4 — дополнительная рама; 5 — гусеничная цепь; 6 — рама экскаватора; 7 — кабина; 8 — коробка передач; 9 — бортовой фрикцион; 10 — электрооборудование; 11 — канат; 12 — двигатель; 13 — трубоукладчик; 14 — датчик; 15 — гидросистема; 16 — скреповая цепь; 17 — рабочий орган; 18 — установка датчика; 19 — конный трос

органа с трубоукладчиком и шнековым транспортером; электрогидросистемы и барабана для пластмассовых труб.

В связи с трудными технологическими условиями на объектах мелиорации Северо-Запада ЭТЦ-163 не получил широкого внедрения.

В процессе опытно-экспериментальных работ в НПО ВНИИземмаша было изготовлено узкотраншейное сменное рабочее оборудование на базе ЭТЦ-202. Дреноукладчик предназначен для строительства гончарного и пластмассового дренажа на глубину до 1,7 м, шириной 0,25 м в торфяных и минеральных грунтах I—II категории с каменистыми включениями размером до 10 см.

Дреноукладчик полностью, за исключением рабочего оборудования, бухтодержателя для пластмассовых труб и некоторых дополнений в гидросистеме, унифицирован с экскаватором-дреноукладчиком ЭТЦ-202.

Рабочий орган экскаватора состоит из рамы, телескопического лотка, турасного вала, верхней рамы, на которой устанавливается кронштейн датчика системы выдерживания заданного уклона, рабочей скребковой цепи, натяжного механизма и направляющих роликов.

Трубоукладчик оборудован спускным лотком для дренажных труб, оберточным механизмом и металлическим контейнером для запаса гончарных труб. Конструкция оберточного механизма с гидроприводом показала надежную работу и обеспечила качественную изоляцию пластмассовых и гончарных дренажных труб. Качество обертки дренажных трубопроводов, даже в неустойчивых грунтах, сохранялось при скорости укладки дрен до 400 м погонной длины в час.

При работе машины с рабочей цепью, оборудованной Т-образными скребками, скорость укладки в тяжелых сухих и переувлажненных суглинистых грунтах III категории не превышает 100 м/ч. Увеличение скорости рабочей цепи до 2 м/с позволяет в этих же условиях повысить производительность экскаватора-дреноукладчика на 30 %.

При наличии большого количества каменистых включений диаметром свыше 10 см производительность машины резко снижается и ухудшается качество укладки дренажа. В данных условиях необходима предварительная подготовка трасс рыхлителями пассивного действия на глубину не менее 50 см.

Дреноукладчик бестраншейный МД-4 (рис. 22) предназначен для прорезания щелей глубиной до 1,8 м в талых грунтах до III категории включительно с наличием отдельных каменистых включений крупностью до 30 см и для укладки пластмассовых дренажных труб диаметром до 90 мм. Заданный угол дна прорезаемой щели выдерживается по копирному тросу вручную или автоматически, либо по визирной оси теодолита с помощью дистанционного управления. Дреноукладчик МД-4 может работать совместно с тягачом МД-5.

Дреноукладчик обеспечивает качественную укладку дрен при движении по грубоспланированной трассе с неровностями под гусеницами высотой не более 20 см и длиной не менее длины продольной базы машины и поперечным уклоном не более $\pm 3^\circ$.

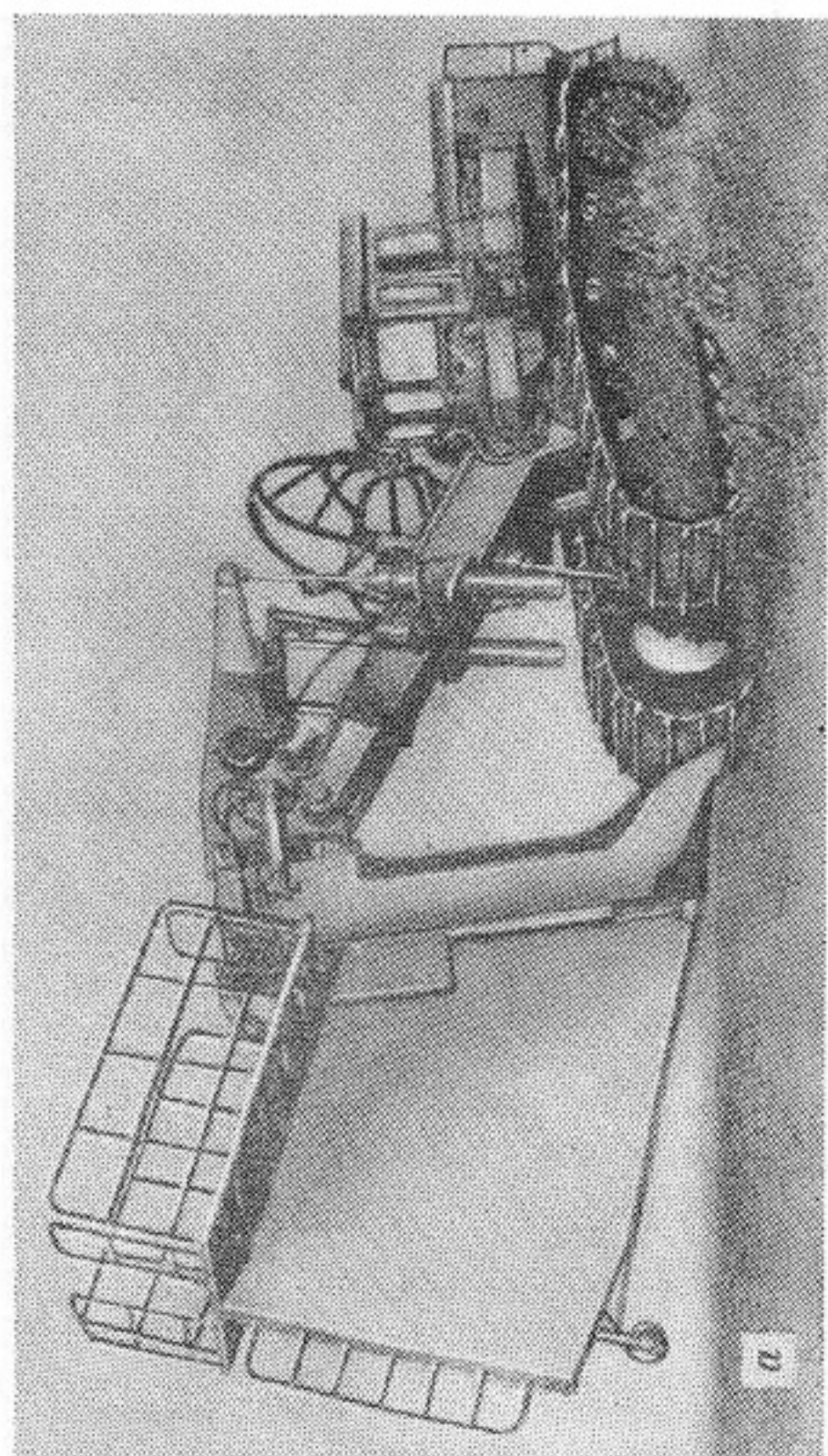
Диапазон рабочих температур окружающего воздуха для дреноукладчика МД-4 от -10 до $+30^\circ\text{C}$.

При неровностях высотой свыше 20 см, поперечных уклонах свыше 3° , а также при наличии в грунтах камней диаметром свыше 30 см и погребенной древесины или при промерзании грунта на глубину свыше 10 см для обеспечения точности выдерживания заданного уклона дренажной линии проводится соответствующая подготовка трасс.

При работе дреноукладчика нож навесного оборудования прорезает в грунте щель, по дну которой движется трубоукладчик.

Задача управления сводится к ведению носка ножа с заданной точностью по траектории, параллельной копиру, установленному по заданному уклону, которым может служить либо копирный трос, либо визирные оси теодолита или лазера. Эта задача решается с помощью двух независимых систем — системы высотного положения рабочего органа, которая ведет точку подвески датчика высотного положения по копиру, и системы угловой стабилизации, которая поддерживает постоянный угол резания рабочего органа относительно горизонта.

Высотное положение точки подвески шупового датчика относительно копирного троса поддерживается гидроцилиндром подъема или трубоукладчика, а угловое положение рабочего органа по сигналам датчика угла — гидроцилиндром поворота. Ручное управление гидроцилиндрами осуществляется машинистом с по-



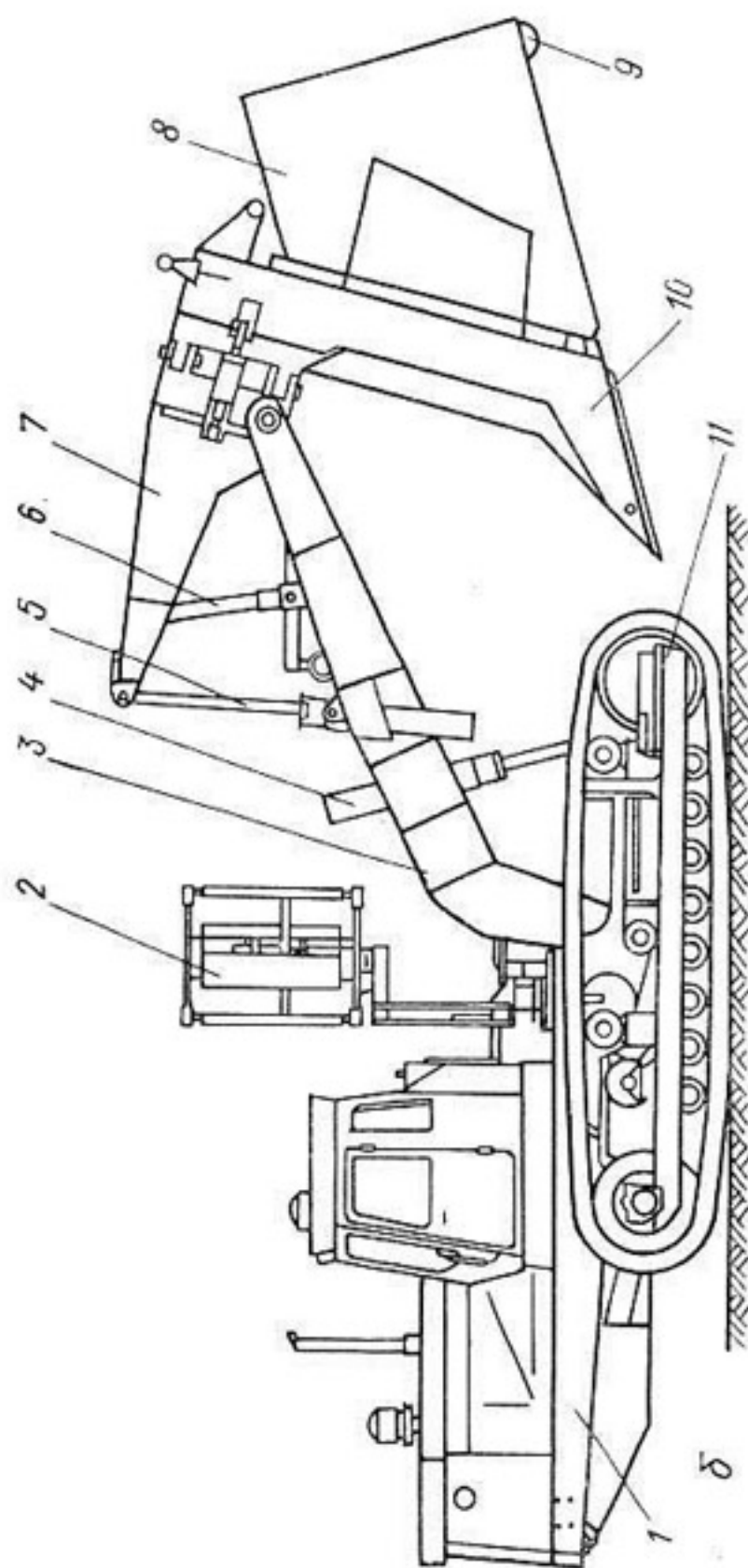


Рис. 22. Общий вид (а) и схема (б) бестраншейного дренаукладчика МД-4:

1 — базовый трактор; 2 — бухтодержатель; 3 — рычаг; 4, 5 — гидроцилиндры; 6 — система управления; 7 — коромысло; 8 — трубоукладчик; 9 — прижимной ролик; 10 — нож; 11 — гусеничная тележка

мощью сигнальных ламп, установленных на пульте управления в кабине. Автоматическое управление гидроцилиндрами осуществляется с помощью электрогидрозолотников по сигналам датчиков.

При работе по визирной оси теодолита угловое положение ножа поддерживается так же, как и при работе по копирному тросу, а высотное положение носка ножа относительно визирной оси теодолита поддерживается оператором путем подачи сигналов на электрогидрозолотники с места управления дреноукладчиком.

В том случае, когда для работы в данных грунтовых условиях тягового усилия дреноукладчика МД-4 недостаточно, он работает в сцепе с тягачом МД-5.

Техническая характеристика дреноукладчика МД-4

Базовая машина	Трактор Т-130.1.Г-1
Размеры прорезаемой щели, м:	
наибольшая —	
глубина	1,8
ширина	0,2
Обеспечиваемый уклон дрены	0,01—0,0015
Местные отклонения на длине 10 м, см	±2
Система управления	Следящая электрогидравлическая
Способ работы	От копирного троса, по визирной оси теодолита или по лазерному лучу
Управление выдерживания уклона	Автоматическое и ручное
Наибольший наружный диаметр пластмассовой трубы, защищенной фильтрующим материалом, м	120
Габариты дреноукладчика в транспортном положении, мм:	
длина	12420
ширина	5700
ширина по гусеницам	3220
высота	4920
Продольная база, мм	4602
Ширина гусениц, мм	920
Угол въезда, град:	
передний	25
задний	16
Масса дреноукладчика, т	29,5

Положительные результаты получены при прокладке пластмассовых дрен на объектах мелиорации Ленинградской области, когда бестраншейный дреноукладчик МД-4 был оборудован автоматизированной системой радиоуправления высотным положением рабочего органа. Радиоаппаратура позволяет регулировать продольные уклоны дрен на расстоянии до 500 м. Применение такой системы с бестраншейным дреноукладчиком показало, что по сравнению с системой выдерживания уклона по копирному тросу трудовые затраты на подготовительные работы снижаются в среднем на 15—20% и повышается сменная выработка дреноукладочного комплекса машины. Применение радиоаппаратуры позволяет вести укладку дрен с отклонениями от отметок не более ± 7 мм.

Щелерезная машина ТМТ-101 применяется при нарезке щелевого дренажа на торфяных массивах. Машина ТМТ-101 агрегируется на тракторе ДТ-75Б.

Техническая характеристика ТМТ-101

Базовый трактор	ДТ-75Б
Скорость передвижения, км/ч:	
рабочая	0,32—0,92
транспортная	5,15—10,85
Диаметр фрезы, мм	2500
Размеры выполняемых щелевых дрен:	
глубина, м	1
ширина, см —	
по верху	5—8
по низу	15
Производительность, м/ч	300—600
Масса навесного оборудования, кг	1000
Обслуживающий персонал (тракторист)	1

Приозерской ПМК Ленинградской области (1980 г.) при устройстве щелевого дренажа на пнистом торфянике с промерзанием 0,4—0,5 м была достигнута средняя эксплуатационная производительность машины ТМТ-101, равная 540 м/ч, при этом глубина щелевых дрен составляла 0,9—1 м.

Е. П. Копьевым (1980) предложена технология строительства перекрестного щелевого дренажа с применением ТМТ-101. Густая сеть перекрестного щелевого дренажа быстро отводит избыточные воды и служит для подпочвенного увлажнения посевов.

При строительстве перекрестного щелевого дренажа сначала прокладывают продольные дрены через 6—12 м, а затем их пересекают редкими (через 100—150 м) поперечными дренами, идущими от канала. Вода в продольные дрены из поперечных поступает тогда, когда последние на 30—40 см заполнены водой, что предотвращает забивание пересекаемой щели грунтом.

Кротователь типа МД-9 предназначен для прокладки кротового дренажа в торфяных и минеральных грунтах для осушения и аэрации. Он навешивается на трактор класса тяги 100 кН. Кротователь состоит из следующих основных узлов: рамы, гидросистемы, рабочего органа (двух ножей с дренами), глубиномера и механизма уклона.

Техническая характеристика кротователя

Производительность, км/ч:	
на торфяниках	5,08
на минеральных грунтах (две дрены)	7,8
Глубина прокладывания кротовин, м:	
в торфяниках	0,5—1,2
в минеральных грунтах	0,5—0,7
Скорость передвижения, км/ч:	
рабочая	2,36—6,45
транспортная	2,36—10,13
Рабочий орган (нож), мм:	
длина	2030
ширина	890
Масса кротователя (без трактора), кг	Не более 1500
Обслуживающий персонал, чел.	1

3.2. Оборудование для укладки труб

Для механизации процесса укладки дренажных труб используют навесные трубоукладчики.

Конструкция наиболее распространенного навесного бункера трубоукладчика мелиоративных экскаваторов типа ЭТЦ-202 включает бункер с двумя защитными стенками, внутри которого размещаются прутковые криволинейные направляющие спускового лотка для подачи труб в дрена и кассеты для размещения рулонного защитно-фильтрующего материала. По прутковому спусковому лотку дренажные трубы одновременно с фильтрующим материалом вручную непрерывно подаются в отрываемую экскаватором траншею. Бесперебойная

подача дренажных труб в рассматриваемом случае возможна лишь при условии, если сопротивление передвижению труб на вертикальной части лотка значительно меньше силы тяжести пакета труб, находящихся на криволинейной его части. В противном случае непрерывность подачи труб в траншею нарушается, что приводит к образованию недопустимых зазоров между ними.

Наиболее трудноустраняемым дефектом серийных экскаваторов-дреноукладчиков является расстыковка труб. К другим недостаткам дрепоукладчиков такого типа с подвесными бункерами можно отнести частичное искажение заданного продольного уклона основания траншеи вследствие частичного защемления стенок бункера в траншее, отрываемой в неустойчивых грунтах. Жесткая подвеска пруткового спускного лотка к стенкам бункера приводит к отрыву концевой части лотка от ложа основания и сбою керамических труб в точке схода. Кроме того, в трубоукладчике отсутствует устройство для механизированной непрерывной присыпки дренажных трубопроводов. Эта важная технологическая операция выполняется вручную. Таким образом, работу дрепоукладчиков с подобной конструкцией трубоукладочного устройства нельзя считать удовлетворительной, и необходимо создание более совершенной конструкции, в полной мере отвечающей условиям производства дренажных работ в неустойчивых грунтах.

Качество укладки труб и цельность дренажной линии определяются плотностью стыковки, т. е. силой торцевого сжатия труб в процессе их спуска по лотку. Определение усилий в стыках труб по известным в литературе аналитическим зависимостям не представляется возможным, поскольку в них не учитывается форма лотка, многогранность керамических труб (ГОСТ 8411—74), вводится приближенное значение приведенного коэффициента трения и т. д.

Проведенная авторами производственная проверка разработанных ими вариантов поперечных сечений спускных лотков с прутковыми и цельнометаллическими направляющими при углах раскрытия 90, 102 и 120° и радиусом кривизны лотка от 70 до 120 см показала, что по усилиям стыковки более рациональным является цельнометаллический V-образный поперечный профиль (рис. 23). При радиусе кривизны 100 см усилия в стыках составляют порядка 65 Н, тогда как в других ва-

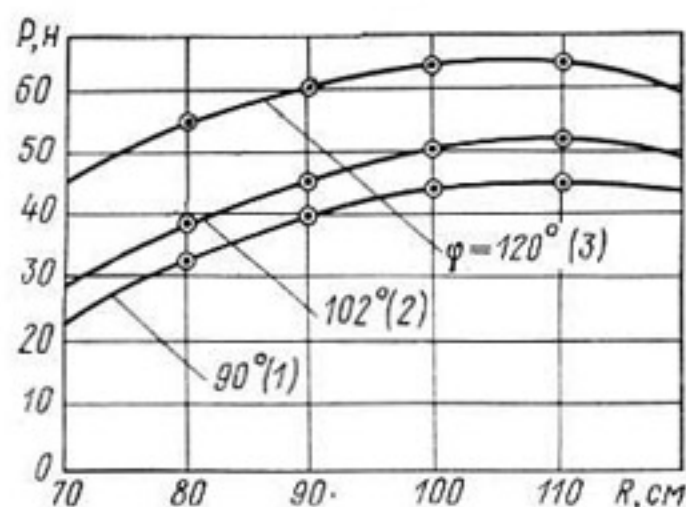
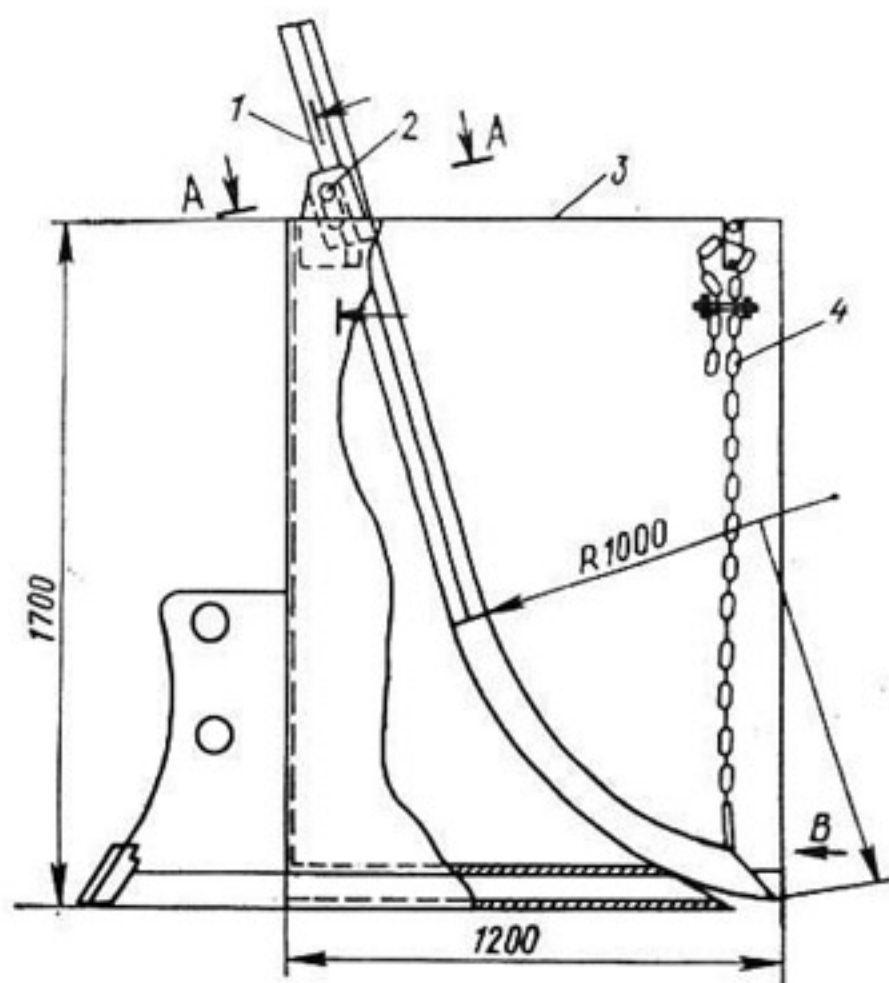


Рис. 23. Значения усилий (P) в стыках керамических труб при различных поперечных профилях спускного лотка: 1 — прутковый лоток: с углом раскрытия $\varphi = 90^\circ$; 2 — то же, при $\varphi = 102^\circ$; 3 — цельнометаллический лоток с V-образным профилем при $\varphi = 120^\circ$

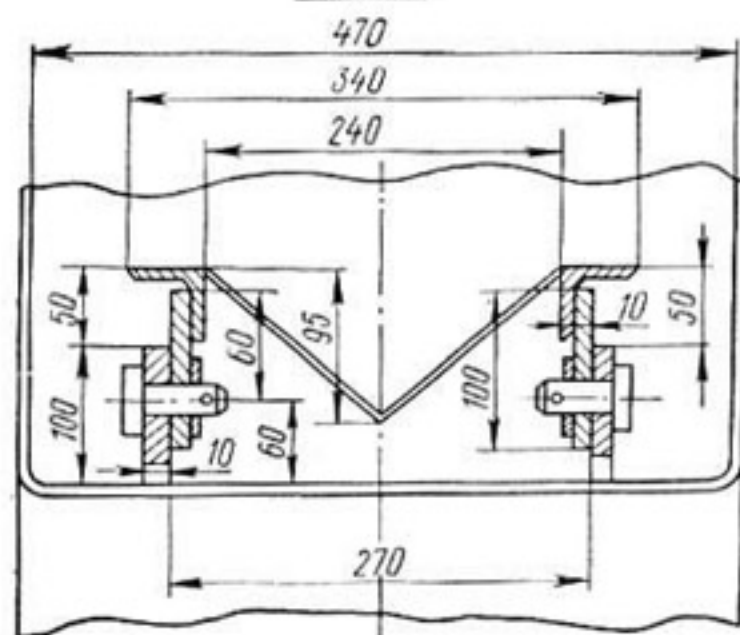
риантах они не превышают 50 Н. Это обеспечивает сокращение количества сбоев труб в процессе их прохождения по цельнометаллическому спускному лотку. Значения приведенного коэффициента трения в этом варианте составляет 1,15, а при прутковых спускных лотках колеблется в пределах 1,29—1,41. Относительно небольшая сила торцевого сжатия труб обуславливает возможность потери связности дренажного трубопровода и сбоя отдельных труб в процессе прохода по криволинейным направляющим лоткам. Практика показала, что присыпка дренажной линии увеличивает торцевое сжатие труб на 12—17 % из-за распора труб под воздействием массы грунта.

