

А. А. КОРОЛЕВ

МАЛЫЕ ГИДРОСТАНЦИИ
КАРЕЛЬСКОГО ПЕРЕШЕЙКА



ГОСЭНЕРГОИЗДАТ

T20 $\frac{\Gamma-4}{539}$

А. А. КОРОЛЕВ

T-20 $\frac{\Gamma-4}{539}$

МАЛЫЕ ГИДРОСТАНЦИИ КАРЕЛЬСКОГО ПЕРЕШЕЙКА

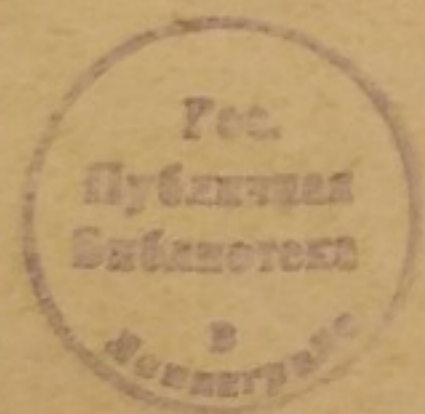


ГОСУДАРСТВЕННОЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
ЛЕНИНГРАД 1947 МОСКВА

В настоящей книге дан обзор малых гидроэлектростанций, построенных на Карельском перешейке.

Критически рассмотрены принципы компоновки узлов сооружений в целом, плотин и станционных узлов; показаны конструктивные особенности плотин, деривационных сооружений и зданий станций; описано оборудование станций. Кроме того, приведены соображения об энергетическом использовании осмотренных станций.

Книга рассчитана на инженерно-технических работников, занимающихся проектированием, строительством и эксплуатацией малых гидроэлектростанций.



Редактор *И. И. Урбан*

Сдано в набор 9/VI—1947 г.
Тираж 4000 экз.
3 п. л.

Подписано к печати 20/VIII—1947 г.
Бумага 84 × 108^{1/32}.
3 уч.-авт. л. Зак. № 3977
М- 06012.

Тип. № 2 Управления издательств и полиграфии Ленгорисполкома

ОТ РЕДАКТОРА

Советский Союз обладает огромным количеством небольших рек, общая мощность которых чрезвычайно велика.

Еще в довоенное время Партия и Правительство неоднократно выдвигали вопрос об использовании энергии малых рек и ставили соответствующие задачи перед местными организациями. В настоящее время эти задачи нашли свое конкретное выражение в плане четвертой сталинской пятилетки.

Закон о восстановлении и развитии народного хозяйства СССР на 1946—1950 гг. предписывает: «широко развернуть работы по восстановлению и строительству гидроэлектростанций местного значения, используя для этих целей в первую очередь существующие плотины. Обеспечить ввод в действие по малым гидроэлектростанциям мощности на 1000 тысяч киловатт».

Нет сомнений, что использованию неиссякаемой водной энергии в формах «малой электрификации» принадлежит громадная будущность.

Долг каждого инженера, работающего в области малой гидроэнергетики, оказывать техническую помощь и всячески содействовать дальнейшему росту использования энергии малых рек.

Настоящая книга ставит себе целью дать в руки работникам малой гидроэнергетики некоторый материал для ориентировки в вопросах строительства малых гидроэлектростанций.

Книга явилась результатом внимательного осмотра и изучения ряда малых гидроэлектростанций Карельского перешейка, восстанавливаемых или уже восстановленных в настоящее время. В своей работе автор критически рассматривает принципы компоновки узлов сооружений в целом, конструктивные особенности их отдельных частей, а также вопросы архитектурного оформления и организации стройплощадки.

Позволительно выразить уверенность, что небольшая книга А. А. Королева будет полезным вкладом в нашу гидроэнергетическую литературу.

И. И. Урбан

ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
§ 1. Краткая характеристика естественных условий	5
§ 2. Компоновка узлов сооружений	7
§ 3. Принципы компоновки плотин	15
§ 4. Конструктивные особенности плотин	21
§ 5. Деривационные сооружения	27
§ 6. Станционные узлы	33
§ 7. Организация строительной площадки	36
§ 8. Оборудование станций	40
§ 9. Энергетика	42
§ 10. Заключение	48

§ 1. Краткая характеристика естественных условий

Юго-восточный склон возвышенности озера Сайма сложен гранитными породами и имеет сравнительно крутое падение. Он испещрен рядом рек, текущих в юго-восточном направлении и впадающих в Ладожское озеро и Финский залив. Горный характер этих рек обуславливает наличие у них узких и крутых берегов. Русла рек, проложенные в скальных породах, настолько тверды, что реки со времени отступления великого ледника не могли их значительно углубить и выровнять. Это привело к тому, что они на своем пути образуют ряд порогов и водопадов, весьма удобных для использования водной энергии.