Шарнирная подвеска спускного лотка уменьшает количество сбоев труб в «точке схода», поскольку концевая часть лотка не отрывается от основания траншеи.

Следует отметить, что при прокладке дренажных трубопроводов в грунтах, отличающихся технологической неустойчивостью, обеспечение повышенных требований к точности стыковки труб еще более усложняется. Здесь, очевидно, необходима разработка более технологичных конструкций дрен, исключаящих влияние возможных обрушений и оплываний грунта на продольную и поперечную устойчивость дренажных труб в процессе их укладки на основание траншеи. Правильная центровка торцов керамических труб с обеспечением нормативных зазоров в данных условиях достигается применением пластмассовых соединительных муфт. Последние позволяют заранее сформировать дренажную плетель на поверхности трассы и в собранном виде через спускной лоток трубоукладчика подавать на дно траншеи или щели.



Вид А-А



Вид В

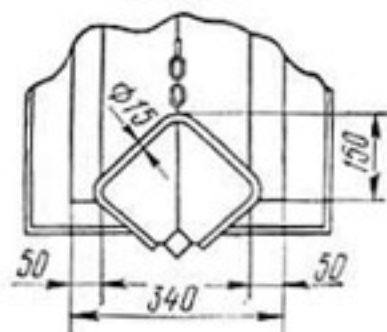


Рис. 24. Конструкция сменного цельнометаллического сварного лотка к ЭТЦ-202А для укладки керамических труб с пластмассовыми соединительными муфтами:

1 — спускной лоток; 2 — шарнир для подвески лотка; 3 — бункер трубоукладчика; 4 — цепь для подъема лотка в транспортное положение

В Ленинградской области мелиораторами успешно применяются сменные цельнометаллические лотки (рис. 24) к ЭТЦ-202А, предназначенные для укладки многогранных и круглых керамических труб (ГОСТ 8411—74) с пластмассовыми водоприемно-соединительными муфтами. Лоток устанавливается внутрь корпуса трубоукладчика ЭТЦ-202А вместо пруткового серийного спускного лотка. Крепление лотка к корпусу трубоукладчика осуществляется при помощи шарнира.

Сечение лотка V-образной формы выполнено из листового 3-миллиметрового металла с углом разворота $\varphi = 110^\circ$. Прямолинейная часть спускного лотка усилена двумя уголками размером 50×50 мм (вид А—А). Криволинейная часть лотка выполнена с радиусом закругления 1000 мм, нижняя часть (вид В) в рабочем положении касается непосредственно ложа основания траншеи. В транспортном положении и в процессе заглубления рабочего органа ЭТЦ-202А лоток поднимается и фиксируется крепежной цепью.

Керамические трубки со вставленными муфтами помещают в верхнюю часть лотка, откуда под действием своей массы они спускаются на дно траншеи. Шарнирная подвеска лотка обеспечивает плавное движение его концевой части по основанию траншеи, и таким образом исключается сбой труб в точке схода.

3.3. Способы и оборудование для глубокого рыхления почвогрунтов

Одним из наиболее эффективных приемов повышения осушительного действия дренажа является глубокое рыхление, которое улучшает водно-физические свойства почв, их водно-воздушный режим и способствует увеличению урожаев сельскохозяйственных культур на 15—25 %.

Глубокое рыхление тяжелых почв на фоне закрытого дренажа получило широкое применение в Нечерноземной зоне РСФСР и других районах нашей страны. В результате рыхления на глубину 0,6—0,8 м нарушается естественное сложение плотного иллювиального горизонта, грунт приобретает заданный структурный состав. При этом объемная масса разрыхляемых слоев уменьшается на 20—30 %, твердость снижается на 0,24—0,5 МПа, пористость увеличивается на 3—10 %, коэф-

фициент фильтрации возрастает в 10—100 раз, а запасы продуктивной влаги в слое 20—40 см значительно увеличиваются.

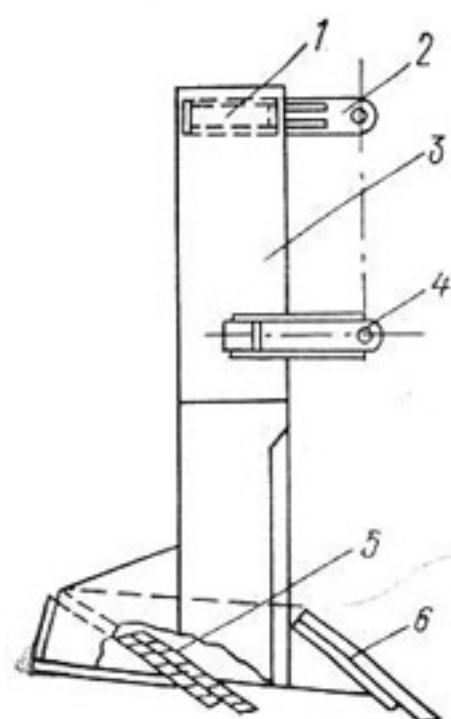
Глубокое рыхление рекомендуется проводить на осушенных закрытых дренажем почвах глинистого, тяжело- и среднесуглинистого состава при содержании физической глины (частиц менее 0,01 мм) от 30 % и выше, при этом эффективно одновременное внесение извести. Последняя нейтрализует кислую реакцию почвы, способствует более глубокому проникновению в нее корневых систем растений, положительно влияет на биологическую активность почвы. Норма внесения извести рассчитывается с учетом полной нейтрализации гидролитической кислотности как пахотного, так и подпахотного слоев.

В настоящее время существуют различные по конструкции серийные и экспериментальные орудия пассивного и активного действия для глубокого рыхления тяжелых почв. В практике нашли широкое применение трехстоечные рыхлители пассивного действия РУ.65.2,5 и одностоечные рыхлители-кротователи РК-1,2 пассивного действия. Они монтируются на трехточечную навеску гусеничных тракторов класса тяги 60—100 кН (Т-100МГС, Т-130.1.Г-3) или колесных тракторов (К-701).

Рыхлитель РУ.65.2,5 предназначен для сплошного глубокого рыхления тяжелых минеральных грунтов, а рыхлитель РК-1,2 — для глубокого рыхления связанных минеральных почвогрунтов, устройства кротового дренажа в торфяных и минеральных почвогрунтах с одновременным рыхлением слоев, расположенных над дренажем, и для рыхления мерзлого минерального грунта на трассах дренажей.

Рыхлитель траншейный РТ-0,7 предназначен для рыхления тяжелых и каменистых грунтов по трассам дренажных линий, а также для предзимнего рыхления грунтов при строительстве дренажа в зимних условиях (рис. 25).

Рыхлитель состоит из поперечной балки с проушиной для крепления к верхней винтовой тяге навески, двух боковых ножей, стоек с цапфами для крепления к нижним тягам навески и закрепленного между ними наклонного ножа с горизонтальной режущей кромкой. Впереди этого ножа наклонно установлен рыхлящий ле-



мех. Режущие кромки боковых ножей расположены (в продольном направлении) между горизонтальной режущей кромкой и режущей кромкой рыхлящего лемеха.

Рыхлитель агрегатируют с серийной гидронавесной системой трактора с трехточечной симме-

Рис. 25. Траншейный рыхлитель типоразмера РТ-0,7 (БелНИИМиВХ):

1 — поперечная балка; 2 — проушина; 3 — стойка; 4 — цапфа; 5 — наклонный нож; 6 — рыхлящий лемех

тричной накладкой и заглубляют в грунт на ходу трактора при плавающем режиме работы гидросистемы навески.

Процесс рыхления осуществляется последовательно: впереди идущим лемехом взрыхляется призма грунта трапецеидального сечения; боковыми ножами подрезаются стенки, приближая форму поперечного сечения к прямоугольнику; наклонный нож с горизонтальной режущей кромкой подрезает дно профиля и одновременно разрыхляет все подрезаемые элементы профиля.

Техническая характеристика РТ-0,7

Глубина рыхления, м	0,7
Ширина рыхления, м:	
по верху	0,7
по низу	0,5
Производительность за час чистой работы, км	1,5—3,6
Масса, кг	500
Габариты, мм:	
длина	1000
ширина	1200
высота	1800
Обслуживающий персонал	Тракторист

Технология строительства дренажа в безморозный период на тяжелых грунтах с применением рыхлителя включает рыхление грунта по трассам траншей (РТ-0,7); разработку траншей и укладку дренажа экскаватором-дреноукладчиком ЭТЦ-202А. Производительность экскаватора ЭТЦ-202 на разрыхленных грунтах повышается на 20—30 %.

Технология строительства дренажа в зимних условиях включает рыхление грунта по трассам траншей в предморозный период рыхлителем РГ-0,7; рыхление смерзшегося грунта рыхлителем РК-1,2 за два прохода; удаление глыб мерзлого грунта (лопатой на корчевателе).

В практике мелиоративного строительства начато освоение виброрыхлителя ВР-80 с активным рабочим органом, который обеспечивает рыхление почвогрунтов с повышенной влажностью, что способствует увеличению годовой выработки агрегата на 20—30 %.

Виброрыхлитель агрегируется с тракторами класса тяги 60—100 кН, при этом обеспечивается возможность соединения агрегата с навеской трактора. Состоит из активных и пассивных рабочих органов, механизма привода лопаток, механизма установки глубины рыхления, устройства подключения к ВОМ трактора.

Техническая характеристика ВР-80

Базовый трактор	Т-130.1.Г-3; Т-100МГС
Тип рабочего органа	Вибрационный
Число рыхлителей	2
Глубина рыхления, м	До 0,8
Ширина полосы рыхления, м	2,4
Производительность, га/ч	0,4—0,6
Масса, кг	1170

Рыхление производится по челночной схеме перпендикулярно закрытым дренам. При каждом последующем проходе разрыхленная полоса перекрывается на 0,3—0,4 м.

Рыхлитель РГ-05 предназначен для глубокого рыхления почвогрунтов при освоении мелиорируемых земель с целью обеспечения благоприятного водно-воздушного и пищевого режима почв, повышения фильтрации.

Машина навешивается на гусеничный трактор класса тяги 30 кН, оборудованный навеской, состоит из рамы, переднего и заднего ножей, колеса и противовеса.

Техническая характеристика РГ-05

Глубина рыхления, м	0,5
Ширина захвата, м	2,2
Скорость, км/ч:	
рабочая	2,18
транспортная	По трактору

Производительность, га/ч	0,4
Габариты, мм:	
длина	7520
ширина	3160
высота	2570
Масса с противовесом, кг	1500
Обслуживающий персонал	Тракторист

Для проведения глубокого рыхления используются различные типы рыхлителей. Условия применения каждого из них определяются категорией грунта и степенью его закаменности (табл. 20).

20. Условия применения основных типов рыхлителей

Рыхлитель	Вид рыхления	Категория почвогрунта	Закаменность слоя, м ³ /га
РУ-65.2,5 2 стойки	Сплошное	III	25
РУ-65.2,5 3 стойки	»	II	25
РК-1,2 ВР-80	Полосовое	II—III	25—30
2 стойки	Сплошное	II	10—15
РГ-08А	Полосовое	II—III	15—20
2 стойки	Сплошное		
РГ-08А	»	II—III	10—15
3 стойки			
РНТ-0,8	»	II	10
2—3 стойки			

Примерная технологическая карта проведения глубокого рыхления в сочетании с внесением жидких химмелиорантов (ВР-11-27—80) приведена в табл. 21.

Важным агрономелиоративным приемом при устройстве дренажа на слабопроницаемых грунтах является глубокое рыхление почвогрунтов.

В зависимости от гидрогеологических, почвенных и рельефных условий в практике обычно применяют сплошное рыхление почвы; полосовое рыхление; сплошное рыхление с кротованием; глубокое рыхление — кротование, выполняемое в виде отдельных полос.

Глубокое рыхление целесообразно выполнять при влажности почвы в зоне рыхления 60—80 % от предельной влагоемкости почвогрунта (при скатывании почвы в шнур толщиной 0,5 см он распадается на отдельные длиной 1—2 см).

**21. Технологическая карта проведения глубокого рыхления
в сочетании с внесением жидких химмелиорантов**

Операция	Состав агрегата		Единица измерения	Норма времени на единицу измерения	Расход топлива, кг на единицу измерения
	Грактор (автомашина)	Орудие			
Забор (погрузка) химмелиорантов в транспортное средство (склад ПМК)	ГАЗ-53А	РЖУ-3,6	т	0,05	1,2
Транспортировка химмелиорантов на объект (расстояние до 50 км)	ГАЗ-53А	РЖУ-3,6	т	0,3	4,5
Заправка емкостей устройства для внесения химмелиорантов в почву	ГАЗ-53А	РЖУ-3,6	т	0,07	1,5
Проведение рыхления и внесение химмелиорантов	К-701 (К-700А)	Комбинированный (агрегат)	га	0,3—0,5	3,5

Следует иметь в виду, что при влажности почвы ниже оптимальной глубокое рыхление может привести к разрушению структуры пахотного слоя, образованию глыб большого диаметра и ухудшению качества рыхления.

Сплошное рыхление с одновременным кротованием проводят при наличии на глубине ниже 65—70 см кротоустойчивых грунтов. При этом наряду с рыхлением верхнего 60-сантиметрового слоя почвы на глубине 70—80 см закладывают кротовины. Для этого к рыхлителям массивного действия крепятся специальные дре-неры.

Глубокое рыхление-кротование в виде отдельных полос целесообразно проводить, когда на глубине ниже зоны рыхления залегают кротоустойчивые грунты и почвы находятся в благоприятном для выполнения рыхления состоянии.

Расстояние между отдельными полосами для глинистых почв составляет 2—2,5 м, для тяжелых суглинистых — 3—4 м, для легких суглинков — 4—5 м.

Глубина рыхления и кротования проверяется щупом и линейкой с учетом вспучивания почвы над естественным уровнем поверхности, величина которого вычитается из показателя величины общей глубины рыхления.

После рыхления на поверхности почвы допускается наличие вспученных гребней высотой до 15 см и невзрыхленных призм грунта в нижней зоне.

Количество замеров и проверок при контроле должно быть не менее 5 на каждые 10 га обработанной площади. Отклонения замеряемых величин от проектных допускаются в пределах: для глубин $\pm 10\%$, для расстояний $\pm 15\%$.

Рыхление-кротование и сплошное глубокое рыхление проводится в определенном направлении по отношению к расположению дрен, которое должно соответствовать требованиям проекта. Бессистемное выполнение вышеуказанных мероприятий не допускается.

По окончании рыхления или рыхления-кротования на план наносятся контуры площадей, на которых были выполнены мероприятия, а также их фактические показатели (глубина, направление, шаг полос).

Готовый объект перед сдачей в эксплуатацию принимает соответствующая комиссия, которой должны быть предъявлены следующие документы: рабочие чертежи; проект производства работ; журналы промежуточного контроля и акты на выполнение скрытых работ по рыхлению и рыхлению-кротованию, подписанные мастером или прорабом участка, представителем хозяйства и представителем по технадзору; исполнительный план объекта с нанесенными на нем контурами, площадями, направлениями и параметрами выполненных работ.

3.4. Бестраншейная прокладка закрытого горизонтального дренажа

Технологические схемы. Бестраншейный способ строительства закрытого горизонтального дренажа получил широкое распространение при осушении избыточно увлажненных земель. К преимуществам бестраншейного способа строительства дренажа по сравнению с траншейным можно отнести сохранение пахотного слоя по трассам дрен; сокращение объема земляных работ и ряда технологических операций; более высокую производительность дреноукладчика; простоту и надежность пассивного рабочего органа. Бестраншейная укладка дренажных трубопроводов может успешно применяться в сложных гидрогеологических условиях: в неустойчивых и плавунных грунтах; в грунтах с каменистыми включениями диаметром до 30 см; на торфяниках с погребенной древесиной диаметром до 10 см;

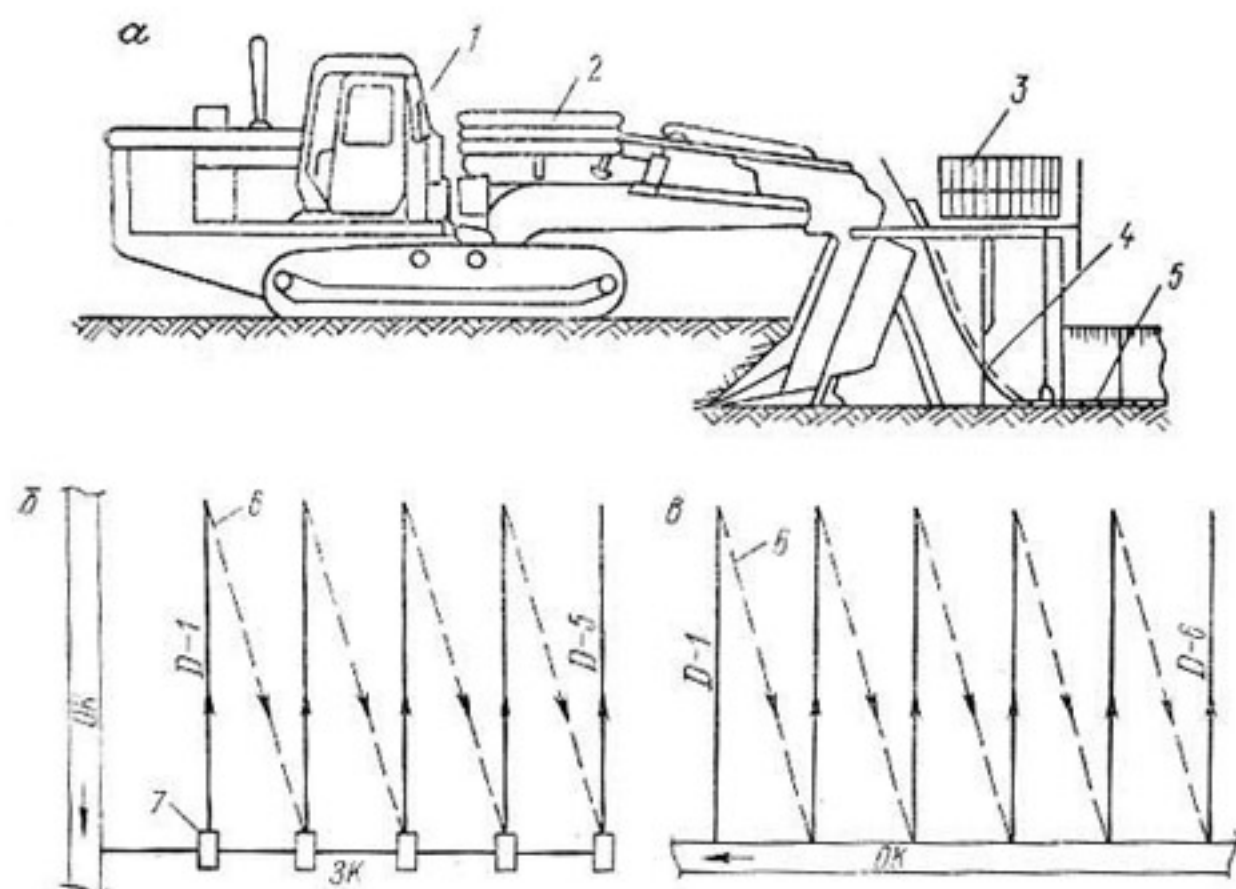


Рис. 26. Общий вид бестраншейного дреноукладчика МД-4 (а) и технологические схемы прокладки дренажных трубопроводов при впадении дрен в закрытый коллектор (б) и при впадении дрен в открытый осушительный канал (в):

1 — дреноукладчик; 2 — бухты (барабаны с дренажными трубами); 3 — контейнеры для размещения короткомерных труб; 4 — спускной лоток трубоукладчика; 5 — уложенный дренажный трубопровод; 6 — холостой ход дреноукладчика; 7 — прямик (заходный шурф)

в минеральных и торфяных грунтах, промерзших соответственно до 25 и 15 см.

Технологический процесс строительства дренажа бестраншейным способом с применением дреноукладочного комплекса МД-4 и МД-5 в основном определяется конструктивными особенностями дренажных систем; вариантами впадения дрен в коллектор; типом применяемых дренажных труб, защитно-фильтрующих материалов и соединительной арматуры; способом регулирования уклона.

В зависимости от вариантов впадения дрен в коллектор или открытый канал применяются две основные технологические схемы (рис. 26).

Прокладка дрен по технологической схеме на рис. 26, б осуществляется при впадении дрен в закрытый коллектор. Для заглубления рабочего органа дрено-

укладчика с помощью многоковшового или одноковшового экскаватора отрывается приямок в устьевой части дрены.

Технологическая схема на рис. 26, в применяется в том случае, когда дрены впадают непосредственно в открытый канал. Здесь рабочий орган дреноукладчика заглубляется с откоса открытого канала без дополнительного устройства приямков — заходных шурфов.

При работе по схеме в отмечается некоторое снижение затрат труда в связи с отсутствием операции по устройству соединения дрен с коллектором и приямков. Вместе с тем следует отметить, что в этом варианте требуются дополнительные материалы и соответственно трудозатраты для устройства дренажных устьев на каждой дрене.

По данным хронометражных исследований СевНИИГиМа, эксплуатационная производительность бестраншейного дреноукладочного комплекса практически не зависит от выбранной схемы.

В Ленинградской области в ряде мелиоративных ПМК (Мичуринская, Пушкинская, Ломоносовская и др.) применяется такая технологическая схема, при которой закрытая дренажная система имеет двухстороннее впадение дрен в коллектор под прямым углом. Этот технологический вариант предполагает «глухую» прокладку дрен в случае запаздывания работ по устройству закрытого коллектора. Рабочий орган дреноукладчика заглубляется от истока дрены без дополнительной отрывки приямков и выглубляется в конце противоположной дрены. Затем траншейным экскаватором-дреноукладчиком ЭТЦ-202А устраивается коллектор. При вскрытии траншеи пластмассовые трубы в створе коллектора срезаются ковшовым рабочим органом. С помощью дополнительных вставок и тройников срезанные концы пластмассовых труб соединяются с керамическими трубами коллектора. Рассматриваемая технологическая схема имеет ряд существенных недостатков. Прежде всего она может применяться на объектах, где уровни грунтовых вод находятся ниже линии закладки коллекторно-дренажной сети, поскольку осуществить качественное присоединение дрены к коллектору при интенсивном поступлении воды в траншею не представляется возможным.

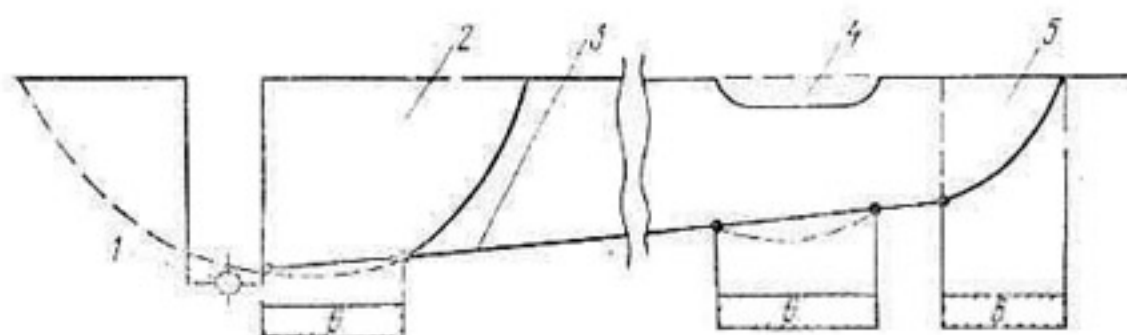


Рис. 27. Местонахождение зон наиболее вероятных отклонений продольных уклонов бестраншейных дрен:

1 — дрена; 2 — прямок; 3 — линия продольного уклона дрен; 4 — местное углубление на поверхности дренажной трассы; 5 — участок выглубления рабочего органа дреноукладчика; 6 — зона возможных отклонений продольных уклонов дрен

Как показывает производственный опыт, по различным организационным причинам коллекторы иногда выполняются с разрывом во времени, когда дрена и устьевая придренная зона насыщаются водой, что создает существенные трудности для дренажной бригады при соединении устья дрены к коллектору. Кроме того, требуется особо точное выдерживание глубины дрены в створе коллектора, что не всегда удается сделать в сложных производственных условиях. Бывают также случаи, когда устья дрен находятся ниже основания коллектора. Трудно контролируемые остаются истоковые участки дрен, поскольку их глубина не может быть зафиксирована в процессе заглубления рабочего органа.

Рациональное использование дреноукладочного комплекса МД-4, МД-5 требует тщательной и продуманной инженерной подготовки строительства. Подготовительный цикл должен идти опережающими темпами, по четко спланированным графикам производства работ на объектах мелиорации. Хронометражные данные показывают, что основные потери рабочего времени дреноукладочных бригад связаны с отставанием подготовительного фронта работ: отсутствием трассировки дрен в натуре; запаздыванием с прокладкой коллекторов или открытых каналов; задержкой с устройством прямков.

Работоспособность и эксплуатационная надежность закрытого дренажа в значительной мере зависят от точности выполнения продольного уклона дрен. Анализ выборки контрольных нивелировок позволяет выделить опасные зоны по длине дрены, где может быть наибольшая вероятность отклонения выполненных уклонов от проектных (рис. 27). При инженерной подготовке строи-

тельства особое внимание должно быть уделено точности устройства основания прямков и выравниванию трасс.

Организация контроля продольных уклонов дрен. Особенности прокладки дрен бестраншейными дреноукладчиками (смыкание стенок вскрываемой щели сразу же за проходом рабочего органа и т. д.) не позволяют проводить исполнительную нивелировку по технологии, принятой при строительстве дренажа траншейными дреноукладчиками. В связи с этим точность выполнения продольных уклонов дрен, уложенных бестраншейным способом, проверяется в процессе укладки.

Регулирование продольных уклонов дна отрываемых дреноукладчиком МД-4 щелей осуществляется в большинстве случаев по копирному тросу, установленному с заданным уклоном, или с помощью передаваемых на дистанцию сигналов оператора, следящего за положением рабочего органа относительно оси теодолита.

Как показали исследования, более точное выполнение продольных уклонов дрен достигается при работе дреноукладчика по копирному тросу. При работе в режиме дистанционного управления возникают ошибки в регулировании положения рабочего органа из-за быстрой утомляемости оператора.

Для операционного контроля точности выполнения продольных уклонов дрен разработано и апробировано в производственных условиях два способа. Первый способ (рис. 28) предусматривает использование специального приспособления. На стойках трубоукладчика внутри рабочего органа монтируется в плавающем положении штанга. Нижний конец штанги скреплен с резиновым прижимным роликом, который опирается на дренажный трубопровод и движется по нему одновременно с проходом рабочего органа. К верхнему концу штанги прикрепляется геодезическая рейка, по которой снимаются через определенные расстояния контрольные отсчеты.

При втором способе точность выдерживания уклонов определяется с помощью специальных вешек. Вешки длиной 1,5 м, диаметром 5 см устанавливаются непосредственно следом за прохождением рабочего органа дреноукладчика в точках снятия контрольных отметок. Нижний конец вешки ставится на дренажный трубопровод. Смыкающийся грунт плотно зажимает вешку. При исполнительной нивелировке геодезическая рейка устанавливается на верхний конец вешки.

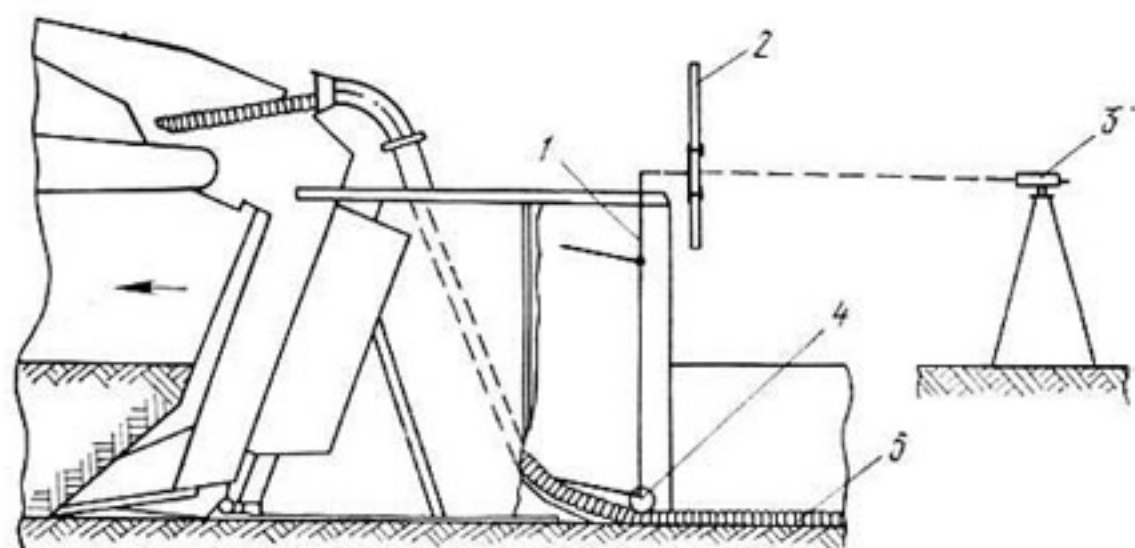


Рис. 28. Схема операционного контроля точности прокладки дрен:
1 — штанга; 2 — рейка; 3 — нивелир; 4 — прижимной ролик; 5 — дрена

Наибольшая точность выдерживания заданного уклона отмечается при работе дреноукладчика по технологической схеме: открытый канал — дрена (см. рис. 26, б). При работе дреноукладчика по технологической схеме закрытый коллектор — дрена (см. рис. 26, а) наблюдаются иногда отклонения от заданного уклона при заглублении рабочего органа. Для выполнения качественной укладки дренажных трубопроводов по этой схеме прямик для заглубления рабочего органа дреноукладчика целесообразно отрывать с высокой точностью.

Отклонения в точности прокладки дрен от проектных уклонов связаны со следующими основными причинами:
наличием по трассам дрен большого количества каменных включений (более 30 см), крупных древесных остатков или резко выраженных неровностей (более 30 см);

при работе машины на повышенных скоростях (более 800 м/ч), очевидно, запаздывает сработка гидравлической системы слежения;

некоторым смещением ножа по высоте, особенно на грунтах с низкой несущей способностью, во время остановок дреноукладчика в процессе прокладки дрены.

При бестраншейном способе формирования дренажных трубопроводов невозможно визуально контролировать укладку труб и своевременно исправлять дефекты, поэтому к работе системы выдерживания заданного уклона и трубоукладочных механизмов предъявляются повышенные требования.

Основными факторами, оказывающими влияние на конечную точность дрен, уложенных через трубоукладчик, являются следующие: деформация грунта под опорной лыжей при движении ее по дну щели; точность формирования ложа относительно копира и укладки на него труб в дренажную линию; способ стабилизации положения труб в дренажной линии сразу после их укладки.

Последний фактор приобретает особое значение при вскрытии дреноукладчиком водоносного слоя в неустойчивых грунтах, где встречаются высокие уровни стояния грунтовых вод (0,7—0,9 м над дренажной). Здесь под действием высокого напора воды в придренной зоне может произойти всплывание пластмассовых труб, т. е. нарушение их продольной устойчивости. Это явление объясняется тем, что при проходе режущего ножа рабочего органа дреноукладчика в нижней части щели образуется (на некоторое время) свободная полость, мгновенно заполняемая водой и грунтовой суспензией.

В Мичуринской ПМК Ленинградской области апробирован рациональный способ стабилизации положения пластмассовых труб путем присыпки их грунтом, срезаемым со стенок щели специальным подрезающим устройством, монтируемым в концевой части трубоукладчика.

Для уплотнения грунта над щелью достаточно одного прохода гусениц трактора класса тяги 100 кН. При этом плотность грунта, закрывающего ее, исключает сквозную фильтрацию поверхностных вод. Средняя плотность грунта в уплотненной щели на глубине 25 см от поверхности, как показывают замеры, меньше грунта естественной структуры в среднем на 15—20 %.

Результаты выполненных замеров показали, что наиболее опасным моментом является одноосное сдавливание трубы в случае смыкания стенок щели сразу после выхода трубы из трубоукладчика. При ширине щели 160 мм по линии контакта трубы со стенками щели первоначальное давление достигает 0,4—0,5 МПа, затем по мере удаления рабочего органа давление уменьшается за счет релаксации грунта и снижения динамического воздействия от сил резания.

Точность формирования ложа на дне щели относительно копира и укладки на него дренажных труб обеспечивается надежной работой следящей системы дрено-

укладчика, которая периодически проверяется и наладживается путем тщательных контрольных нивелировок продольного положения дренажных линий.

Проведенными испытаниями на объектах мелиорации Смоленской и Ленинградской областей (ВНИИГиМ) установлено, что лазерная система для бестраншейного дреноукладчика типа УКЛ-1 обеспечивает устойчивое автоматическое регулирование высотного положения ножа на расстояниях в пределах 30—250 м от светонизлучателя при температуре воздуха 10—20 °С, скоростях движения 720—910 м/ч. Местные отклонения отметок дна щели по вертикали составили не более 2 см, что соответствует нормативным требованиям. Автоколебаний системы и потерь управления вследствие отказов системы не наблюдалось.

Перед работой дреноукладчика лазерный светонизлучатель устанавливается в 30 м от начала укладки дрены. Световая плоскость механизмом уклона светонизлучателя сначала ориентируется под заданным уклоном дрены, а затем устанавливается на требуемой высоте. С этой целью механизмом регулировки по высоте совмещают ось визирной трубы светонизлучателя с отметкой коэффициента дреноукладчика (расстояние от носка ножа до центрального фотодиода) на фоторейке. Она устанавливается в зависимости от схемы укладки на дно устья дрены или на верх трубы коллектора. Дреноукладчик с тягачом движется от начала укладки дрены, и нож заглубляется автоматически до момента ввода центрального фотодиода в световую плоскость. В процессе укладки дрены ее глубина регулируется автоматически по командам лазерного указателя.

При работе с двухсторонним впадением дрен в коллектор они укладываются за один сквозной проход дреноукладчика с одной позиции светонизлучателя. При этом уклон и высота световой плоскости для второй дрены измеряются при остановке машины в устье дрен. Затем дреноукладчик переезжает на новую дрену, а светонизлучатель переставляется на следующую позицию.

Прокладка пластмассовых труб. В настоящее время известны и апробированы два основных варианта подготовки пластмассовых дренажных трубопроводов к укладке на дно щели: с предварительной обмоткой труб на специальных станках рулонным защитно-фильтрующим материалом в стационарных заводских условиях;

с защитой труб рулонным материалом специальными обмоточными устройствами, агрегатируемыми с дренаукладчиком МД-4.

Более технологичным является первый вариант. Производственный опыт показывает, что при втором варианте из-за поломок и разладки обмоточного оборудования происходят неоправданные простои дренажных бригад. Кроме того, в этом случае и качество защиты по всей длине дрены не всегда отвечает требованиям. Разрыв ЗФМ в 2—3 местах может привести к заилению и выходу из строя всей дрены.

Основные технологические особенности и последовательность строительства дренажа из пластмассовых труб бестраншейным комплексом МД-4, МД-5 следующие: до начала строительства коллекторно-дренажной сети выполняются культуртехнические и планировочные работы по подготовке трасс; осуществляется вынос проекта и трассировка сети в натуре; строятся основная водопроводящая сеть и коллекторы; на приобъектный склад доставляются дренажные материалы.

Дренажные трубы и арматура из полимерных материалов складываются на объекте строительства на настилы (деревянные стеллажи, соломенные маты). Высота штабеля не должна превышать 2 м. Сверху штабель труб прикрывают брезентом, соломой или ветками для защиты от атмосферных воздействий. Места складирования обычно располагают не ближе 50 м от заправочных пунктов ГСМ.

Планировку трасс дрен выполняют универсальным бульдозером класса тяги 100 кН в один или два рабочих хода при высоте (глубине) неровностей более 20 см и поперечном уклоне трасс более 3°. Ширина планируемой трассы 4 м. Планировка трасс должна быть выполнена не позднее чем за день до укладки дренажа, что обеспечивает фронт работ дренаукладчика МД-4.

Для развозки дренажных материалов используют бульдозер или трактор ДТ-75М в сцепе с металлическим листом (пэной) или прицепом. Приобъектный склад должен быть расположен на расстоянии не более 2 км от места производства работ.

Общая масса дренажных материалов (труб, ЗФМ и соединительных деталей) составляет примерно 270 кг на 1 км пластмассовых дрен.

Погрузка и разгрузка бухт пластмассовых труб вы-

полняется вручную. При перевозке бухты ставят на ребро или навешивают на стойки транспортного прицепа.

По трассам дрен их раскладывают (у устья) с левой стороны по ходу дреноукладчика исходя из длины дрен и труб в бухтах.

Для натяжения копирного троса по оси пикетной разбивки устанавливают основные и промежуточные упоры. Расстояние между основными упорами 20 м и между промежуточными — 10 м. На другой стороне коллектора, в месте впадения дрены, ставится дополнительный упор. В случае провисания троса устанавливают дополнительные упоры.

Для установки упора без предварительного вычисления глубины траншей рекомендуется применять специальную рейку с сантиметровыми делениями. Нижний обрез рейки длиной 2 м должен быть обозначен числом, равным коэффициенту экскаватора. Выдвижной упор поднимается на высоту, равную проектной глубине траншей на данном пикете трассы коллектора.

После установки основных упоров на расстоянии 10—12 м на них закрепляют копирный трос. Трос натягивают с помощью лебедки, а затем навешивают его на упоры, после чего между основными упорами помещают промежуточные. Усиление натяжения троса должно быть не менее 500 Н. Применение люнета на дреноукладчике МД-4 позволяет увеличить расстояния между упорами до 40—60 м при обеспечении заданного уклона дрен.

Для заглубления рабочего органа дреноукладчика МД-4 от коллектора вначале разрабатывается приямок длиной 5—6 м и шириной 0,5 м. Дно приямка должно быть на 3—5 см выше трубы коллектора. При работе по технологической схеме, когда дрены выпадают в открытый канал, рабочий орган дреноукладчика может заглубляться непосредственно от канала при его ширине на уровне заглубления не менее 4 м. При меньшей ширине канала дополнительно разрабатывается приямок длиной 3—4 м.

Процесс укладки дрен начинается с подготовки дреноукладчика к работе, включающей следующие операции: установку на трассу; навешивание бухты пластмассовых труб; подачу трубы через направляющие в спускной лоток; заглубление рабочего органа в приямок или открытый канал и закрепление трубы за коллектором прижимной вилкой.

После укладки 10 м дрены ее подсоединяют к коллектору с использованием соединительных деталей или через керамическую трубу.

Оформление истока дренажной линии выполняется за 3—5 м до выглубления рабочего органа. Пластмассовую трубу обрезают и торец закрывают заглушкой или плотным ЗФМ типа иглопробивного нетканого полотна или ПЭ-холста. При продолжении рабочего хода дренаукладчика конец трубы опускается на дно щели.

При обрыве трубы или окончании бухты трубы стыкуются при помощи накладной соединительной муфты или отрезка трубы длиной 20—30 см.

Схемы операционного контроля строительства пластмассового дренажа приводятся в табл. 22.

Производственный опыт строительства бестраншейного дренажа из пластмассовых труб в Ленинградской области позволил определить средние экономические показатели технологического процесса (табл. 23).

В случае необходимости увеличения осушительного действия бестраншейных дрен в тяжелых слабоводопроницаемых грунтах или устройства комбинированных систем предпочтительного увлажнения с осушителями-увлажнителями или скважинами-усилителями с бестраншейным дренаукладчиком может агрегатироваться специальное сменное трубоукладочное оборудование, позволяющее осуществлять укладку фильтрующих элементов одновременно с прокладкой основных дренажных трубопроводов.

На объектах мелиорации Ленинградской области (ОПХ СевНИИГиМа, Мичуринская ПМК и др.) прошли широкую производственную проверку опытные образцы сменного технологического оборудования к бестраншейному дренаукладчику для механизированной укладки индустриальных блоков (рис. 29, а) из различных материалов, отличающихся высокой водопропускной способностью. Отработаны варианты механизированной прокладки непрерывных фильтрующих жгутов (рис. 29, б) и внесения оструктурирующих быстротвердеющих полимеров и химмелиорантов (рис. 29, в).

Учитывая производственный опыт бестраншейного способа строительства дренажа и результаты научных исследований за последние годы, представляется возможным сформулировать некоторые практические рекомендации по совершенствованию и повышению его тех-

22. Схема операционного контроля качества строительства пластмассового дренажа

Технологический процесс	Основные требования к качеству	Метод и средство контроля	Время контроля
1	2	3	4
Обмотка пластмассовых труб ЗФМ	Прочность на разрыв ЗФМ не менее 2 кПа; перекрытие ленты на трубе не менее 5 см; оболочка из ЗФМ не должна иметь разрывов	Осмотр (визуально); замеры линейкой	До и после обмотки труб
Планировка трасс	Ширина полосы не менее 4 м; высота неровностей не более 20 см; поперечный уклон не более 3°	Осмотр (визуально); замеры с помощью геодезического инструмента, рейки или рейки с уровнем	После планировки трасс
Доставка дренажных материалов	Размеры труб и соединительных деталей должны соответствовать проектным данным; трубы не должны иметь перегибов, вмятин, трещин, разрывов ЗФМ	Замеры линейкой; осмотр (визуально)	До укладки дрена
Установка копирного троса	Отклонения высоты основных упоров копирного троса не более 5 мм; отклонения от прямолинейности в плане не более $\pm 0,2$ м; расстояние между упорами не более 10 м; отклонения расстояний не более 1 м	Замеры рулеткой, геодезическим инструментом и рейкой	До укладки коллектора и дрена

1	2	3	4
Укладка коллектора	Отклонения от продольного уклона не более $\pm 0,0005$; местные отклонения дна траншеи не более ± 3 см; отклонение оси коллектора в плане не более $\pm 0,5$ м; обратные уклоны дна траншеи не допускаются; зазоры в стыках не более 2 мм; смещения труб не более $1/3$ толщины стенки трубы; смещение полосы ЗФМ от стыка не менее $1/3$ ширины полосы; толщина присыпки гумусного слоя грунта не менее 20 см	Исполнительная нивелировка коллектора; замеры линейкой и шумом	В процессе и после укладки коллектора
Отрывка прямков	Ширина не менее 0,5 м; длина не менее 5,0 м; дно прямка должно быть на 5—10 см выше верха трубы коллектора	Замеры рулеткой	После отрывки прямка

Укладка пластмассовых труб	Отклонение от продольного уклона не более $\pm 0,0005$; местные отклонения дрен не более ± 2 см; отклонения оси дрен в плане не более $\pm 0,5$ м; обратные уклоны не допускаются	Контрольная нивелировка дрен	В процессе укладки дрен
Устройство устья коллектора или пластмассовой трубы	Уклон устьевой трубы должен быть не менее проектного уклона коллектора или дрен; превышение дна трубы над дном канала не менее 40 см; зазор в сопряжении не более 2 мм	Осмотр (визуально); замеры линейкой, щупом	В процессе и после оформления устья
Оформление истока коллектора или одиночной пластмассовой дрен	Концевой участок трубы плотно заделывается заглушкой с обмоткой ЗФМ	Осмотр (визуально)	В процессе оформления истока
Засыпка приемков и траншей коллекторов	После засыпки над приемком и траншеей должен оставаться валик высотой 20—30 см	То же	После засыпки

23. Примерная
стоимости строительства 1000 м дренажа

Технологическая операция	Состав агрегата		Объем работ на 1000 м	Норма выработки, ч
	Наименование	Марка		
Обмотка пластмассовых труб защитно-фильт- рующим материалом	Станок	УФ-1	1000 м	300
Планировка трасс дрен	Универсальный бульдозер	Д-493А	4800 м ²	7692
Доставка дренажных ма- териалов	Трактор с пэной	ДТ-75М	0,25 т	0,6
Устройство пластмассо- вого дренажа	Бестраншейный дреноукладчик	МД-4	1000 м	200
Устройство дренажных устьев	Тягач	МД-5	8 шт.	0,5
	Вручную			
Итого:				
С МД-5				
Без МД-5				

нологических показателей в различных гидрогеологических условиях строительства.

1. Применяемые гофрированные пластмассовые дренажные трубы должны быть предварительно покрыты защитно-фильтрующим материалом на стационарных установках типа УФ-1.

2. Поверхность цельнометаллического спускного лотка V-образной формы должна быть гладкой, тщательно отшлифованной, не иметь сварочных наплывов в стыках. Это позволяет исключить нарушения защитного покрытия на поверхности пластмассовых труб во время их прохождения по спускному тракту лотка.

3. В определенных грунтовых условиях с соответствующим проектным обоснованием целесообразно применять спиральновитые трубы (ТДСВ) с мелкой перфорацией (0,4—0,6 мм) без дополнительного покрытия их защитно-фильтрующим материалом. Сматывание пластмассовых труб с барабана и подача на дно щели должны осуществляться при постоянном их натяжении с силой порядка 30—50 Н.