Наиболее крупными реками этого склона (не считая р. Вуоксы) являются р. Янис-иоки, р. Коколан-иоки (Хитолан-иоки) и р. Тохма-иоки. Остальные реки имеют значительно меньшие размеры (рис. 1).

Реки Янис-иоки и Коколан-иоки вытекают из крупных озер и потому обладают хорошей естественной зарегулированностью стока. Реки Тукалус-иоки, Тервун-иоки и Литтула хотя имеют небольшую водосборную площадь, но протекают через небольшие озера. Горный характер рек Карельского перешейка и большое падение их не позволили получить при сооружении на них гидростанций сколько-нибудь значительных водохранилищ. Поэтому емкость последних, образованных при плотине, большей частью едва достаточна для полного суточного регулирования и лишь в отдельных случаях ее хватает для частичного сезонного регулирования стока.

Наличие больших лесных массивов в бассейнах рассматриваемых рек и их разработки обусловили необходимость сплава древесины. Поэтому почти все рассматриваемые реки являются сплавными. Последнее обстоятельство естественно нашло свое отражение при компоновке узлов сооружений в устройстве лесопропускных сооружений. Молевой характер сплава древесины определяет тип лесопропускных сооружений — лесосплавные лотки.

Отсутствие рыбного хозяйства и рыбопропускных сооруже-

ний при пластинах в рассматриваемом районе еще не является доказательством отсутствия проходных рыб в этих реках. Скорее это можно отнести за счет характера того общественного



Рис. 1. Схема расположения гидроэлектростанций Карельского перешейка.

строю, который существовал во время строительства. Этим, по-видимому, может быть объяснен и тот факт, что на р. Коколанйоки имеется единственный на всем Карельском перешейке рыбоход при гидростанции Хитола, а у вышерасположенной на той же реке гидростанции Суохарью рыбоход отсутствует.

§ 2. Компоновка узлов сооружений

Естественные условия, рассмотренные выше, находят свое отражение в выборе типа и компоновки узлов сооружений. Выбор створа гидростанции обуславливался, главным образом, соображениями о наилучшем использовании местных условий и ни в коей мере не связывался с общей схемой использования реки. Таковая, повидимому, для рассматриваемых рек вообще отсутствовала. Здесь использовались отдельные наиболее выгодные участки реки: водопады, сосредоточенные пороги и т. п. В результате получались отдельно стоящие без взаимной связи друг с другом гидростанции, использующие наиболее выгодные участки данной реки.

Другой особенностью, которая бросается в глаза при рассмотрении использования водной энергии реки, является то обстоятельство, что часто место расположения гидростанции выбиралось не применительно к положению потребителя электроэнергии, а, наоборот, потребитель приспособлялся к месту расположения гидростанции, которая, как это было отмечено выше, ориентировалась на наиболее выгодные в отношении использования участки реки.

В качестве примера такого решения можно привести гидростанцию Илмакоски, построенную на пороге р. Киттен-йоки (рис. 2).¹

Средний многолетний расход р. Киттен-йоки в створе плотины составляет $5,7 \text{ м}^3/\text{сек}$. На станции используется 5 м напора, из которых $2,5 \text{ м}$ создаются на плотине и $2,5 \text{ м}$ на коротком деривационном лотке.

В состав узла сооружений входят: бетонная плотина с водоприемным и водопропускным отверстиями, расположенная в правом протоке реки, водопропускное сооружение в левом протоке реки, подводящий лоток, бревноспуск и здание станции.

Водоспуск в левом протоке имеет одно отверстие между двумя бетонными устоями, перекрываемое шандорами. Его устои возведены на скале.

Бетонная плотина правого протока также возведена на скале. Она разбита на три водопропускных отверстия, из которых два перекрываются шандорами, а третье представляет собой открытый водослив. Между вторым и третьим пролетами плотина имеет в плане излом. С правой стороны к последнему пролету

¹ Приведенные на чертежах размеры определены большей частью глазомерно, а отметки показаны условные.

примыкает отверстие бревноспуска и за ним водонриемная часть подводящего лотка. Последняя оборудована пятью плоскими деревянными щитами без подъемников. По бычкам плотины перекинут деревянный служебный мостик. Подводящий лоток деревянный.

Станция имела два агрегата с установленной мощностью 70—150 квт. Непосредственно к станции примыкает трехэтажное каменное здание суконной фабрики.