4. Поскольку пластмассовые изделия подвержены

калькуляция
в грунтах I—III группы

Затраты на 1000 м дренажа							
трудо- вые, м/чел.-ч	материальные, руб.						
	заработная плата	амортиза- ция	текущий ремонт и т.д.	ГСМ	одновре- менные затраты	стоимость материалов	всего
3,3/6,6	7,32	0,05	0,46	1,3	—	—	9,13
0,60	1,15	0,06	0,33	0,42	0,10	—	2,06
0,6	0,69	0,05	0,24	0,22	—	—	1,20
5/20	37,90	10,85	5,85	5,40	7,90	505	572,9
5,0	11,75	6,65	4,70	4,95	6,10	—	34,15
17,8	13,62	—	—	—	—	16	29,62
51,0	72,43	17,86	11,58	12,29	14,1	521	649,06
46,0	60,68	11,01	6,88	7,34	8,0	521	614,91

деформации, перспективным для формирования дренажных трубопроводов из них представляется применение соединительномонтажных элементов (муфт, втулок и т. д.). Дренажная линия может быть предварительно сформирована в виде отдельных короткомерных или длинномерных дренажных плетей на поверхности. Работа оператора-трубоукладчика в этом случае состоит в том, чтобы обеспечивать стыковку не отдельных труб и соединительных элементов, а готовой дренажной плети. Не исключается также применение специальных автоматизированных устройств, обеспечивающих стыковку керамических труб с муфтами на платформе дре-ноукладчика и синхронную подачу их через спускной тракт трубоукладчика на дно щели.

5. Если бестраншейные дрены впадают в открытый канал, концевая часть их оформляется устьем облегченной конструкции из асбестоцементных или пластмассовых труб и деталей. В этом случае необходимость устройства приямка (заходного шурфа) отпадает.

Сделана предварительная оценка (Ф. Р. Зейдельман, 1982) возможности применения бестраншейного пласт-

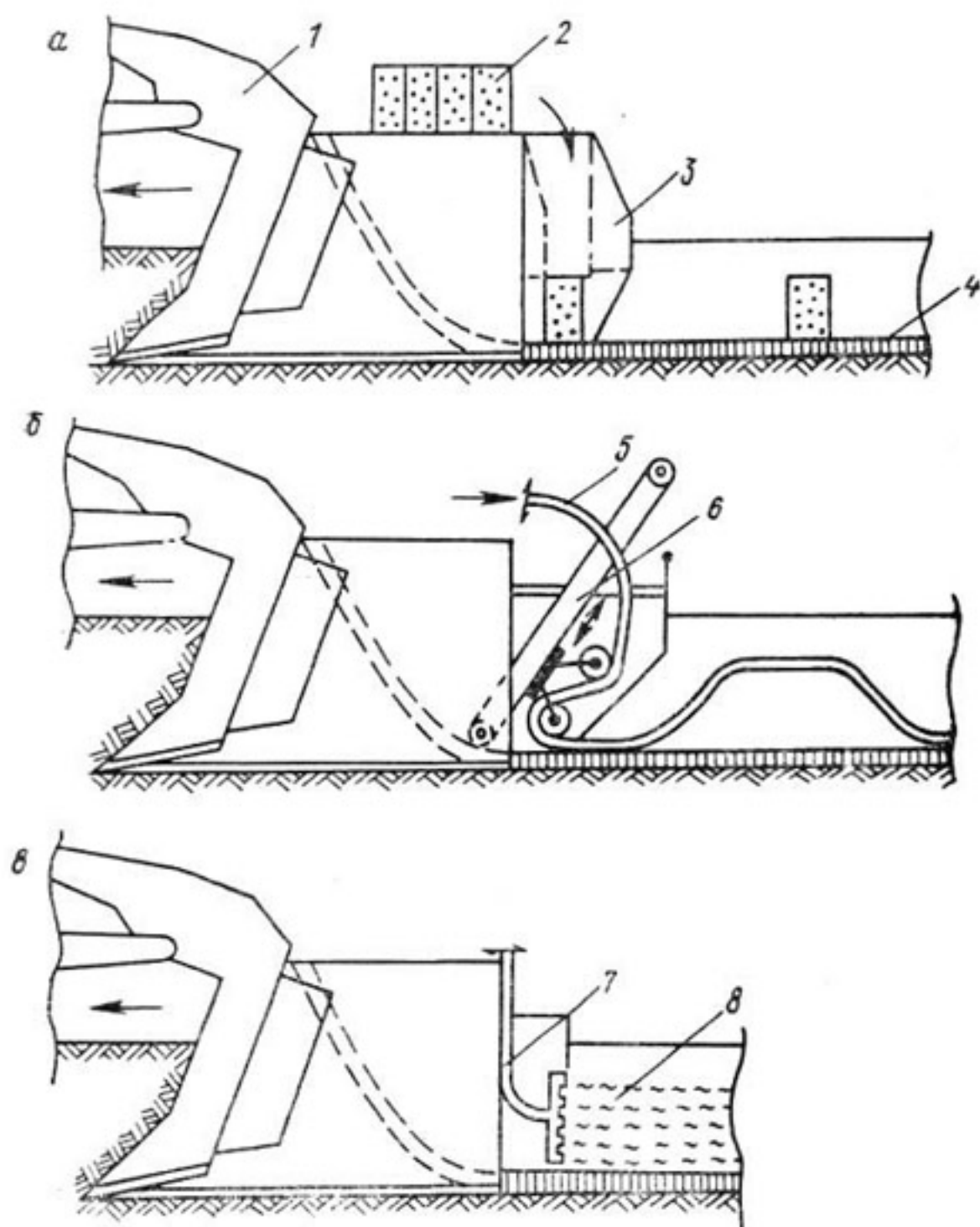


Рис. 29. Схема навесного технологического оборудования для укладки фильтрующих элементов:

а — укладка блоков; *б* — укладка жгутов; *в* — внесение быстротвердеющих полимеров и химмелиорантов; 1 — рабочий орган дреноукладчика; 2 — фильтрующие блоки; 3 — модуль-приставка; 4 — дренажный трубопровод; 5 — непрерывный жгут; 6 — формователь жгутовой линии; 7 — трубопровод с насадкой для распыления; 8 — оструктуривающие материалы

массового дренажа и узкотраншейного способа укладки дрен в Нечерноземной зоне РСФСР при различных почвенно-мелиоративных условиях.

В дальнейшем с накоплением производственных и экспериментальных данных эта оценка будет уточняться.

Возможность и условия применения бестраншейного пластмассового дренажа, целесообразность узкотраншейной укладки пластмассовых дрен

$K_{\Phi}^* = 0,3$ м/сут. Применение возможно. Специальные мероприятия (глубокое рыхление, дренажные засыпки повышенной водопроницаемости и др.) не требуются

$K_{\Phi}^* = 0,3—0,1$ м/сут. Применение возможно на фоне глубокого рыхления почв

$K_{\Phi}^* = 0,1—0,05$ м/сут. Применение возможно на фоне глубокого рыхления почв. Минимальные нормативные расстояния

$K_{\Phi}^* = 0,05$ м/сут. Применение возможно на фоне глубокого рыхления почв и использования дренажных засыпок повышенной водопроницаемости. Целесообразен переход на укладку дрен в узкие траншеи с засыпкой повышенной водопроницаемости и глубоким рыхлением

Применение невозможно или проблематично в связи с неблагоприятными почвенно-мелиоративными условиями

Характеристика почвогрунтов

Песок, супесь 0,6 м на моренном и другом суглинке и глине. Пески, супеси флювиогляциальные (вне ареала юрских пород). Пески, супеси моренные. Валун диаметром 60 см в слое 1 м 50 м³/га. Глинистый агрегированный аллювий (вне зон влияния ожелезненных грунтовых вод)

Суглинисто-глинистый элюво-делювий карбонатных пермских пород. Покровные (лессовидные) легкие суглинки. Моренные легкие суглинки с прослоями супеси. Валуны диаметром 60 см в слое 1 м 50 м³/га. Песок, супесь 0,6 м на моренном легком суглинке с прослоями супеси. Валуны диаметром 60 см в слое 1 м 50 м³/га

Покровные лессовидные средние тяжелые суглинки. Моренные легкие и средние суглинки. Валуны диаметром 60 см в слое 1 м 50 м³/га

Покровные лессовидные глины. Моренные тяжелые суглинки и глины. Валуны диаметром 60 см в слое 1 м 50 м³/га

Озерно-ледниковые, в том числе ленточные глины. Сильнокаменистые моренные отложения различного состава. Валуны 50 м³/га; высокое содержание валунов диаметром более 60 см. Породы в ареалах распространения сильно ожелезненных грунтовых вод. Двучлен с близким залеганием плотных метаморфизированных и изверженных пород. Мощные торфяные почвы

* K_{Φ} — коэффициент фильтрации почвогрунтов на глубине 60—70 см (ниже зоны рыхления).

К фильтрам, осложняющим строительство дренажа, отнесены завалуненность, близкое залегание скальной плиты, сильное ожелезнение грунтовых вод.

Если почвы, относящиеся по составу и генезису пород ко II и III группам, имеют K_f соответственно меньше 0,3—0,1 и 0,1—0,05 м/сут, то при осушении почвы II группы применяют дренаж с минимальными расстояниями и глубокое рыхление; при осушении почв III группы — дренажные засыпки повышенной водопроницаемости и рыхление. На всех суглинистых и глинистых почвах обязательны организация поверхностного стока, применение объемных фильтров, преимущественно из органических материалов, повторное глубокое мелиоративное рыхление. При применении пластмассового дренажа — предварительное осушение массива.

Использование дреноукладчика МД-4 в зимний период. В связи с переходом мелиоративно-строительных организаций на круглогодичное выполнение работ для прокладки дренажных трубопроводов в зимний период все шире стал использоваться бестраншейный дреноукладочный комплекс МД-4, МД-5. Комплексы МД-4 и МД-5 обладают достаточным тяговым усилием для разрыхления слоя мерзлоты до 25 см на легких минеральных грунтах и до 40 см — на торфяниках. Щель, образующаяся за рабочим органом дреноукладчика, проходит ниже мерзлого слоя и смыкается сразу же после прокладки дрены, что исключает попадание мерзлого грунта на дренажный трубопровод.

Краткая характеристика объектов мелиорации и условий строительства на различных объектах объединения Ленмелиорация в 1978—1979 гг. приводится в табл. 24.

Дреноукладчик МД-4 закладывал дрены на торфяниках и легких минеральных грунтах при глубине промерзания 10—35 см и температуре воздуха от —7 до —18 °С.

В зависимости от глубины промерзания и с учетом вывода дрен в открытые каналы или закрытые коллекторы строительство дренажа проводилось по различным технологическим схемам.

Технологическая схема (ТС-1) применялась при строительстве участков «Макриля» и «Центральное отделение» совхоза «Раздолье» (табл. 25). Дреноукладчик МД-4 с тягачом МД-5 укладывал пластмассовый дре-

**24. Характеристика объектов строительства
в Приозерском районе Ленинградской области**

Объект	Время строительства	Грунт	Температура воздуха, °С	Глубина промерзания, см	Примечания
„Макриля“	12.1978	Торф	5—10	8—10	Мощность торфа более 2 м, пни-стость 4 %
„Центральное отделение“, с-з „Раздолье“	02.1979	„	15—18	10—12	Мощность торфа более 1,2—1,6 м
„Золотая долина“, с-з „Красноозерный“	03.1979	„	5—8	15—25	Мощность торфа более 2 м
„Холодный ручей“, с-з „Смена“	12.1978	Супеси, легкие и средние суглинки	7—10	25—30	Озерно-ледниковые отложения без каменистых включений

**25. Технологические схемы строительства дренажа
бестраншейным дреноукладчиком в зимний период**

Технологическая схема	Технологическая операция	Машина и механизм	Глубина промерзания
ТС-1	Прокладка дренажных трубопроводов: от закрытых коллекторов от открытых каналов	МД-4, МД-5	До 15 см
ТС-2	Проход по трассе дрены для вскрытия мерзлоты. Расчистка трассы. Прокладка дренажных трубопроводов	ЭТЦ-202А, РК-1,2 МД-4, МД-5, Д-493А	До 25 см
ТС-3	Проход по трассе для вскрытия мерзлоты. Расчистка трассы. Прокладка дренажных трубопроводов	РМГ-1-40, Д-493А	До 35 см

наж на проектную глубину за один проход. На участке совхоза «Раздолье» строительство дренажа проводилось от закрытого коллектора. Для подключения дрен экскаватор ЭТЦ-202А отрывал приямок за коллектором на расстоянии 10—12 м, при этом мерзлый грунт предварительно разрыхлялся. Эксплуатационная производительность экскаватора МД-4 составляла в среднем 650 м/ч.

На участке «Мокрушинское болото» экскаватор МД-4 прокладывал дренажи непосредственно от открытого канала. При такой схеме исключается операция по отрывке приямка, а дреноукладчик прокладывает дренажи, двигаясь челночным способом без холостых проходов. Эксплуатационная производительность МД-4, МД-5 составила в среднем 720 м/ч.

Технологическая схема ТС-2 применялась на участке «Золотая долина». Дреноукладчик МД-4 с тягачом МД-5 проходил по трассе дренажа без прокладки дренажного трубопровода, прорезая слой мерзлого грунта. После прохода дреноукладчика на трассе оставались глыбы мерзлого грунта, мешающие вторичному проходу дреноукладчика. Эти глыбы удаляли бульдозером на тракторе Т-100 (Д-494А). После удаления глыб дреноукладчик МД-4 проходил снова по трассе дренажа, закладывая полиэтиленовые трубы на проектную глубину с заглублением от приямка, отрываемого экскаватором ЭТЦ-202А. Эксплуатационная производительность дреноукладчика МД-4 составила 650 м/ч.

Технологическая схема ТС-3 применялась на участке «Холодный ручей». Здесь предварительное рыхление мерзлого грунта производили рыхлителем РМГ-1-40. После удаления мерзлых глыб бульдозером по разрыхленной трассе проходил бестраншейный дреноукладчик, прокладывая дренажный трубопровод. Производительность рыхлителя РМГ-1-40 при глубине промерзания 0,35 м и ширине захвата 0,7 м составила 20 м³/ч при скорости прохода по трассе 175—200 м/ч. Эксплуатационная производительность дреноукладчика МД-4 была в среднем 530—650 м/ч.

Бригада, обслуживающая дреноукладочный комплекс, состояла из 6 человек: машиниста МД-4, машиниста МД-5, двух операторов-трубоукладчиков, тросовщика, машиниста трактора Т-130 с рыхлителем. Контроль точности прокладки продольных уклонов уложенных дрен проводили путем фиксирования отметок по

нивелирной рейке, установленной на трубоукладчике МД-4. Данные контрольных нивелировок приведены в табл. 26. Анализ данных контрольных нивелировок показывает, что точность прокладки дренажных трубопроводов зависит как от температуры воздуха, так и от глубины промерзания грунта.

26. Качественные показатели укладки дрен дреноукладчиком МД-4 в зимний период

Объект	Температура воздуха, °С	Глубина промерзания грунта, см	Технологическая схема	Количество дрен, шт	Максимальная величина отклонений, см	Количество отклонений, выше допустимых на 100 м
«Макриля»	-8...-10	8-10	ТС-1	5	15-18	—
«Раздолье»	-15...-20	10-12	ТС-1	7	34-37	8
«Золотая долина»	-5...-8	30-35	ТС-1	6	27-34	9
			ТС-2	6	10-15	—
«Холодный ручей»	-7...-10	25-30	ТС-3	5	8-14	—

Обобщение результатов контрольного нивелирования при глубине промерзания более 25 см показало, что при прокладке дренажа по технологической схеме ТС-1 наблюдаются значительные отклонения от проектного уклона, превышающие допустимые. При работе дреноукладчика по технологическим схемам, предусматривающим предварительное вскрытие слоя мерзлого грунта, или при глубине промерзания менее 25 см существенных отклонений профиля дрены от проектной не наблюдается. Установлено также, что при температуре воздуха ниже -15°C из-за повышенной вязкости масла в гидравлической системе механизма контроля глубины укладки возникают погрешности в его работе, что приводит к отклонению отметок профиля дрены от проектных на 8—14 мм выше допустимых.

Анализируя условия работы дреноукладчика МД-4 в зимний период, следует отметить эффективность его использования на участках, где летом строительство дренажа затруднено (участки с оплывающими грунтами, сильно обводненные, с высоким уровнем стояния грунтовых вод). Так, на участках «Макриля» и «Мокрушинское болото» в летнее время невозможно строительство даже открытых каналов. На других участках по проекту предусматривались предварительное осуше-

ние и укладка гончарных труб на стеллажи. В зимний период образование верхнего мерзлого слоя мощностью более 8 см позволило вести работы дренаукладочным комплексом МД-4, МД-5. Прокладка дрен из непрерывной пластмассовой трубы бестраншейным способом исключила дополнительную операцию по устройству стеллажей.

Бестраншейная прокладка закрытых дренажных коллекторов методом прокола. В местах пересечения трасс закрытых коллекторов железнодорожным или автодорожным полотном, где остановка движения транспорта связана с большими трудностями, применяют бестраншейную прокладку коллекторов методом прокола.

Работы выполняются с помощью пневмопробойника типа ИП-4603 в такой последовательности: подготовительный этап, прокол пневмопробойником отверстий, прокладка коллекторных труб с помощью пневмопробойника.

На первом этапе под полотном дороги предварительно разрабатываются пионерные траншеи, которые заканчиваются прямыми примерно на расстоянии 2 м от насыпи. Размеры прямых в плане составляют 2×2 м. Ширина траншеи зависит от диаметра прокладываемых труб.

На втором этапе с помощью специальных приспособлений производится ориентирование направления движения пневмопробойника. Затем от компрессора ДК-9 сжатый воздух подается в пневмопробойник, который производит прокол.

На последнем этапе трубы протягивают в отверстие. С этой целью хвостовая гайка пневмопробойника и прокладываемая труба, на передней части которой установлен амортизирующий съемный хомут, соединяются тросом.

Как показал опыт, таким способом можно протягивать трубы диаметром 100 мм, сваренные в плети длиной до 30 м.

Кроме того, в практике апробирован вариант, при котором пневмопробойник вставляется внутрь трубы и протягивает ее.

3.5. Технология строительства коллекторов большого диаметра

В зависимости от почвенных условий, глубины закладки труб, агрессивности среды, в которой будет работать коллектор, применяются трубы из различных материалов: гончарные, керамические канализационные, асбоцементные и железобетонные. Диаметр применяемых труб следующий: гончарных — 25 см; керамических — 25, 30, 35, 40 см; асбоцементных — 25, 30, 35, 40, 50 см; железобетонных — 30, 40, 50, 60 и 80 см.

Для строительства коллекторов диаметром 25 см в основном применяются гончарные трубы. Однако если глубина закладки коллекторов превышает 3,5 м, гончарные трубы заменяются более прочными асбоцементными или керамическими повышенной прочности.

Разработка траншеи при заложении коллекторов из труб диаметром 25 см на глубину до 2 м производится многоковшовыми или одноковшовыми экскаваторами, имеющими трубоукладочные устройства для предотвращения обрушения стенок траншеи. При глубине траншеи от 2 до 3 м верхнюю часть траншеи целесообразно отрывать бульдозером, а нижнюю (глубиной до 2 м) — многоковшовыми экскаваторами.

В случаях, когда для строительства коллекторов применяют трубы диаметром более 25 см, а также когда диаметр применяемых труб составляет 25 см, но глубина их закладки больше 3 м, для отрывки траншей используются одноковшовые экскаваторы. При этом ширина дна траншеи принимается следующей: для труб диаметром от 30 до 50 см — $D+60$ см; для труб диаметром больше 50 см — $D+100$ см (здесь D — наружный диаметр труб). Кроме того, при использовании одноковшовых экскаваторов траншеи отрываются с наклонными стенками.

Строительство закрытых коллекторов диаметром более 25 см проводится при наиболее низком уровне стояния грунтовых вод.

Грунтовые и поверхностные воды, интенсивно поступающие в траншею, удаляются самотеком по желобкам на дне траншеи либо откачиваются насосом. При необходимости для этой цели применяются иглофильтры.

Подготовка трасс коллекторов большого диаметра производится аналогично подготовке трасс дрена.

рина подготавливаемой полосы должна быть достаточной для обеспечения доставки и размещения коллекторных труб и деталей сооружений, движения землеройных и подъемно-транспортных машин, размещения вынутого грунта.

Железобетонные трубы и детали сооружений при перевозке должны закрепляться так, чтобы исключить их повреждение. Керамические и асбоцементные трубы для коллекторов надлежит перевозить в контейнерах (пакетах).

Погрузочно-разгрузочные и монтажные работы при строительстве крупных коллекторов производятся с помощью подъемных средств (автомобильных и тракторных кранов, погрузчиков и т. д.), снабженных стропами, крюками и клещевыми захватами, которые во избежание повреждения труб должны иметь мягкие накладки.

Доставка коллекторных труб и деталей сооружений на трассы осуществляется в зависимости от местных условий автотранспортом, на прицепах или лыжах. Трубы и детали сооружений раскладываются рядом с траншеей вне призмы обрушения.

При строительстве коллекторов большого диаметра на дне для укладки труб подготавливается ложе с учетом их диаметра.

В плотных и каменистых грунтах, где практически невозможно сделать ложе так, чтобы трубы прилегали плотно, его углубляют на 2—3 см и делают в него подсыпку из сыпучих материалов.

Опускание трубы в траншею производится вручную (когда применяются гончарные, керамические или асбоцементные трубы малых диаметров), при помощи автокрана или специального крана на гусеничном ходу, а чаще всего экскаватором, отрывающим траншею.

Герметизация стыков между трубами осуществляется по ходу укладки их в траншею и должна исключать проникновение грунта в коллектор в течение всего срока его службы.

Участки коллектора с уложенными трубами обычно контролируют на правильность выдерживания заданной глубины и уклона нивелиром или визирами (допустимые местные отклонения отметки дна от проектных ± 5 см); на прямолинейность — визирами (допустимые отклонения трубы от оси траншеи $\pm 1,5$ см); на качество укладки и стыковки — визуально, щупом, линейкой

(не допускаются зазоры в стыках без защиты фильтрующим материалом; поперечное смещение торцов труб должно быть не более $\frac{1}{3}$ толщины стенки трубы, а угловое смещение — не более 3° на 1 м длины).

Если глубина траншеи над коллектором из гончарных труб превышает 2 м, а для остальных труб — 3 м, делается присыпка их вручную (на 5 см выше труб) с послойной утрамбовкой грунта. Дальнейшая засыпка траншеи производится бульдозером.

При использовании для строительства коллекторов железобетонных труб их наружная поверхность покрывается антикоррозионными материалами. Для присыпки железобетонных труб используется грунт после снятия верхнего слоя.

Применение железобетонных труб без специальных средств защиты их от коррозии не допускается в следующих случаях: в торфяных почвах; в минеральных почвах, рН которых меньше 5; в почвах, грунтовые воды которых являются агрессивными по отношению к бетону и железобетону.

3.6. Способы контроля продольных уклонов дрен и оценка качества строительства

От степени соответствия фактических продольных уклонов и глубин закладки дренажных трубопроводов проектным в значительной мере зависят эксплуатационная надежность и работоспособность дренажной системы в целом.

Как установлено в процессе проведения контрольных нивелировок, одной из причин отклонения фактических отметок продольных уклонов дренажных трубопроводов от проектных является отсутствие оперативного предупредительного инструментального контроля, который должен проводиться с целью своевременного выявления причин нарушений технологического процесса.

Применяемые в настоящее время методы контрольных нивелировок не могут регулировать в полной мере качественные показатели технологического процесса.

На основании комплексных исследований, проведенных СевНИИГиМом и Ленинградским сельскохозяйственным институтом (ЛСХИ), разработан новый способ выполнения оперативных контрольных нивелировок с использованием нивелира-уклономера (рис. 30). Ниве-

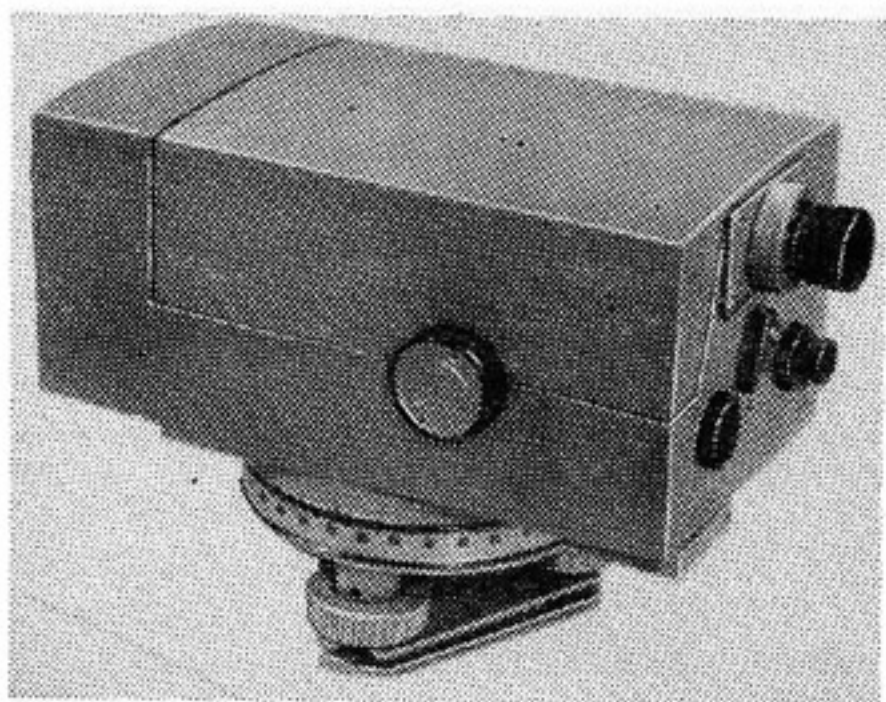


Рис. 30. Нивелир-уклономер

лир-уклономер устанавливают в начальной точке дрены, а на ее конце ставят вешку или рейку с меткой, соответствующей проектному уклону. На эту метку наводят визирную трубу геодезического инструмента и закрепляют ее в этом положении.

Прибор может применяться в качестве обычного нивелира с самоустанавливающейся линией визирования, а также как уклономер. Уклономером можно задавать и измерять наклон визирного луча. Для этого зрительная труба снабжена дополнительным объективом, ось которого расположена в одной горизонтальной плоскости с осью основного объектива. Перед дополнительным объективом прибора установлен уклономер в виде компенсатора, состоящего из неподвижного и подвижного клиньев. С последним жестко скреплена отсчетная шкала, изображение которой при помощи специального объектива и системы призм передается в поле зрения окуляра. Поворачивая подвижный клин со шкалой вокруг визирной оси, можно получить требуемый наклон визирного луча или, подводя изображение выбранного деления рейки к горизонтальной нити сетки, отсчитать по шкале величину наклона.

В комплекте с прибором использовалась нивелирная рейка, приспособленная как для непосредственного отсчета фактических отметок дна дренажных траншей, так и для определения отклонений фактических отметок

дна траншей от проектных. Для этого к рейке пристроена выдвижная пятка со специальной оцифровкой и дополнительной сантиметровой шкалой (длиной 40 см) с нулевым делением в центре. Эта шкала закрепляется при каждой установке инструмента на соответствующем отсчете по рейке, определяемом зависимостью $a = H_{г.н} - H_{пк0} + i\Delta S - d_n$, где $H_{г.н}$ — горизонт инструмента на дистанции, см; $H_{пк0}$ — проектная отметка в устье дрены, см; i — проектный уклон; ΔS — расстояние от нулевого пикета (ПК0) в устье дрены до инструмента, см; d_n — внешний диаметр дренажных труб, см.

Дополнительная шкала нанесена на передвижную визириную мерку с устройством для точного совмещения нулевого деления с отсчетом на рейке. Рейка устанавливается через определенные промежутки на дно траншей или на верхнюю кромку дренажных труб. Наблюдатель берет отсчеты, которые при соблюдении проектного уклона дна траншей должны быть одинаковыми. В случае отклонения уклона выполненного дна от проектного отсчеты, взятые по рейке, могут быть использованы для определения величины этих отклонений.

Новый способ контрольного нивелирования является перспективным. По сравнению с существующим методом он имеет ряд преимуществ. Отпадает необходимость в наведении зрительной трубы нивелира при установке рейки на несколько точек и взятии на них отсчетов, если выполненный уклон соответствует проектному. Исключаются вычисления фактических отметок дна траншей для сравнения с проектными, так как это сравнение выполняется в процессе нивелирования. Нивелирная рейка может быть укреплена на заднюю лыжу трубоукладчика, движущегося по дну дренажной выемки. Дополнительное оснащение уклономера фоторегистрационным устройством позволит фиксировать отсчеты по рейке через определенные промежутки времени или в определенных точках.

Появляется возможность применения статистических методов контроля качества, обеспечивающих сокращение трудозатрат при гарантированном уровне надежности технологического процесса. Для этого разработана и освоена программа определения комплексных показателей точности прокладки коллекторно-дренажной сети по продольному уклону с использованием

ЭВМ. Качество прокладки дренажной линии определяется путем анализа вычисленных параметров:

$$m\Delta h_1 = \sqrt{\frac{\sum \Delta h_1^2}{n}}; \Delta h = l_{уч} \Delta i,$$

где Δh_1 — разность между фактической и проектной отметками дна траншеи, см; $m\Delta h_1$ — среднеквадратическое значение этой разности, см; n — число замеров; $l_{уч}$ — длина анализируемого участка, см; Δi — разность между фактическим и проектным уклонами.

Как показывает анализ, полученные величины достаточно полно характеризуют точность прокладки дренажных трубопроводов. При их значительной протяженности желательно учитывать еще и фактический уклон отдельных участков траншей, а также среднее отклонение фактической глубины от проектной. Чем ближе фактический уклон и глубина траншеи к проектным, тем выше качество траншей.

Анализ полученных на ЭВМ параметров точности позволяет выявить причины нарушений технологического процесса при прокладке коллекторно-дренажной сети на объекте; определить конкретные мероприятия по их исключению при дальнейшем производстве работ; уточнить шаг контрольных нивелировок, что способствует повышению качества строительства и эксплуатационной надежности закрытых дренажных систем в целом.

Следует отметить, что внедрение вышеописанного способа выполнения оперативных контрольных нивелировок с использованием нивелира-уклономера и оценки качества прокладки дренажных линий с помощью ЭВМ позволяет сократить трудозатраты по геодезическому обеспечению строительства на 25—30 %.

При бестраншейной прокладке дренажных трубопроводов в настоящее время применяется оперативный контроль точности продольных уклонов с помощью нивелира и рейки, устанавливаемой на штанге, которая шарнирно крепится к корпусу трубоукладчика. Частота взятия контрольных отсчетов определяется величиной уклона дрены и гидрогеологическими условиями трасс.

Оценка качества строительно-монтажных работ при их приемке от исполнителей производится мастерами или производителями работ. При этом учитываются результаты контроля качества, который осуществляют представители технического надзора заказчика, автор-

ского надзора проектных организаций, строительных лабораторий и геодезических служб строительно-монтажных организаций, а также государственных и ведомственных органов контроля и надзора.

Оценка качества скрытых работ производится при их приемке техническим надзором заказчика с участием представителя подрядчика (мастера или производителя работ), а оценка работ по возведению ответственных конструкций, кроме того, с участием представителей авторского надзора.

Качество отдельных видов работ при приемке их от исполнителей оценивается:

«отлично» (5) — работы выполнены с особой тщательностью, мастерством и техническими показателями, превосходящими требуемые нормативными документами и стандартами, или при улучшении предусмотренных проектом эксплуатационных показателей без увеличения сметной стоимости соответствующих видов работ;

«хорошо» (4) — работы выполнены в полном соответствии с проектом, нормативными документами и стандартами;

«удовлетворительно» (3) — работы выполнены с малозначительными отклонениями от технической документации, согласованными с проектной организацией и заказчиком и не снижающими показателей надежности, прочности, устойчивости, долговечности, внешнего вида и эксплуатационных качеств.

Оценка качества строительно-монтажных работ по объекту в целом с учетом оценок отдельных видов работ определяется по формуле $K_{\text{ср}} = 5P_5 + 4P_4 + 3P_3 / (P_5 + P_4 + P_3)$, где P_5 , P_4 , P_3 — количество видов работ, получивших соответственно оценки «отлично», «хорошо», «удовлетворительно»; полученные средние значения округляются.

Проверка соответствия строительно-монтажных работ требованиям проекта, нормативным документам и стандартам должна осуществляться в зависимости от характера контролируемых параметров и требований инструментально (измерения, испытания) и визуально. Необходимость сплошной или выборочной проверки, объем и способы контрольных измерений и испытаний определяются исходя из требований нормативных документов и стандартов.

Существуют технические требования к производству работ при строительстве гончарного и пластмассового дренажа, определяемые строительными нормами и правилами (СНиП III-45—76):

сроки строительства дренажной сети на осушаемых землях должны назначаться такими, чтобы работы по устройству дренажа завершились к моменту подъема УГВ до отметок заложения труб, а также обеспечивались благоприятные гидрогеологические условия для производства строительных работ всей мелиоративной системы (п. 4.33);

строительство закрытого горизонтального дренажа должно осуществляться поточным методом, преимущественно с применением специальных дреноукладчиков, имеющих автоматические системы контроля уклона (п. 4.34);

строительство коллекторно-дренажной сети на землях с уровнем залегания грунтовых вод выше уровня дна дренажных траншей должно выполняться в такой последовательности: главный коллектор, его ветви и дрены, разработка дренажных траншей должна производиться от устья к истоку (снизу вверх) (п. 4.36);

в неустойчивых торфяных и песчаных грунтах закрытый дренаж следует выполнять, как правило, бестраншейным дреноукладчиком в периоды наиболее низкого стояния грунтовых вод. В водонасыщенных устойчивых грунтах допускается строительство дренажа с предварительным понижением УГВ. Дренажные трубки укладывают на стеллажи, конструкция которых определяется проектом (п. 4.37);

для обеспечения проектного профиля дна траншеи поверхность трассы на ширину 4 м должна быть выровнена, чтобы не было недопустимых наклонов дреноукладчика (п. 4.39);

транспортирование керамических дренажных труб и синтетических защитных материалов к месту их укладки следует выполнять согласно требованиям действующих ГОСТов на эти материалы (п. 4.40);

керамические трубы перед укладкой в траншею должны быть освидетельствованы для проверки соответствия их требованиям ГОСТа на изготовление этих труб; трубы не должны иметь трещин и отколов и при простукивании должны издавать чистый, не дребезжащий звук (п. 4.44);

при укладке керамических дренажных труб применяются соединительные перфорированные пластмассовые муфты; укладка керамических труб без водопримных отверстий должна производиться с зазором между их торцами не более 2 мм, если другие зазоры не установлены проектом (п. 4.43);

обмотку асбоцементных труб фильтрами из минеральных волокнистых материалов следует производить централизованно; фильтры для предохранения от повреждений снаружи должны быть защищены стеклотканью, мешковиной и т. д. (п. 4.41);

при глубине траншей, превышающей возможности дреноукладчика, делается «корыто» шириной по дну 4 м или этот участок траншей выполняется одноковшовым экскаватором (п. 4.44);

при обратной засыпке траншей во избежание повреждений дренажных труб и их смещения должна осуществляться предварительная засыпка труб вручную слоем грунта толщиной до 20 см (п. 4.45).

4.ОСОБЕННОСТИ ПРОИЗВОДСТВА ДРЕНАЖНЫХ РАБОТ В СЛОЖНЫХ ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

4.1. Прокладка коллекторно-дренажной сети в минеральных неустойчивых грунтах

Технологические особенности прокладки дренажной сети. Практика показывает, что при прокладке дренажных трубопроводов в неустойчивых грунтах наблюдается интенсивное обрушение профиля траншей. При этом деформируемая грунтовая масса смещает дренажные трубы, в результате снижаются надежность защиты их фильтрующими материалами и качество выполнения первичной присыпки дренажных линий, усложняется выполнение других технологических операций.

В зависимости от условий протекания процесса прокладки дренажных трубопроводов в неустойчивых грунтах можно условно выделить три основные группы объектов строительства по сложности производства дренажных работ, которые определяются следующими показателями: уровнем грунтовых вод, параметрами фильтрационных деформаций в околосрединной зоне, коэффи-

циентом по грунту, показателями гранулометрического состава грунта.

Анализируя показатели объектов по группам сложности, можно сформулировать основные требования к конструкциям дрен и технологическому процессу формирования дренажных трубопроводов в неустойчивых грунтах.

Для объектов первой группы сложности: присыпка дрен на высоту 20—25 см выполняется присыпателями активного действия; разрыв в выполнении операций по укладке труб в ЗФМ не допускается; операции по точной стыковке труб на дне траншеи должны быть механизированы.

Для объектов второй группы сложности: сборка дренажных трубопроводов производится через бункер трубоукладчика в зоне выше уровня грунтовых вод; обертка труб производится одной лентой прочного ЗФМ с образованием цилиндрической оболочки по всей длине дрены; операции по укладке керамических труб, обкладке их прочными рулонами ЗФМ или соединению пластмассовыми муфтами и первичной присыпке выполняются в едином цикле; присыпка осуществляется на высоту 35—45 см в зависимости от УГВ присыпателями активного действия; в зоне деформаций профиля траншеи выполнение ручных операций не допускается.

Для объектов третьей группы сложности: при траншейном и узкотраншейном способах строительства коллекторов и дрен-осушителей необходимо выполнить предварительное понижение УГВ. Затем технологический процесс осуществляется так же, как у объектов первой и второй групп сложности.

В процессе производства дренажных работ в водонасыщенных грунтах строителям приходится выполнять водопонижение по трассам коллекторно-дренажной сети, осуществляя таким образом обезвоживание полости разрабатываемых траншей, что способствует повышению производительности дренажных бригад и улучшению качества строительства.

Простым и доступным способом понижения УГВ является предварительное осушение массива путем устройства сети осушительных каналов. Но не во всех встречающихся в практике случаях этот способ применим, поскольку требует устройства частой и глубокой сети каналов и длительного времени для понижения УГВ на расчетную величину.

При соответствующем технико-экономическом обосновании для искусственного водопонижения при прокладке дренажа в песчаных грунтах могут применяться отечественные легкие иглофильтровые установки типа ЛИУ-6Б. Производительность ЛИУ-5 по воде составляет $140 \text{ м}^3/\text{ч}$, высота всасывания — до 8 м, водный напор — 35 м. Установку целесообразно применять при осушении грунтов с коэффициентом фильтрации 2—40 м/сут.

При осушении мелкозернистых грунтов с коэффициентом фильтрации 0,05—1 м/сут, в отдельных случаях до 10 м/сут, может успешно применяться легкая иглофильтровая установка вакуумного водопонижения УВВ-2. Производительность по воде может достигать $43 \text{ м}^3/\text{ч}$, по воздуху — $29,5 \text{ м}^3/\text{ч}$. Общая длина иглофильтров принимается не более 7,5 м.

Расчет параметров присыпки дренажных труб. Для обоснования оптимальных конструкций и рациональной технологии прокладки коллекторно-дренажной сети необходимо располагать аналитическими зависимостями для прогнозирования и оценки общей устойчивости бортов выемки и интенсивности деформации ее профиля.

Расчет устойчивости откосов различных земляных сооружений проводится по зависимостям теории предельного равновесия. В этой теории грунт рассматривают как сплошную несжимаемую среду, устойчивость которой может нарушаться одновременно по всей плоскости сдвига. При этом в расчетах не учитываются фильтрационные силы, являющиеся причиной появления в процессе отрывки траншей опасных зон выпора грунта. Чтобы учесть фильтрационные силы, необходимо в расчетные зависимости вводить предварительно найденную функцию, описывающую фильтрационный поток в теле дренажной выемки. Однако представить такую функцию в удобной для инженерных расчетов аналитической форме практически невозможно.

Для оценки устойчивости и выявления характера возможных деформаций профиля траншеи целесообразно прибегнуть к дискретному решению задачи.

Для определения величины и направления действия фильтрационных сил по контуру дренажной выемки при различных УГВ применяют метод электрогидродинамических аналогий (ЭГДА), позволяющий моделиро-

вать решение уравнения Лапласа для фильтрующей области и с достаточной точностью определять значения выходных градиентов I_v в любой ее точке. I_v характеризует гидродинамическое давление по контуру вырываемой траншеи.

По данным натурных наблюдений устанавливаются фактические границы зон выпора грунтовой массы по высоте откосов траншей в зависимости от физико-механических свойств грунтов, УГВ и способов разработки дренажной выемки. Экспериментальным путем определяют значения контролирующих градиентов напора I_k . В зоне фильтрации по контуру разрабатываемой траншеи, где выходные градиенты напора превышают значения контролирующих, т. е. $I_v > I_k$, можно ожидать внезапного разжижения и выпора грунтовой массы и сравнительно быстрой потери устойчивости откосов выемки, что приводит к нарушению точности укладки дренажных труб и ЗМФ.

Работа по установке ЭГДА заключается в следующем. Заранее спроектированную и изготовленную из электропроводящей бумаги модель помещают в пневматический футляр, где она под давлением надежно прижимается резиновой подушкой к электропьезометрам контактно-измерительного устройства. Коэффициентам фильтрации соответствуют коэффициенты электропроводности. После того как на модели был задан необходимый электрический режим, соответствующий граничным условиям, снимаются значения потенциалов. При этом поперечный профиль траншеи (щели) фильтрует по всей высоте ниже УГВ. Это соответствует реальной картине: при быстром раскрытии выемки рабочими органами экскаваторов-дреноукладчиков происходит значительное запаздывание снижения УГВ.

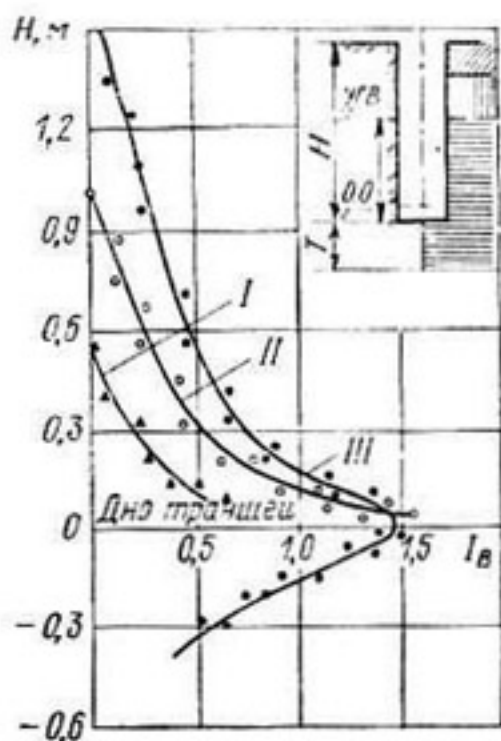
В масштабных координатах на рис. 31 построены экспериментальные кривые, характеризующие интенсивность фильтрационных сил по значениям выходных градиентов при УГВ, равном 50, 100 и 130 см. Кривые I и II характеризуют значения выходных градиентов по откосу траншеи в случае совпадения верхней границы водоупорного слоя с основанием траншеи. Кривая III характеризует интенсивность фильтрационных сил при глубоком залегании водоупорного слоя.

В инженерной практике значение допустимого (контролирующего) градиента I_k определяется по фор-

мулам, где его величина является функцией только плотности и пористости грунта: $I_k = (\gamma_y - 1) / (1 + n)$ или $I_k = (\gamma_y - 1) (1 - \varepsilon)$, где n — пористость грунта; γ_y — плотность, г/см³; ε — коэффициент пористости.

В гидротехническом строительстве значения контролиру-

Рис. 31. Зависимости параметров зон выпора грунта от уровня грунтовых вод и значений выходных градиентов:
I — $H = 0,5$ м; $T = 0$; II — $H = 1$ м; $T = 0$;
III — $H = 1,3$ м; $T = 0,3 H$

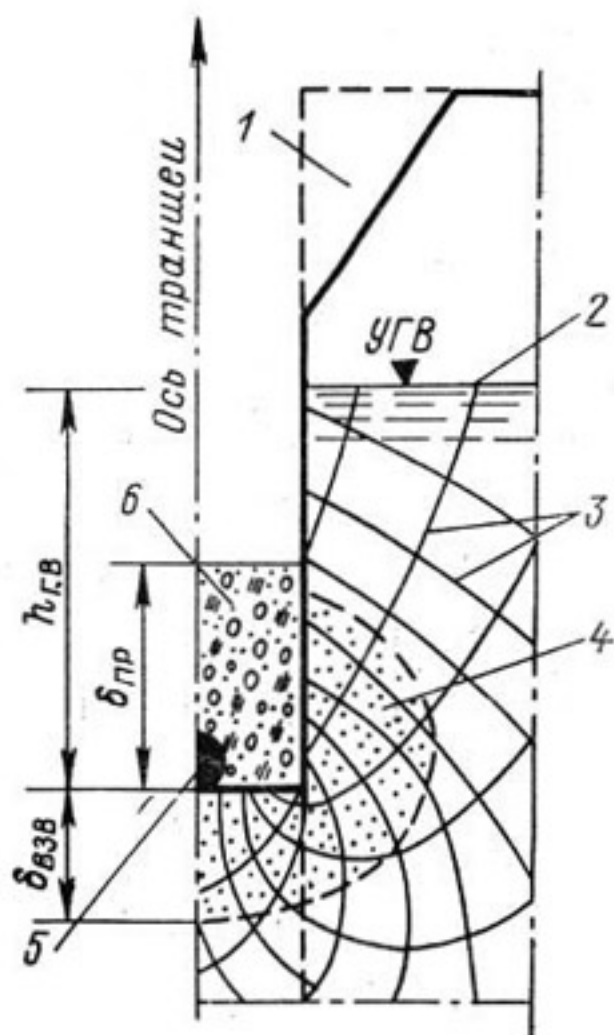


ющего градиента принимаются по данным обработки широкого статистического материала по конкретным находящимся в эксплуатации сооружениям.

Прокладки коллекторно-дренажной сети при строительстве закрытых осушительных систем имеют свои специфические особенности. Анализ результатов определения значений контролирующих градиентов для песчаных грунтов показывает, что они дают результаты, завышенные на 50 % по сравнению с натурными данными.

При вскрытии водоносного пласта в песчаных грунтах значения контролирующих градиентов целесообразно определять с помощью предложенной автором степенной функции $I_k = 0,62 d_{50}^{0,2}$, где d_{50} — 50%-ный диаметр частиц песчаного грунта (диаметр частиц, меньше которых в грунте содержится 50 % по массе).

Высокие выходные градиенты фильтрационного напора вызывают разжижение и интенсивный выпор грунтовой массы, обрушение откосов траншей. В придренной зоне отмечено увеличение объемной массы песчаных грунтов по сравнению с материковым фоном, видимо, за счет интенсивного перемещения мелких пылеватых частиц. Отмеченное явление подтверждается показателями гранулометрического состава грунта в образцах, взятых непосредственно у дренажных труб (в 5—10 мм



от их кромок) по истечении 1—2 сут после укладки дренажных трубопроводов.

Приведенный выше анализ гидродинамической картины околодренной зоны при различных УГВ позволяет конкретно подойти к расчетному обоснованию основных параметров присыпки-фильтра. Анализируя расчетную схему (рис. 32),

Рис. 32. Схема к расчету параметров присыпки (пригрузки) дрена:

1 — срезанная бровка траншеи; 2 — уровень грунтовых вод; 3 — линии тока и эквипотенциали (ЭГДА); 4 — зона возможного выпора грунта; 5 — дрена; 6 — слой присыпки

нетрудно убедиться, что во время строительства гидродинамические условия по контуру вскрываемой экскаватором-дреноукладчиком траншеи аналогичны условиям низовых откосов земляных плотин при быстром понижении горизонта воды в нижнем бьефе. При этом образующий околодренную зону насыпной грунт первичной присыпки находится в тех же условиях, что и обратные фильтры земляных плотин. Очевидно, высота присыпки должна обеспечить достаточное перекрытие верхней границы зоны 4, где возможны выпор грунтовой массы и опасное перемещение мелких частиц грунта. Одновременно объемная масса насыпного грунта в придренной зоне должна обеспечить достаточную пригрузку, исключающую возможный выпор грунта в основании траншеи.

Исходя из последней предпосылки высота слоя присыпки дрена определяется следующей зависимостью: $\delta_{пр} = \delta_{взв} (\gamma_{взв} / \gamma_{пр})$, где $\delta_{взв}$ — высота слоя грунта во взвешенном состоянии, см; $\gamma_{взв}$ — объемная масса взвешенного грунта в зоне основания траншеи, кг/см³; $\gamma_{пр}$ — объемная масса грунта присыпки, кг/см³.

Подставляя в формулу значения объемной массы насыпного грунта, получим минимальное значение высоты слоя присыпки. Исходя из условия исключения выпора грунта в основании траншей, получим:

$$\delta_{\text{пр}} \geq 2\delta_{\text{взв}} \frac{\gamma_{\text{взв}}}{\gamma_{\text{пр. взв}} + \gamma_{\text{пр. сух}}},$$

где $\gamma_{\text{пр. взв}}$ и $\gamma_{\text{пр. сух}}$ — объемная масса насыпного грунта соответственно во взвешенном и сухом состоянии.

К структурному составу присыпки в рассматриваемых условиях предъявляются особые требования.

В контактной зоне присыпки и материкового грунта в первоначальный период снижения УГВ должно произойти относительно устойчивое сводообразование, исключающее сквозную фильтрацию и интенсивное истечение грунтовой массы непосредственно к водоприемным отверстиям труб или к ЗФМ. Поэтому крупные поры фильтрационных ходов, образованных крупноглыбистой структурой грунта присыпки, не дают образовываться устойчивым сводам в контактной зоне.

Механизация процесса присыпки дрен. Изучение процесса механизированной присыпки дренажных трубопроводов проводилось путем анализа трех основных технологических схем на опытно-производственных участках Ленинградской области (1978—1980).

По первой технологической схеме (ТС-1) выполнение операций по отрывке траншей, укладке дренажных труб и первичной присыпке дрен осуществлялось в едином технологическом цикле. Присыпатель с активным рабочим органом агрегируется с траншейным экскаватором-дреноукладчиком ЭТЦ-202А.

По второй технологической схеме (ТС-2) первичная присыпка осуществляется после отрывки траншей и укладки дренажных труб присыпателем, агрегируемым с трактором ДТ-75М.

За базовый вариант принята применяемая в практике технологическая схема ТС-3, при которой дрены присыпает гумусным слоем, срезаемым вручную (лопатай), рабочий-землекоп.

Технологическая схема ТС-1 при траншейном и узкотраншейном способах строительства имеет лучшие технико-экономические и качественные показатели технологического процесса присыпки (табл. 27). При высоте слоя присыпки 28—34 см производительность агре-

27. Основные показатели технологических схем

Показатель	ТС-1	ТС-2	ТС-3
Ширина захвата агрегата, м	136	120	90
Ширина траншеи, см	50	50	50
Глубина срезки бровок, см	34	34	25
Высота присыпки дрен, см	28—34	28—35	20—25
Производительность агрегата, м/ч:			
за час чистой работы	112	1360	52
за час эксплуатационного времени	34	950	32
Трудозатраты, чел.-ч на 1 км	6	1	31
Коэффициент использования рабочего времени	0,75	0,72	0,67
Выход грунта фракций 0,25—1,0 мм, %	77	54	38

гатов за час эксплуатационного времени составила 84—104 м, коэффициент использования рабочего времени — 0,75—0,8. Поскольку на техобслуживание и настройку присыпателя в процессе работы затрачивается помощником машиниста экскаватора-дреноукладчика не более 2 ч за смену, трудозатраты на 1 км дрен составляют всего 4—6 чел.-ч, что в 5—7 раз меньше, чем при ручной присыпке.

Раздельная технология присыпки (ТС-2) при использовании присыпателя на тракторе ДТ-75М, несмотря на сравнительно высокую производительность агрегата (до 950 м/ч), не обеспечивает своевременную присыпку дрен, исключаящую выпор и оплывание грунтовой массы в околосдренной зоне. При этом за счет мелкого крошения гумусного слоя грунта выход расчетной фракции 0,25—1,0 мм имеет заниженное значение, не превышающее 54 %.

Технологическая схема ТС-3 отличается значительными затратами ручного труда — до 31 чел.-ч на 1 км дрен — и низкими качественными показателями.

Как показали наблюдения, при высоком УГВ (0,5—0,8 м) процесс деформации профиля траншеи происходит в две фазы. Вначале за счет выпора грунта в нижней части траншеи обрушивается та часть стенки, которая находится ниже уровня грунтовых вод, а затем верхняя часть, представляющая собой грунтовую консоль.

В пределах глубины разработки траншей многоковшовым экскаватором прочностные характеристики грунта существенно зависят от его влажности. С ее увеличением уменьшаются сцепление грунта и коэффициент внутреннего трения. Следовательно, чем выше УГВ по трассам дрен, тем больше интенсивность и объемы обрушения по профилю выемки.

В песчаных грунтах интенсивное обрушение при УГВ 0,7—0,8 м начинается в момент вскрытия траншей. Обрушение грунта стенок траншей приводит к зажиму бункера трубоукладчика. Его можно избежать, если рабочая скорость будет достаточна для того, чтобы бункер в процессе движения выходил из зоны обрушения до начала обрушения, т. е. поступательная скорость дреноукладчика должна быть соизмерима со скоростью обрушения.

4.2. Подготовка коллекторно-дренажной сети в торфяных залежах, каменистых и пучинистых грунтах

Подготовка трасс в торфяных залежах. Предварительное осушение торфяной залежи позволяет резко повысить эффективность технологического процесса строительства закрытых осушительных систем на болотных массивах.

Эффективность предварительного осушения торфяников определяется устойчивостью вертикальных откосов и сохранностью свободной полости траншей, что в свою очередь обеспечивает отвод грунтовых вод и понижение их уровня в заданный период. Устойчивость вертикальных откосов траншей, отрываемых в водонасыщенных торфяных грунтах, определяется в основном их высотой.

Максимально допустимая высота вертикального откоса траншей определяется по формуле (В. Ф. Карловский, Г. В. Рудаковский)

$$h_{\text{макс}} = \frac{2\tau_n (95 - 0,2R)}{\gamma W (5 + 0,2R)},$$

где τ_n — наиболее вероятное значение прочности торфа, соответствующее полной его влагоемкости при данной степени разложения, кПа; W — весовая влажность залежи, при которой определяется ее прочность, %; R — степень разложения торфа, %; γ — объемная масса торфа, г/см³.

С увеличением степени разложения прочность торфа τ_v и максимальная высота откоса $h_{\text{макс}}$ снижаются. Для предварительного осушения низинных болот в зависимости от состояния торфяной залежи она должна быть не более 3,5 м.

По данным А. С. Аргаряна, существует следующая зависимость прочности низинного торфа τ_v от степени его разложения R :

$R, \%$	$\tau_v, \text{кПа}$
5—15	11,0
15—25	13,5
25—35	16,0
35—40	14,5
40—45	14,0
45—60	13,0

Проходимость многоковшовых экскаваторов-дреноукладчиков на неосушенных торфяно-сапропелевых залежах крайне затруднена из-за высокого уровня стояния грунтовых вод. Сопротивление сдвигу грунта в верхнем слое колеблется обычно в пределах от 2 до 7 кПа.

Для того чтобы установить влияние УГВ на качество дренажа, с точки зрения точности выполнения уклона дрен и производительности строительства дренажа, в Литовской ССР проведены исследования, представляющие практический интерес.

Осушалось торфяное болото с напорно-грунтовым водным питанием и мощностью торфяного слоя 0,4—1,6 м; ниже залегал слой известковых сапропелей мощностью до 6,0 м.

Чтобы повысить прочность болотных грунтов, создав тем самым хорошие условия для работы многоковшовых экскаваторов, на опытной площади УГВ понизили с помощью временных траншей.

За счет сброса избыточных вод временными траншеями спустя 60 сут произошла осадка поверхности залежи (до 90 % от общей осадки), и УГВ окончательно установился равным 70—185 см. А. М. Шапошниковым выработаны критерии проходимости, применяемые для мелиоративных дреноукладчиков (табл. 28).

Причины выхода дренажа из строя. Распространенной причиной выхода из строя дренажных систем является закупорка дрен частицами гидроокиси железа (за-

28. Критерии проходимости машин на гусеничном ходу

Степень проходимости болот	УГВ, см	Пределы сопротивления грунта сдвигу в 30-сантиметровом слое, кПа
Непроходимое	0—50	5—12
Труднопроходимое	50—70	13—15
Проходимое	70—90	16—19
Надежно проходимое	Более 90	Более 20

охривание), выпадающими в дренаж из грунтовых вод. На отдельных системах это явление представляет большую опасность, чем обычное заиление.

Возможные способы борьбы с закупоркой дренажа железистыми соединениями делятся на профилактические (направлены на недопущение накопления осадка в реках) и эксплуатационные (удаление отложившегося осадка).

Предложенная классификационная схема (Б. С. Маслов, 1972) мероприятий по предотвращению заиления дренажа позволяет выделить возможные профилактические способы борьбы с отложениями железа (рис. 33):

очистку грунтовых вод от закиси железа;

создание условий, при которых поступающая в дрены закись железа будет выпадать в осадок уже в каналах (реках);

обеспечение условий для выноса водой выпадающего в дренах железистого осадка.

Отечественная и зарубежная практика строительства дренажа свидетельствует о сложности борьбы с процессом образования железистых отложений. Вместе с тем уже сейчас можно рекомендовать некоторые мероприятия по борьбе с заохриванием.

Внесение извести в дренажные траншеи (известь вносится на дно траншеи и в грунт при ее засыпке) оказывается весьма эффективным. Иногда применяют жженую известь из расчета 2 кг/м. Известь вносят в траншею после предварительной засыпки дрен слоем гумусированного грунта.

В качестве ингибиторов могут использоваться и другие материалы. Есть опыт использования фосфорсодержащих топочных шлаков, защищающих дрены от заиления продуктами суффозии и химическими осадками.

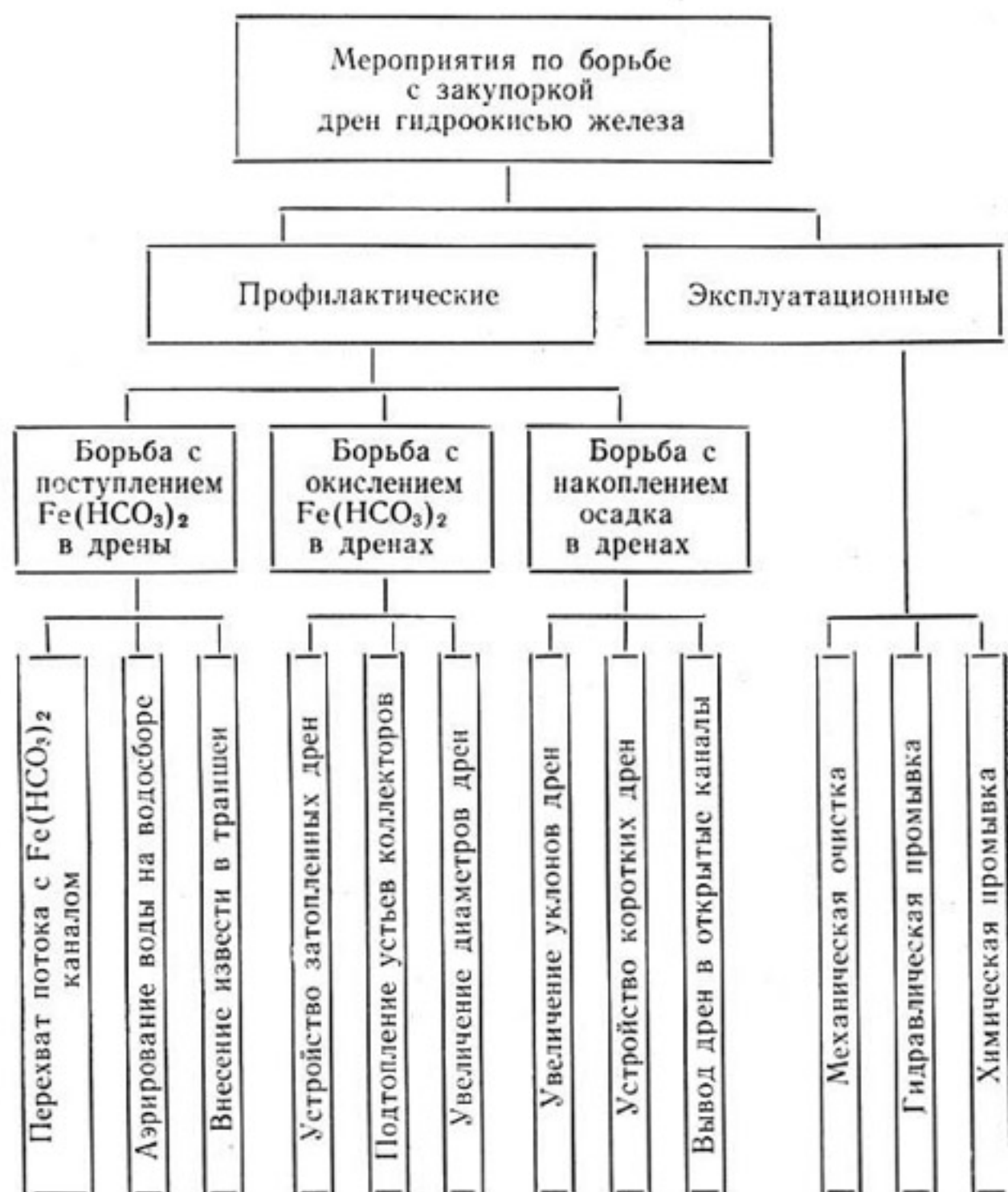


Рис. 33. Блок-схема мероприятий по борьбе с закупоркой дрен гидроокисью железа

Применяют также гипс или смесь извести с гипсом (в сильноокислых грунтах).

На интенсивность заохривания дрен оказывают влияние материал дренажных труб, фильтров, конструкция дренажной арматуры (устья, колодцы с отстойниками и т. д.).

Важным фактором в профилактике закупорки дрен железом является высокое качество производства дренажных работ (прежде всего исключение участков дре-

нажных линий с обратными и нулевыми уклонами, выдерживание нормированных зазоров в стыках дренажных труб и применение соответствующих ЗФМ). Засыпка дрен должна осуществляться сразу же после вскрытия дренажных траншей (щелей) и укладки труб. Первичную присыпку дренажных трубопроводов целесообразно производить хорошо разрыхленным структурным гумусированным слоем грунта, обеспечивающим определенную плотность в околдренной зоне. В этой связи эффективно применение присыпателей с активными рабочими органами.

Предварительные экспериментальные исследования дают основания считать, что некоторые виды ингибиторов могут быть введены и защищены от интенсивного выноса грунтовыми водами путем введения их в состав быстротвердеющих карбамидных пенопластов.

Существенного уменьшения заохривания дренажа в песчаных грунтах можно достичь путем обсыпки дренажных трубопроводов из керамических труб древесными опилками, щепой. Эффективна систематическая промывка дренажных линий, в которых наблюдаются отложения железистых наносов.

В технологическом плане в рассматриваемых условиях обычно соблюдают следующие требования.

Укладывают трубы с величиной зазоров в стыках не более 1,5 мм, так как неплотное стыкование труб способствует проникновению в полость дрены кислорода и повышению интенсивности осаждения окисных соединений железа. Укладывают дрены в траншеи (щели) одновременно с их разработкой. Присыпают дрены сразу после укладки труб, что исключает аэрацию и смещение защитного материала.

Предварительно устраивают ловчие каналы для перехвата грунтовых вод с высоким содержанием растворенных соединений железа, поступающих с близлежащих площадей, причем родниковые воды с повышенным содержанием железа отводят самостоятельным дренажем.

Особенности прокладки дренажа на пучинистых грунтах. К гидромелиоративным сооружениям, возводимым на пучинистых грунтах, предъявляются особые требования.

Обычно к пучинистым грунтам оснований гидромелиоративных сооружений относят такие грунты, которые обладают свойством увеличиваться в объеме при

промерзании: мелкие и пылеватые пески, супеси, суглинки и глины, а также другие грунты с содержанием в виде заполнителя частиц размером менее 0,1 мм в количестве более 30 %, промерзающие в условиях повышенной влажности.

При строительстве сооружений на закрытых осушительных системах в зоне пучинистых грунтов применяют инженерно-мелиоративные и инженерно-строительные мероприятия.

При проектировании на пучинистых грунтах мелиоративных сооружений из сборных и сборно-монолитных элементов особое внимание следует обращать на разработку конструкций надежных и долговечных стыковых и замковых соединений, не препятствующих деформации под действием сил морозного пучения грунтов.

Из инженерно-мелиоративных мероприятий, предотвращающих разрушение конструкций под воздействием сил, вызванных пучением грунта, применяют предварительное осушение грунтов-оснований в зоне сезонного промерзания.

К инженерно-строительным мероприятиям, обеспечивающим повышение устойчивости сооружений мелиоративных систем против сил морозного пучения грунтов, относятся:

повышение общей пространственной жесткости сооружения, достигаемое применением объемных конструкций.

увеличение межузловой гибкости сооружения, достигаемое применением гибких и разрезных конструкций.

Особенности прокладки коллекторно-дренажной сети в каменистых грунтах. Возрастающие объемы мелиоративного строительства требуют введения в сельскохозяйственное освоение закустаренных, залесенных и засоренных камнем земель. Особенно много каменистых почв в Северо-Западном и Центральном районах, на севере Волго-Вятского и Уральского районов. Степень каменистости в значительной мере влияет на работу землеройных машин; при повышенной каменистости резко сокращается выработка, увеличиваются простои в связи с уборкой камней из траншей и возможными поломками механизмов. Способ определения каменистости почвы приведен в табл. 29.

При наличии в почвогрунте по трассам коллекторно-дренажной сети свыше 1 % включений полускрытых

29. Способ определения каменистости почвы

Каменистость		Количество валунов на 100 м траншеи при размере валунов в поперечнике, м					
м ³ /га	%	0,1	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0
10	0,1	100	12	2	0,5	0,1	0,1
30	0,3	300	37	4	1	0,5	0,3
50	0,5	500	62	7	2	1	0,5
100	1,0	1000	120	15	5	2	1
200	2,0	2000	250	30	9	4	2

и скрытых камней (валунов) средним размером в поперечнике 0,3—0,6 м отмечается значительное снижение эксплуатационной производительности траншейных экскаваторов-дреноукладчиков (на 43—55 %). Простои машин определяются временем, затрачиваемым на извлечение камней дренажной бригадой и устранение поломок рабочего органа дреноукладчика. Кроме того, в данных условиях снижается точность укладки дренажных труб и ЗФМ. Производственный опыт показывает, что при каменистости более 2—3 % целесообразно переходить на разработку траншеи экскаватором циклического действия со специально оборудованными ковшами с боковым выбросом грунта.

На объектах Ленинградской области внедрена технологическая схема строительства дренажа с предварительным прохождением по трассам различных камнеподъемников-рыхлителей и последующей доработкой траншей экскаваторами-дреноукладчиками ЭТЦ-202А. При разработке траншеи трактор, на котором смонтирован камнеподъемник-рыхлитель, движется по оси дренажной трассы с заглубленным рабочим органом, разрыхляет грунт, извлекает и отодвигает в сторону камни. При этом образуется расчищенная трасса шириной 2,5—3,0 м, на которой по обычной технологии осуществляется формирование дренажных трубопроводов.

4.3. Технологические особенности производства дренажных работ в зимнее время

Выбор объектов и организация зимнего строительства дренажа. Одним из резервов повышения годовой

выработки мелиоративной техники является организация производства работ в зимнее время.

Строительство мелиоративных систем в зимнее время практически означает переход на круглогодичный режим работ, что способствует увеличению годовых объемов работ, снижению текучести кадров, повышению их квалификации.

Объемы работ, выполняемые в зимний период в Нечерноземной зоне РСФСР, постоянно возрастают, что подтверждается результатами работы ряда объединений Северо-Западного и Центрального районов (Лен-мелиорация, Псковмелиорация, Мосмелиорация). Если в этих объединениях техника используется относительно равномерно в течение года, то в большинстве мелиоративно-строительных организаций одноковшовые экскаваторы загружены в зимний период на 60—70 %, многоковшовые — на 15—20 %. При этом сменная выработка на механизмы уменьшается соответственно в 1,25—1,3 и 1,5—2 раза по сравнению с выработкой летом. Опыт передовых производственных организаций свидетельствует о том, что в зимний период работы по строительству осушительных систем могут выполняться более эффективно. Так, в Ленинградской области сменная выработка передовых дренажных звеньев составляет зимой 400—500 м, что соответствует нормам выработки летнего периода.

Распространение передового опыта и результатов научных исследований по производству мелиоративных работ в зимних условиях является одним из эффективных путей повышения наработки мелиоративной техники, роста объемов работ.

В план зимних работ целесообразно включать закрытые дренажные системы, если:

выполнение земляных работ на них в летний период затруднено из-за высокого стояния грунтовых вод и низкой несущей способности грунтов;

они расположены на торфяно-болотных или минеральных несвязных почвогрунтах (супесчаных и песчаных) с плотной дерниной, покрытых лесокустарниковой растительностью;

работы ведутся на почвогрунтах с каменистостью не более 10 м³/га и в торфяниках, в которых отсутствует крупная погребенная древесина;

участки строительства расположены недалеко от

центральных баз строительных организаций или вблизи дорог с твердым покрытием.

В период подготовки к строительству инженерно-технические работники на основании изучения техно-рабочих проектов, объектов мелиорации в натуре, а также данных мелиоративно-строительного графика намечают мероприятия по защите трасс выемок от глубокого промерзания, уточняют очередность выполнения работ, границы пусковых комплексов, графики передвижения техники и специализированных бригад, определяют места строительства бытовых помещений, площадок для складирования материалов, пунктов подогрева воды и т. д.

Зимнее строительство закрытого дренажа выполняется по специальным технологическим схемам, определяющим способ производства работ и последовательность их выполнения. Технологические схемы определяются условиями производства работ, составом вспомогательных и дренажукладочных машин, применяемыми дренажными материалами или конструкциями и включают подготовительный, основной и заключительный циклы.

Подготовительный цикл дренажных работ включает комплекс работ, направленных на подготовку трасс дрен и коллекторов к выполнению основного цикла — укладки дренажных трубопроводов.

Культуртехнические мероприятия при подготовке зимних дренажных трасс заключаются в срезке и сгребании надземной части древесной растительности, извлечении и вывозке камней.

При выборе способа и комплекса машин для подготовительных работ крайне важно установить оптимальные сроки проведения работ. В связи с этим необходимо провести анализ климатических особенностей района строительства.

Особенности культуртехнических подготовительных работ. Анализ природно-климатических условий Нечерноземной зоны РСФСР показал, что благоприятным для проведения здесь культуртехнических мероприятий при прокладке трасс под зимний дренаж является достижение средней глубины промерзания 20—30 см.

Сравнительно умеренный климат зоны позволяет повсеместно проводить культуртехнические работы при подготовке трасс.

Выбор технологических схем и комплекс машин для подготовки трасс под зимний дренаж обусловливается наряду с климатическими особенностями зоны мелиорации видом древостоя, характером закаменности и наличием механизированных средств.

Для удаления древесной растительности при подготовке дренажных трасс в основном используются технологические способы, основанные на применении бульдозеров, кусторезов и корчевателей. Для сплошной и полосной расчистки площадей чаще используется схема кустореза с фронтальным расположением пассивного рабочего органа. Неподвижно укрепленный на базовой машине нож срезает древесную растительность при поступательном движении агрегата, обеспечивая ему свободный проход.

При срезке древесной растительности незначительной густоты с диаметром стволов до 10—12 см сгребание обычно производится в кучи, а при густом кустарнике и наличии большого количества деревьев — в валы за пределами трасс.

Опыт показывает, что при невысоком древостое полнота срезки не обеспечивается. Бульдозеры в ряде случаев, не срезая, приминают кустарник, что в дальнейшем затрудняет работу дреноукладочных машин.

При незамерзшей почве 30—32% кустарника и мелко-лесья вырывается с корнями, при глубине же промерзания почвы до 5—6 см — 10—15%, а при глубине до 10—15 см вырываются лишь отдельные деревья.

При температуре воздуха -5°C и высоте снежного покрова 0,15—0,20 м и более качество срезки в целом удовлетворительное, причем чем плотнее снежный покров, тем выше полнота срезки.

При определении сроков проведения работ с использованием кусторезов основным ограничивающим фактором является проходимость базового трактора. Таким образом, при высоте снежного покрова, не затрудняющей работу машины, кусторез можно использовать в течение всего зимнего периода.

Производственным опытом доказана возможность расчистки дренажных трасс в зимнее время также корчевателями. При этом необходимо знать пределы эффективного использования корчевателей в зависимости от высоты снежного покрова и глубины промерзания. Существенно влияние глубины промерзания на качест-

венные показатели работы корчевателей. При изменении глубины промерзания на 10 % происходит уменьшение полноты корчевки примерно на 20—30%, но зато снижается вынос земли, причем весьма существенно.

Возможности механизации подготовительных работ перед прокладкой зимнего дренажа не ограничиваются применением бульдозеров, корчевателей и кусторезов. Перспективным является введение в технологическую схему производства работ операции фрезерования, что позволяет также создавать на определенное время тепловую защиту трассы слоем расфрезерованной древесины, не содержащей примеси земли.

Для срезки мелкого кустарника диаметром хлыстов до 5 см перспективно использование на подготовительных работах в зимнее время кусторезов с комбинированным рабочим аппаратом, состоящим из приемной камеры, с обеих сторон которой имеются две дисковые пилы диаметром 0,8 м. За ними с некоторым перекрытием установлена фреза диаметром 0,6 м с четырьмя плоскими ножами длиной 600 мм, контрножи и труба, через которую выбрасывается измельченная масса. Пригибающее устройство сжимает кусты, которые в таком положении попадают в приемную камеру, где срезаются дисковыми пилами. Срезанная растительность попадает под ножи фрезерного барабана, который измельчает и выбрасывает массу через трубу.

Камнеуборочные работы в большей мере ограничены сроками проведения в зимний период по сравнению с удалением древесной растительности. Камнеуборочные работы носят более выраженный сезонный характер; сроки их проведения обуславливаются как глубиной промерзания почвы, так и высотой снежного покрова.

По условиям технологического районирования зоны реальными сроками проведения камнеуборочных работ при расчистке дренажных трасс в большинстве районов Нечерноземной зоны следует считать начальный период зимы, когда глубина промерзания почвы и мощность снегового покрова не превышают соответственно 5—7 и 15—20 см.

В целом объем камнеуборочных работ при расчистке зимних дренажных трасс невелик. Как правило, проектной документацией предусматривается закладка зимнего дренажа на площадях с засоренностью камнями не более 10 м³/га, в связи с чем расчистка трасс сводится к

извлечению и удалению отдельных камней. Практически на трассах остаются камни размером менее 10 см, поскольку они существенно не нарушают нормальную работу дренаукладочных машин.

Камнеуборочные работы обычно сводятся к погрузке корчевателями пассивного действия на пэны поверхностных камней, извлечению полускрытых и скрытых камней, залегающих по трассе отрываемого канала, их погрузке и удалению за пределы дренируемого участка. В ряде производственных мелиоративных организаций успешно применяется вывозка в зимнее время предварительно выкорчеванных и собранных в кучи камней.

Рациональными технологическими схемами предусматривается выполнение следующих операций по удалению полускрытых и скрытых камней:

- корчевка средних и крупных камней, расположенных по оси трассы, на глубину до 1 м, смещение выкорчеванных камней за пределы трассы рыхлителями-камене-подъемниками;

- извлечение на поверхность полускрытых и скрытых камней плоскорезами различных конструкций;

- уборка камней средней величины машинами типа ПСК-1;

- извлечение и вывозка мелких камней (0,1—0,3 м) машинами типа МКП-1,5.

Применение рациональных технологических схем позволяет расширить сроки проведения подготовительных работ, снизить трудозатраты и повысить качество работ.

Предохранение грунтов от промерзания. Наряду с применением специальных машин и механизмов для разработки мерзлых грунтов по дренажным трассам применяют различные способы предохранения грунтов, предназначенных для разработки, от глубокого промерзания. Для этих целей в мелиоративном строительстве применяют теплоизоляционные материалы — торф, опилки, срезанный кустарник и др. Применение этих материалов недостаточно эффективно и требует значительных трудозатрат при производстве подготовительных работ.

Указанных недостатков в значительной степени лишены пенопласты, изготовленные на основе терморективных полимерных композиций. В настоящее время разработано большое количество различных модификаций пенопластов с разнообразными физико-механическими характеристиками и технологическими свойствами.

Эти материалы широко применяются для теплоизоляционных работ в промышленности, строительстве и сельском хозяйстве.

Заливочные пенопласты, получаемые беспрессовым методом на основе мочевино-формальдегидных смоляных композиций, отличаются от других видов пенопластов высокими теплофизическими свойствами, термостабильностью, технологической простотой изготовления и сравнительно небольшой стоимостью. Образцом такого материала является быстротвердеющая пена (БТП).

В СевНИИГиМе разработаны несколько перспективных модификаций мелиоративных пенопластов. Путем подбора компонентов с соответствующими химическими добавками, выбора оптимального технологического режима и совершенствования реакторов-смесителей получены различные составы быстротвердеющих мочевино-формальдегидных пенопластов, отвечающие технологическим условиям мелиоративного строительства.

Надежным стабилизатором процесса оплывания и разрушения откосов каналов является «Мелиопласт ОК», а улучшению защитно-фильтрационных свойств грунтовых засыпок дрен, прокладываемых в неустойчивых и слабоводопроницаемых грунтах, способствует «Мелиопласт-ЗФ». Проведены испытания «Мелиопласта Т» для предохранения суглинистых и супесчаных грунтов от промерзания.

В СевНИИГиМе разработана конструкция передвижного пеногенератора для получения и нанесения пенопласта на трассы линейных гидромелиоративных сооружений в полевых условиях. Пеногенератор отличается от ранее применяемых установок наличием собственного компрессора и механического распределения пенопласта. Конструктивно он выполнен как навесное оборудование на трактор К-701. Пеногенератор состоит из емкостей для компонентов и отвердителя, компрессора; реакторов-смесителей, системы трубопроводов и распределителя пенопласта.

Технологический процесс нанесения пенопласта на утепляемый грунт состоит из следующих операций: подготовка (разбивка) трасс для покрытия, оборудование мест для дозирования компонентами во время работы, нанесение пенопласта на требуемую площадь, периодическая дозировка пеногенератора компонентами и кислотой, проверка теплофизических параметров покрытия.

После проведения цикла работ по защите грунта от промерзания его разработка в зимнее время ведется комплексом машин, используемых в летний период. При строительстве закрытого дренажа обратная засыпка производится смесью грунта с пенопластом, что улучшает ее фильтрационные свойства.

Весьма перспективным оказалось и использование полученного типа пенопласта для оструктурирования почвогрунтов, в частности для увеличения фильтрующей способности обратных дренажных засыпок и создания объемных фильтров при строительстве закрытого дренажа. Фильтрационная способность смеси тяжелого грунта (ленточной глины) с быстротвердеющим пенопластом (3 : 1) значительно превышает фильтрационную способность самого грунта.

Эффективно также использование пенопластов для создания колонок-поглотителей на дренажных линиях, прокладываемых в слабопроницаемых грунтах.

В объединении Смоленскмелиорация успешно внедрена технологическая схема строительства закрытого гончарного дренажа в зимних условиях с использованием фрезерного торфа.

На одном из производственных участков с легкими и средними суглинками с весовой влажностью 20,8—22,2 % промерзание незащищенного грунта составляло 30—40 см, а высота снежного покрова — 30—45 см.

Работы по предохранению грунта от промерзания по трассам коллекторно-дренажной сети проводились в декабре 1977 г. Торф весовой влажностью 70 % в буртах доставлялся на участок строительства автомашинами и тракторами К-700 и Т-150 с прицепами. Из транспортных средств торф рассыпали кучками по трассам дренажного строительства из расчета 80—100 т/га. Затем бульдозером с поворотным отвалом за 2—3 прохода вдоль трассы устраивали валики высотой 30—50 см и шириной 120—150 см.

Хронометраж процесса устройства валиков показал, что на 100 м затрачивалось в среднем около 8 мин.

Следует отметить, что торфяные валики высотой 30—50 см эффективно предохраняли почву от промерзания в течение первой половины зимы. На объектах строительства дренажа во второй половине зимы валики дополнительно покрывали снегом, который сгребали буль-

дозерами с поворотным отвалом, проходя вдоль торфяного валика с обеих сторон.

Фрезерный торф после утепления им грунта на трассах коллекторно-дренажной сети использовался как удобрение мелиорируемых земель.

Укладка дренажа на объекте проводилась без дополнительной разработки мерзлых грунтов многоковшовым экскаватором ЭТЦ-202А со средней скоростью проходки 200 м/ч при глубине траншеи 1,2—1,5 м³. Сменная выработка бригады составила 300—350 м, что почти соответствует нормативной выработке в летних условиях.

Предзимнее рыхление грунтов. В практике дренажного строительства в зависимости от состояния линейных трасс мелиоративных сооружений меняют различные эффективные методы предзимней подготовки грунтов, позволяющие в несколько раз снизить их прочность.

Предзимнее рыхление грунтов по трассам каналов, карьерам, площадкам под гидротехнические сооружения успешно производится трехстоечным рыхлителем РУ.65.2,5, навешиваемым на трехточечную симметричную навеску тракторов Т-100МГС, Т-130ГС. Эксплуатационная производительность данного рыхлителя на трассе каналов, проходящих в легких супесях и суглинках, предварительно вспаханных и продискованных, составляет 0,4—0,5 га/ч, в глинах — 0,2—0,3 га/ч. После прохода рыхлителя образуется зона разрыхленного грунта шириной до 2,5 м и глубиной 0,60—0,75 м. Выбор технологической схемы предзимнего рыхления зависит от состояния трассы будущей выемки и сроков разработки его сечения при отсутствии воды на поверхности массива и УГВ ниже 0,7 м.

Для сооружений, планируемых к строительству в первой половине зимы, пески, супеси, средние суглинки и торф до их смерзания рыхлят за один проход трехстоечного рыхлителя РУ.65.2,5, во второй — за два прохода со смещением оси движения трактора на 0,4 м. Тяжелые суглинки и глины в первом случае рыхлят за два прохода рыхлителя со снятой средней стойкой, во втором — за дополнительный проход по неразрыхленному грунту. На участках с густым травяным покровом высотой 0,2—0,3 м рыхление проводят за один проход. Это объясняется тем, что при повторном проходе рыхлителя происходят частые срывы дерна. Рыхление участков с густым травяным покровом высотой более

0,3 м нерационально, так как они промерзают не более чем на 0,2—0,3 м.

Рациональный состав технологических операций предзимнего рыхления грунтов в зависимости от характеристики трасс приводится в табл. 30.

30. Технологические операции предзимнего рыхления грунтов (рекомендации БелНИИМиВХа)

Характеристика трассы	Технологическая операция	Применяемые механизмы
Мелколесье, поросшее редким кустарником	Корчевка пней, кустарника, мелколесья со сбором в валы за пределами трассы канала Очистка поверхности от мелких древесных остатков Дискование Глубокое рыхление	Корчеватель с тракторами Т-100, Т-130 Корчевальная борона с тракторами Т-100, Т-130 Дисковая тяжелая борона с глубиной обработки до 0,2 м Рыхлитель РУ.65.2,5 с тракторами Т-100, Т-130
Дерновый слой мощностью более 0,1 м с травяным покровом высотой менее 0,2 м	Дискование Глубокое рыхление	Дисковая тяжелая борона с глубиной обработки до 0,2 м Рыхлитель РУ.65.2,5 с тракторами Т-100, Т-130
Дерновый слой мощностью менее 0,1 м, редкий травяной покров, старопахотные земли	Вспашка Дискование Глубокое рыхление	Плуг с глубиной вспашки до 0,2 м Дисковая тяжелая борона с глубиной обработки до 0,2 м Рыхлитель РУ.65.2,5 с тракторами Т-100, Т-130
Густой травяной покров высотой 0,2—0,3 м	» »	Рыхлитель РУ.65.2,5 с тракторами Т-100, Т-130

Производственный опыт белорусских мелиораторов и исследования БелНИИМиВХа показали, что на подготовленных путем предзимнего рыхления грунтов трассах коллекторно-дренажной сети рыхлитель КР-1,2У и трехзубовый корчеватель, агрегируемые с тракторами класса тяги 60—100 кН, обеспечивают фронт работ для

3—4 экскаваторов-дреноукладчиков ЭТЦ-202А, повышая их годовую выработку на 20—25 %.

Следует отметить, что рыхлитель РК-1,2У при оптимальных условиях эксплуатации и предзимней подготовке трасс обеспечивает рыхление мерзлых торфяных грунтов на глубину 40 см, а минеральных — 25—30 см. Эффективность рыхления мерзлых грунтов определяется не только правильной наладкой гидронавесной системы базового трактора и агрегируемого рыхлителя, но и соблюдением заданных технологических схем рыхления мерзлого грунта по трассам коллекторов и дрен.

При наличии на трассе снежного покрова высотой более 10 см полосу шириной 6—7 м расчищают бульдозером с косым отвалом. После расчистки трассы от снега ось коллектора или дрены закрепляют вешками.

Рыхление грунта под дренами начинают с устройства надрезов. При необходимости выполнения одного надреза нож рыхлителя движется по одному из краев траншеи параллельно оси дрены на расстоянии 32—37 см от нее. При втором проходе рыхлителя по противоположному краю траншеи производится сплошное рыхление мерзлоты. При двух надрезах оба прохода выполняются по краям траншеи. Сплошное рыхление мерзлоты в этом случае производится при проходе рыхлителя по оси трассы дрены. Глубина надрезов составляет 0,6—0,7 глубины промерзания грунта.

Важно, чтобы на рыхлителе обязательно были установлены опорные лыжи. Это облегчает взламывание мерзлого грунта и значительно снижает тяговое усилие базового трактора.

На минеральных грунтах при глубинах промерзания до 30 см агрегат делает два прохода по центру полосы рыхления: первый проход выполняется на глубину 15—20 см, второй — на всю глубину промерзания.

В том случае, когда рыхление мерзлого грунта трудноосуществимо при непрерывном движении агрегата и запертом положении гидросистемы навески, применяют следующую схему производства работ. После врезания ножа рыхлителя в талый грунт до начала движения агрегата вперед помощник тракториста устанавливает распределитель в положение «подъем». Затем после взламывания мерзлоты распределитель устанавливают в «плавающее» положение, далее вновь на подъем. Таким образом, помощник тракториста обеспе-

чивает рабочему органу рыхлителя возвратно-поступательное движение, при этом тракторист соответствующим управлением обеспечивает прямолинейность разрыхляемой полосы. После рыхления мерзлые глыбы грунта бульдозером или корчевателем отодвигают на обе стороны полосы расчистки.

Работы по рыхлению мерзлого грунта выполняет тракторист-машинист VI разряда. При значительных глубинах промерзания (на торфяниках — более 45 см, на минеральных грунтах — свыше 30 см) к работе подключается помощник машиниста V разряда.

Правильная навеска и регулировка рыхления, а также соблюдение режима управления агрегатом в процессе работы обеспечивают высокую производительность рыхлителя и расширяют диапазон его применения в технологическом процессе подготовки дренажных трасс.

При подготовке трасс агрегатом с рыхлителем РК-1,2У в торфяных грунтах с глубиной промерзания до 25 см затраты труда на 100 м длины трассы составили 2,1 чел.-ч, а выработка на 1 машино-час достигла 450 м; на минеральных грунтах с глубиной промерзания 21—25 см эти показатели имеют значения 2,5 чел.-ч и 357 м.

Прокладка коллекторно-дренажной сети в мерзлых грунтах. В зависимости от глубины промерзания грунта и состояния трасс применяется раздельная или непрерывная технология прокладки коллекторно-дренажной сети.

Раздельная технология характеризуется тем, что перед проходом экскаватора-дреноукладчика ЭТЦ-202А мерзлый грунт на всю глубину промерзания предварительно разрабатывается специализированными машинами и орудиями.

При непрерывной технологии весь профиль траншеи с мерзлым грунтом до проектных отметок разрабатывается специализированными дреноукладчиками за один проход.

Раздельная технология применяется при глубине промерзания грунтов 50—60 см. Для предварительной разработки мерзлых грунтов по трассам коллекторно-дренажной сети применяют рыхлители пассивного действия типа РМГ-1-40, РТ-0,7, РК-1,2У, РНТ-1 и др., дискофрезерные, скребково-роторные, цепные или баро-

вые машины типа ДФМ, ЭТЦ-208А, ЩФМ-3-08, СРМ, ДГП-ЗУМ и др.

Следует отметить, что рыхлители пассивного действия целесообразно применять на легких минеральных грунтах при промерзании до 25 см, а на торфяных — до 35 см. Технологическая схема с применением рыхлителей имеет существенные недостатки. Здесь необходимо включать агрегат для смещения за пределы дренажной трассы крупных мерзлых глыб, образованных при вскрытии мерзлого слоя грунта пассивными ножами рыхлителей. Нарушается процесс первичной присыпки дренажных трубопроводов, поскольку гумусный слой грунта имеет крупноглыбистую структуру со значительными льдовключениями. Этот метод разработки мерзлых грунтов не отвечает в полной мере агротехническим требованиям к обратной засыпке дрен. Более эффективна для подготовки трасс технологическая схема, в которой применяются машины и агрегаты с шириной захвата, равной ширине дренажной траншеи.

При таком способе мерзлый грунт по трассам дрен разрыхляется на мелкие фракции, что позволяет в песчаных, супесчаных и торфяных грунтах осуществлять качественную присыпку дренажных линий.

Непрерывная технология предусматривает выполнение всех операций по разработке мерзлого грунта и прокладке дренажно-коллекторной сети в едином технологическом цикле. Эта технология базируется на применении специализированных дреноукладчиков типа ЭТЦ-206, ДБ-1400 и др. с активными рабочими органами. Дреноукладчики имеют цепное рабочее оборудование, позволяющее разрабатывать мерзлый грунт мощностью 50—80 см, раздробляя его на мелкие фракции, что отвечает требованиям, предъявляемым к обратной засыпке дренажных траншей.

В табл. 31 приводятся машины и оборудование, применяемые при различных технологических схемах прокладки дренажа.

Мелиораторами Ленинградской области накоплен значительный опыт проведения дренажных работ в зимнее время. Мелиоративному строительству зимой предшествует здесь большая подготовительная работа. Устанавливается четкая очередность выполнения работ на объектах при максимальной концентрации мелиора-

31. Машины и оборудование, применяемые при различных технологических схемах прокладки дренажа

Технологическая операция	Раздельная технология при глубине промерзания грунта, см			Непрерывная технология при глубине промерзания грунта 50—80 см
	до 30	30—50	40—70	
Предварительная разработка мерзлого грунта	Рыхлители РМГ-1-40, РТ-0,7, РКТ-1	Фрезерные и баровые машины ДФМ, ШФМ-3-08, ДГП-3УМ	Цепные и скребково-роторные ЭТЦ-208А, СРМ-1-06	—
Доработка траншей до проектных отметок, укладка дренажных трубопроводов	ЭТЦ-202А, МД-4	ЭТЦ-202А	ЭТЦ-202А	—
Отрывка траншей до проектных отметок с одновременной укладкой дренажных трубопроводов	—	—	—	ЭТЦ-206, ДБ-1400

тивных работ на небольшом числе одновременно строящихся объектов.

Подготовка объектов к работам и оперативное руководство строительством осуществляются по так называемым сезонным пообъектным графикам, которыми предусматривается одновременная работа ПМК не более чем на двух-трех объектах.

Специалисты Ленгипроводхоза по договорам с ПМК осуществляют своевременный вынос в натуру трасс каналов, закрытых коллекторов и границ объектов до выпадения снега.

Особое внимание уделяется подготовке производственных баз ПМК, комплектованию мелиоративных бригад для выполнения сезонных работ, обеспечению строительных бригад горюче-смазочными материалами, организации технической учебы.

В мелиоративно-строительных организациях объединения Ленмелиорация широко используется опыт Осьминской ПМК (Ленинградская область) по рациональной организации технического обслуживания мелиоративных машин. Все работы по обслуживанию техники здесь выполняет специализированная бригада. Внедрение такой системы технического обслуживания позволяет увеличить продолжительность эффективной работы техники, повышает на 25—30 % сменную производительность ведущих машин, улучшает условия труда механизаторов. В план зимнего строительства включают-

ся в основном закрытые дренажные системы, расположенные на торфяных, песчаных и супесчаных грунтах.

При строительстве дренажа в зимний период вынос дренажных линий на незакустаренных участках производится до наступления морозов, подготовка трассы для разработки траншей осуществляется так, чтобы не вызвать дополнительного промерзания грунтов. Трубы по трассе развозят в начале рабочей смены, складывая их в небольшие штабеля по 25—35 штук. Траншеи с уложенными трубами засыпают обязательно в день укладки.

В Ленинградской области проходят широкую производственную проверку образцы щелерезно-фрезерных и скребково-роторных машин (СевНИИГиМ) для предварительной разработки мерзлых грунтов по трассам коллекторно-дренажной сети. Машины базируются на тракторах типа ДТ-75М, ДТ-75С. На щелерезно-фрезерной машине типа ЦФМ-3-08 в зависимости от требований и выполняемых операций могут быть установлены одна, две или три дисковые фрезы, по окружности которых размещены специальные резцы. Производительность этой машины при сплошном рыхлении мерзлых грунтов составляет 130—180 м/ч.

Для подготовки трасс коллекторно-дренажной сети могут применяться машины с активным скребково-роторным рабочим органом, который заглубляется в грунт на полный диаметр ротора, обеспечивая наименьшую энергоемкость технологического процесса при разработке мерзлых грунтов и своевременную транспортировку грунта из забоя.

Смоленским филиалом ВНИИГиМа и Гагаринской ПМК-11 (Смоленская область) разработана и внедрена технологическая схема строительства закрытого дренажа в зимних условиях с использованием установки ДГП-5М для разработки траншей в мерзлом грунте.

Установка ДГП-5М является модификацией баровой машины ДГП-ЗУМ, агрегатируется на трактор Т-100 МГП.

Техническая характеристика ДГП-5М

Базовый трактор	Т-100МГП
Тип рабочего органа	Цепной с режущими зубками
Параметры разрабатываемой траншеи, м:	
ширина	0,50
глубина	1,40
Рабочая скорость, м/ч	20—140

Осуществляет строительство комплексная бригада, оснащенная двумя экскаваторами-дреноукладчиками ЭТЦ-202, одной установкой ДГП-5М и универсальным бульдозером на тракторе класса тяги 50 кН. Технологическая схема, принятая при строительстве, приводится в табл. 32.

32. Технологическая схема строительства закрытого дренажа с применением установки ДГП-5М

Вид работ	Машина	Количество	
		рабочих	машин
Расчистка трассы от снега	Бульдозер на тракторе Т-100МГП	1	1
Разработка траншей в мерзлом грунте	Установка ДГП-5М	1	1
Разравнивание отвалов грунта после прохода ДГП-5М	Бульдозер на тракторе Т-100МГП	1	1
Развозка дренажных труб по трассе	Трактор ДТ-75М с прицепом	2	1
Устройство дренажа	ЭТЦ-202А	10	2
Присыпка дрен талым грунтом	Вручную	2	—
Обратная засыпка траншей	Бульдозер на тракторе Т-100МГП	1	1

За смену комплексная бригада по строительству закрытого дренажа укладывала до 500 м дренажа.

Производительность дреноукладочного комплекса при устройстве дренажа в зимнее время увеличилась на 37 % по сравнению с технологией, при которой применяются рыхлители пассивного действия.

Заслуживает внимания опыт строительства коллекторов в Житомирводстрое (ПМК-114). Расчистку трассы коллектора от снежного покрова или валов древесины производят бульдозером с поворотным отвалом в обе стороны на расстояние, которое экскаватор проходит за смену. Ширина полосы, установленная из расчета размещения на ней вынутого грунта, составляет, как правило, 5—6 м.

После расчистки трассы начинают разработку грунта от устья коллектора экскаватором ЭТЦ-208А. Траншеем отрывают на всю глубину промерзания грунта плюс 3—5 см, чем обеспечивается его подрыв и вынос на поверхность. Скребковый транспортер перемещает

вынутый грунт в отвал на правую сторону по ходу экскаватора. При глубине промерзания грунта до 70 см один экскаватор ЭТЦ-208А обеспечивает фронт работ для двух экскаваторов ЭТЦ-202А. Траншею засыпают грунтом с помощью бульдозера с поворотным отвалом. Доставляют с приобъектного склада керамические трубы в контейнерах на прицепе с трактором Т-75 или МТЗ-52 и раскладывают вручную по лоткам вдоль правой стороны коллектора.

После развозки труб трассу нивелируют, натягивают копирующий трос и устанавливают на оси засыпанной траншеи экскаватор ЭТЦ-202А, которым выполняют отрывку траншеи на проектную глубину и укладку дренажных труб. Присыпают их незамерзшим грунтом слоем не менее 20 см. Последующую засыпку траншеи выполняют бульдозером с поворотным отвалом, начиная с верхней части дрены, не позже чем через 2 ч со времени ее отрывки. В случае необходимости бульдозер делает несколько проходов, пока весь вынутый грунт не будет возвращен в траншею.

Трудозатраты на строительство коллекторов приведены в табл. 33.

Трудозатраты при строительстве коллекторов диаметром 75—150 см при использовании ЭТЦ-208А по сравнению с вариантом, когда используется роторный экскаватор ЭТР-162, уменьшились в среднем на 44 %.

При строительстве закрытого дренажа в зимнее время первичная присыпка дренажных трубопроводов производится обычно вручную талым грунтом со стенок траншеи либо размельченным мерзлым грунтом после его экскавации.

В талых грунтах присыпка осуществляется агрегатами с пассивными рабочими органами. Но последний из-за различных конструктивных недостатков в практике дренажного строительства применяется редко.

В СевНИИГиМе разработан роторный присыпатель дрен, предназначенный для разработки и измельчения гумусового грунта с обеих сторон траншеи и присыпки дренажных трубопроводов в основном в зимний период.

Присыпатель навешивается на заднюю систему трактора ДТ-75Б с ходоуменьшителем и состоит из рамы, рабочего органа, редуктора, натяжного устройства и кожуха.

Техническая характеристика агрегата

Базовая машина	Трактор ДТ-75Б с ходоуменьшителем
Диаметр ротора, мм	1600
Скорость, км/ч:	
рабочая	0,32
транспортная	5,1—10,7
Глубина разработки грунта для присыпки дрен, см	До 30
Высота присыпки, см	30—40
Ширина разрабатываемых бровок траншей, см	25
Производительность за час чистой работы, м/ч	250—320

33. Трудозатраты при строительстве коллектора в зависимости от применяемой машины и диаметра коллектора, чел.-ч на 1 км дренажа (Укроргводстрой)

Вид работ	ЭТЦ-208А при диаметре коллектора, см		ЭТР-162 при диаметре коллектора, см	
	75—100	125—150	75—100	125—150

В зимних условиях

Вынос проекта в натуру	15	15	15	15
Очистка трассы от снега бульдозером	8	8	8	8
Устройство траншей экскаватором	9,3	9,3	14	14
Засыпка траншей бульдозером с поворотным отвалом	2,4	2,4	1,8	1,8
Устройство дренажа экскаватором ЭТЦ-202А	114,2	126	114	126
Окончательная засыпка траншей бульдозером с поворотным отвалом	5,1	5,1	5,1	5,1
Доставка и развозка труб	23,3	48,7	23,3	48,7
Всего	177,1	214,5	181,2	218,6

В летних условиях

Всего	129,6	162,7	129,6	162,7
-------	-------	-------	-------	-------

Крепление рабочего органа к раме осуществляется с помощью трех разъемных корпусов и болтового соединения. Рабочий орган представляет собой ротор, состоящий из четырех дисков, установленных по два на концах

ротора. К дискам по окружности привариваются держатели с пазами для крепления в них режущих зубков, оснащенных твердосплавными пластинками.

Для работы присыпателя в летний период зубки можно изготовить в мастерской мелиоративно-строительной организации из инструментальной стали с наплавкой режущей кромки твердым сплавом. Диски-фрезы установлены таким образом, что при работе присыпателя разрабатывается гумусовый слой грунта с обеих сторон траншей глубиной до 300 и шириной 250 мм. В большинстве случаев этого объема грунта достаточно для присыпки гончарных труб, уложенных в траншею на глубину до 40 см.

Привод ротора присыпателя осуществляется от вала отбора мощности трактора с помощью карданного вала, конического редуктора, на валу которого устанавливается специальная звездочка, кинематически связанная через цепную передачу со звездочкой рабочего органа.

Для направленного ссыпания разработанного и измельченного грунта в траншею в конструкции машины предусмотрен кожух, который имеет специальные диски. Для опоры машины во время работы, а также для регулирования глубины разработки грунта в конструкции присыпателя предусмотрены две опорные лыжи.

Технологически процесс присыпки дрена осуществляется следующим образом: опорные лыжи перед началом работы устанавливают на заданную глубину разработки гумусового слоя; трактор с присыпателем устанавливается по оси дренажной траншеи. Заглубив ротор до установленной глубины, тракторист включает соответствующую скорость трактора с ходоуменьшителем и начинает двигаться по трассе траншеи. Ротором разрабатывается и измельчается гумусовый слой грунта, который частично ссыпается на разрабатываемые бровки траншеи, а большая часть грунта, ударяясь о скосы кожуха, ссыпается в траншею на дренажные трубы.

Производственные испытания показали, что агрегат может быть использован для рыхления мерзлого грунта при промерзании глубиной до 50 см. В этом случае машина разрабатывает в мерзлом грунте две траншеи шириной 28 см и глубиной до 50 см.

Технологическое освоение присыпателя дрена проведено в Ломоносовской ПМК Ленинградской области на объектах строительства закрытого дренажа. Глубина

промерзания песчаных грунтов составляла 40—56 см. Результаты испытаний показали, что он осуществляет качественную присыпку дрена измельченным до мелких фракций промерзшим грунтом, слой присыпки составил 30—40 см при средней эксплуатационной производительности 260 м/ч.

По результатам строительства закрытого дренажа, проведенного Смоленским филиалом ВНИИГиМа, установлено, что перспективным является метод рыхления мерзлых грунтов взрывом малых зарядов.

Строительство дренажа выполняет бригада взрывников и строителей, состоящая из 5 человек, в распоряжении которой находятся две автомашины с оборудованием и материалами и трактор с волокушей. Строительная бригада оснащена двумя бульдозерами, двумя многоковшовыми экскаваторами ЭТЦ-202А, дискофрезерной машиной ДФМ-РМГ.

Дискофрезерной машиной ДФМ-РМГ нарезают по трассе строительства две щели шириной 0,1 м каждая с расстоянием между ними 0,6 м. Заряды закладывают в щель через 0,5 м.

Щель забивается бульдозером в 2—3 следа грунтом из отвала дискофрезерной машины.

После рыхления мерзлого грунта производят нивелировку трассы и установку копирного троса. Экскаватор ЭТЦ-202А разрабатывает траншею, а строительная бригада ведет укладку дренажа. Керамические трубки и другие материалы на трассу строительства доставляются после взрывных работ.

Обобщение передового производственного опыта и результаты научных технологических исследований позволяют рекомендовать следующую оптимальную организационную структуру дренажных бригад при раздельной технологии строительства дренажа.

Бригада составляется из двух-трех звеньев. В каждое звено входит два-три экипажа экскаваторов-дреноукладчиков ЭТЦ-202А в составе машиниста-дреноукладчика (VI разряда) и его помощника (V разряда), операторов-трубоукладчиков в количестве 3—4 человек (II—III разряда). Каждое звено обслуживается геодезистом и рабочим-реечником (II, IV разряда). Транспортно-погрузочные работы выполняются машинистом (V разряда), такелажником (III разряда), за которыми закреплены трактор, бульдозер, оборудованный гидрав-

лическим краном, пэна-волокуша, контейнеры для перевозки керамических труб.

В зависимости от глубины промерзания грунтов по трассам коллекторно-дренажной сети за звеном закрепляются специальные машины и оборудование для разработки мерзлых грунтов в количестве, необходимом для обеспечения фронта работ экскаваторам-дреноукладчикам. Обычно при промерзании грунтов до 30 см в звене достаточно иметь два рыхлителя, которые навешивают на трактора класса тяги 100 кН. Обслуживает эти агрегаты машинист V разряда.

При глубине промерзания 30—50 или 40—70 см применяют фрезерные, скребково-роторные или цепные машины, количество которых в звене определяется группой сложности грунтов и состоянием трасс коллекторно-дренажной сети.

В табл. 34 приведено примерное распределение работ между исполнителями строительной бригады, за которой закреплен экскаватор ЭТЦ-206.

Особое внимание при производстве дренажных работ в зимнее время следует обращать на своевременное выполнение операционного контроля точности прокладки дренажных линий, соблюдение нормативных зазоров в стыках керамических труб, обкладку их рулонным ЗФМ. В дренажную засыпку не должны попадать крупные мерзлые глыбы грунта. Не допускается присутствие в засыпке большого количества (более 10 %) снега и льда, поскольку в период оттаивания это приводит к сильному водонасыщению грунта засыпки, его быстрому уплотнению и в конечном счете к резкому уменьшению фильтрации. Кроме того, во время весеннего половодья отмечается интенсивный смыв с поверхности грунта пылевых частиц, приводящий к заплыву внутренней полости дрена или образованию своеобразного водонепроницаемого экрана в околдренной зоне.

Если между выемкой грунта из траншеи и ее обратной засыпкой проходит более 3—4 ч, вынутый грунт смерзается в комья и глыбы значительных размеров, в результате присыпка осуществляется некачественно: происходит смещение дренажных труб в плоскости стыков или их раздавливание. При прокладке дренажных трубопроводов в тяжелых слабоводопроницаемых грунтах следует осуществлять пунктирную присыпку недеформируемым, хорошо фильтрующим материалом или

34. Распределение работ между исполнителями строительной бригады, за которой закреплен экскаватор ЭТЦ-206

Профессия	Разряд	Количество человек	Перечень обязанностей
Машинист экскаватора	VI	2	Следит за техническим состоянием экскаватора ЭТЦ-206; производит отрывку траншей; участвует в проведении технического обслуживания и ремонта экскаватора
Трубоукладчик	V	2	Ведет контроль качества уложенного дренажа; устанавливает упоры и навешивает копирный трос; производит увязку системы в вертикальной плоскости; участвует в составлении акта на скрытые работы
	IV	2	Находясь в траншее, подгоняет торцы труб в соответствии с допускаемым зазором; следит за качеством покрытия труб ЗФМ; присоединяет дренаж к коллектору; укладывает вручную трубы и ЗФМ на первых 5—6 м дреная
	III	2	Подает керамические дренажные трубы из контейнера или бункера трубоукладчика в лоток бункера; следит за поступлением ЗФМ с верхней бобины в траншею, подсоединяет дренаж к коллектору; укладывает вручную трубы и ЗФМ на первых 5—6 м дреная
	II	2	Производит предварительную подсыпку труб в траншею; участвует в установке копирного троса
Машинист-бульдозерист	VI	1	Следит за техническим состоянием машины; выполняет расчистку трасс от снега, засыпку траншей

устраивать поглотительные колонки из пористого бетона, песчано-гравийных смесей, быстротвердеющих полимеров и т. п.

4.4. Комплексы машин и механизмов, рекомендуемые для круглогодичного производства работ

Повышение темпов мелиоративного освоения земель в зоне осушения связано с ликвидацией сезонности мелиоративного строительства. Переход от сезонного к

35. Технологические комплексы машин для круглогодичной прокладки закрытого дренажа

Вид работ	Технологическая операция	Комплекс машин и оборудования
1	2	3
Прокладка пластмассового дренажа бестраншейным способом	Планировка трассы	Бульдозер с поворотным отвалом класса тяги 30 кН
	Доставка труб, обернутых защитно-фильтрующим материалом, с приобъектного склада к дрепоукладчику	Прицеп для развозки труб по трассам грузоподъемностью 5 т Гусеничный трактор общего назначения типа ДТ-75М класса тяги 30 кН Гусеничный болотоходный трактор типа ДТ-75Б класса тяги 30 кН Торфяной гидравлический погрузчик типа МТТ-12 с краном
	Установка копириного троса или регулирование уклонов по лучу	Нормокомплект приспособлений и инструментов
	Отрывка прямков	Экскаватор-дреноукладчик типа ЭТЦ-202А
	Прокладка труб с фильтрующим материалом с одновременным контрольным нивелированием	Бестраншейный дрепоукладчик для укладки дренажа из пластмассовых труб в зоне осушения в комплекте с тягачом типа МД-4, МД-5
Прокладка керамического дренажа траншейным или узкотраншейным способом	Засыпка прямков	Бульдозер с поворотным отвалом класса тяги 30 кН
	Срезка растительного слоя	Бульдозер с поворотным отвалом на тракторе класса тяги 100 кН с гидравлическим управлением Прицепной скрепер вместимостью ковша 15 м³ (типа ДЗ-79)
	Планировка трассы	Бульдозер с поворотным отвалом класса тяги 30 кН

1	2	3
Прокладка закрытого горизонтального дренажа в зимний период (двухпроходная технология)	Доставка труб и фильтрующих материалов с приобъектного склада к дренажной трассе	Прицеп грузоподъемностью 5 т для развозки труб по трассам Гусеничный трактор (типа ДТ-75М) класса тяги 30 кН Трактор гусеничный болотоходной модификации типа ДТ-75Б класса тяги 30 кН Нормокомплект приспособлений и инструментов Экскаватор-дреноукладчик типа ЭТЦ-202А, ЭТЦ-202Б с присыпателем активного или пассивного действия
	Установка копирного троса	Бульдозер с поворотным отвалом класса тяги 30 кН
	Укладка труб с рулонными ЗФМ или соединительными муфтами, механизированная присыпка их гумусовым слоем грунта	Бульдозер с поворотным отвалом на гусеничном тракторе класса тяги 100 кН или прицепной скрепер с вместимостью ковша 15 м³ типа ДЗ-79
	Окончательная засыпка траншей	Бульдозер с поворотным отвалом на тракторе класса тяги 100 кН
	Рекультивация строительной полосы	Прицеп для развозки труб по трассам грузоподъемностью 5 т
	Расчистка трассы от снега	Универсальный колесный трактор типа МТЗ-80 класса тяги 14 кН
	Доставка труб и фильтрующих материалов с приобъектного склада к дреноукладчику	Нормокомплект приспособлений и инструментов
	Установка копирного троса	Траншейный экскаватор типа ЭТЦ-208А, фрезерные или роторные машины типа СРМ, ЩФМ-3-0,8, ДГП-5М; ЭТР-164
	Разработка траншей на глубину промерзания грунта	

1	2	3
Прокладка закрытого горизонтального дренажа в зимний период (однопроходная технология)	Разработка траншей на проектную глубину с одновременной укладкой и оберткой рулонным 3ФМ дренажных труб	Экскаватор-дреноукладчик типа ЭТЦ-2Р2А, ЭТЦ-163, ЭТЦ-202Б
	Первичная присыпка дренажных линий слоем талого песчаного грунта, верхового торфа или песчано-гравийной смесью	Бульдозер с поворотным отвалом класса тяги 30 кН
	Окончательная засыпка траншей грунтом заданной структуры	Бульдозер с поворотным отвалом класса тяги 100 кН
	Расчистка трассы от снега	Бульдозер с поворотным отвалом
	Доставка труб и фильтрующих материалов к дреноукладчику	Прицеп для развозки труб по трассам грузоподъемностью 5 т
		Универсальный колесный трактор типа МТЗ-80 класса тяги 14 кН
		Торфяной гидравлический погрузчик типа МТТ-12 с краном грузоподъемностью 1,3 т
	Установка копирного троса	Нормокомплект приспособлений и инструментов
	Отрывка траншей с одновременной укладкой труб и защитно-фильтрующих материалов	Дреноукладчик для укладки дренажа в зимнее время с механизмом выдерживания заданного уклона типа ЭТЦ-206, ДБ-1400
	Первичная присыпка дренажных линий слоем из талого песчаного грунта, верхового торфа или песчано-гравийной смесью	Бульдозер с поворотным отвалом класса тяги 30 кН
	Окончательная засыпка (траншеи) вынутым из траншеи грунтом	Бульдозер с поворотным отвалом класса тяги 100 кН

круглогодовому выполнению строительных работ на объектах мелиорации позволяет сократить сроки ввода объектов в эксплуатацию, повысить эффективность использования парка мелиоративной техники, рационально расходовать трудовые ресурсы в течение всего года.

Разнообразие природно-климатических условий Нечерноземной зоны определяет специфические требования к организации строительства, технологическим приемам выполнения зимних мелиоративных работ и применяемым средствам механизации.

Изучение изменения объемов, видов и способов строительства закрытого горизонтального дренажа позволяет заключить, что для производства работ в зоне необходимо иметь следующие машины:

экскаваторы-дреноукладчики для прокладки гончарного и пластмассового дренажа по заданному уклону в траншею шириной до 0,5 м на глубину до 2 м;

бестраншейные дреноукладчики для прокладки пластмассового дренажа по заданному уклону в прорезаемую щель на глубину до 1,8 м;

экскаваторы-дреноукладчики для прокладки гончарного и пластмассового дренажа по заданному уклону в узкую траншею (шириной до 0,3 м) на глубину до 2 м в зимний период.

Анализ рекомендуемых технологических комплексов машин для круглогодовой прокладки закрытого горизонтального дренажа в Нечерноземной зоне показал, что на перспективу намечается уменьшение удельного веса трудоемких ручных работ, которые в настоящее время применяют при укладке керамического и пластмассового дренажа экскаватором-дреноукладчиком ЭТЦ-202А.

Трубоукладочное оборудование дреноукладчика позволяет осуществлять механизированную присыпку дренажных трубопроводов.

В табл. 35 приведены технологические комплексы машин для круглогодовой прокладки закрытого дренажа.

Список использованной литературы

- Александркин А. В., Дружинин Н. И. Мелиорация земель в Нечерноземной зоне РСФСР. М.: Колос, 1980, 473 с.
- Артемьева З. Н., Борщов Т. С., Лукашенко П. К. Уровень производительности труда на дренажных работах. — В кн.: Технологии и механизация мелиоративных работ. Л.: СевНИИГиМ, 1978, с. 8—16.
- Бейлин Д. Х. Механизация дренажных работ. М.: Колос, 1975. 256 с.
- Виксиз А. А., Хомич В. А. Организация мелиоративных работ в зимних условиях в Нечерноземье. — Гидротехника и мелиорация, 1981, № 2, с. 22—25.
- Вопросы осушения земель гончарным дренажом. — Науч. тр. ЛитНИИГиМ: Елгава, 1978, вып. 2, с. 34—52.
- Временные рекомендации по проектированию и строительству закрытого дренажа из пластмассовых труб с применением бес-траншейного дрепоукладчика МД-4 с тягачом МД-5. Л.: Ленгипроводхоз, 1978. 64 с.
- Камышенцев Л. А., Нетребя Н. Н. Мелиоративные работы в зимнее время. М.: Россельхозиздат, 1974. 120 с.
- Карловский В. Ф. НОТ в строительстве гончарного дренажа. М.: Колос, 1975.
- Кильдишев Н. А., Нетребя Н. Н. Применение быстротвердеющих пенопластов при круглогодичном строительстве мелиоративных систем. — В кн. Мелиоративное строительство в зимний период. Л., 1980, с. 65—71.
- Маслов Б. С., Станкевич В. С., Черненко В. Я. Осушительно-увлажнительные системы. М.: Колос, 1973. 280 с.
- Мелиоративное строительство в зимний период. — Науч. тр. СевНИИГиМ. Л., 1980. 136 с.
- Мурашко А. И., Сапожников Е. Г. Защита дренажа от заледения. Минск: Ураджай, 1978. 168 с.
- Нетребя Н. Н. Технологические особенности устройства коллекторно-дренажной сети в песчаных водонасыщенных грунтах. — В кн.: Технологии и механизация мелиоративных работ. Л., 1978, с. 29—38.
- Черняк М. Б. Организация мелиоративных работ в зимнее время (на примере Ленинградской области). — Гидротехника и мелиорация, 1980, № 10, с. 59—61.

Оглавление

Введение	3
1. Закрытые дренажные системы	6
1.1. Основные элементы коллекторно-дренажной сети	6
1.2. Дренажные трубы и защитно-фильтрующие материалы	20
1.3. Системы горизонтального и вертикального дренажа	35
1.4. Основные требования к качеству дренажных работ	38
1.5. Технологические параметры и физико-механические свойства грунтов	47
2. Инженерная подготовка и организация строительства	55
2.1. Разработка проекта производства работ	55
2.2. Вынос и закрепление в натуре элементов дренажной сети	59
2.3. Доставка и складирование материалов на объекте строительства	62
2.4. Комплектование дренажных бригад, организация строительства	64
3. Средства механизации и способы производства дренажных работ	90
3.1. Дреноукладочные машины и технологическое оборудование	90
3.2. Оборудование для укладки труб	110
3.3. Способы и оборудование для глубокого рыхления почвогрунтов	114
3.4. Бестраншейная прокладка закрытого горизонтального дренажа	120
3.5. Технология строительства коллекторов большого диаметра	143
3.6. Способы контроля продольных уклонов дрен и оценка качества строительства	145
4. Особенности производства дренажных работ в сложных гидрогеологических условиях	151
4.1. Прокладка коллекторно-дренажной сети в минеральных неустойчивых грунтах	151
4.2. Подготовка коллекторно-дренажной сети в торфяных залежах, каменистых и пучинистых грунтах	159
4.3. Технологические особенности производства дренажных работ в зимнее время	165
4.4. Комплексы машин и механизмов, рекомендуемые для круглогодичного производства работ	186
Список использованной литературы	191