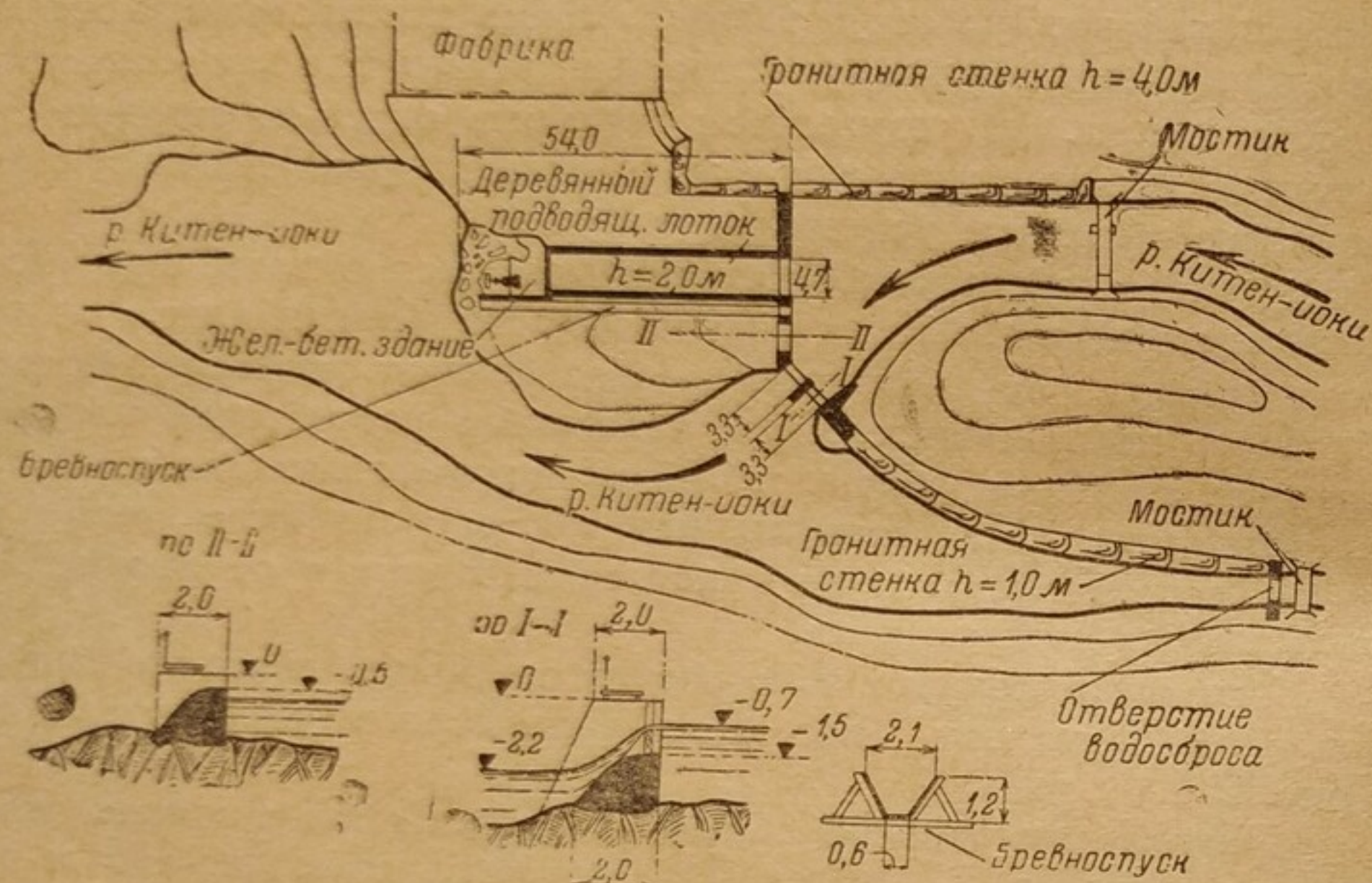


Рис. 2. Гидростанция Илмакоски.

Менее удачное место для выбора площадки трудно придумать. Фабрика расположена в ущелье реки с крутыми берегами. Площадка фабрики, вследствие большого поперечного уклона местности, сильно стеснена. Фабрика находится в стороне от крупных населенных мест; подъезды к ней весьма затруднительны. Все это указывает на то, что площадка для фабрики была выбрана лишь по соображениям максимального приближения ее к источнику энергии. Аналогичны условия возведения фабрики при гидростанции Хапалампи. Подобных примеров можно было бы привести много.

Указанное выше стремление максимально использовать пороги и водопады в качестве источников гидравлической энергии определяет собою тип гидростанций. Действительно, в подавляющем большинстве гидростанций по своему типу являются деривационными, с использованием небольших напоров от

2 до 10 м. Некоторые деривационные установки могут быть по своему типу причислены к комбинированным, так как часть напора у них создается за счет использования лотком естественного падения реки, а часть — небольшой плотиной. Даже в установках приплотинных (речного типа) плотина часто располагается на высоких отметках порога или водопада, а здание станции у подножья последнего так, что на станции используется не только напор, создаваемый на плотине, но и естественное падение реки на пороге.

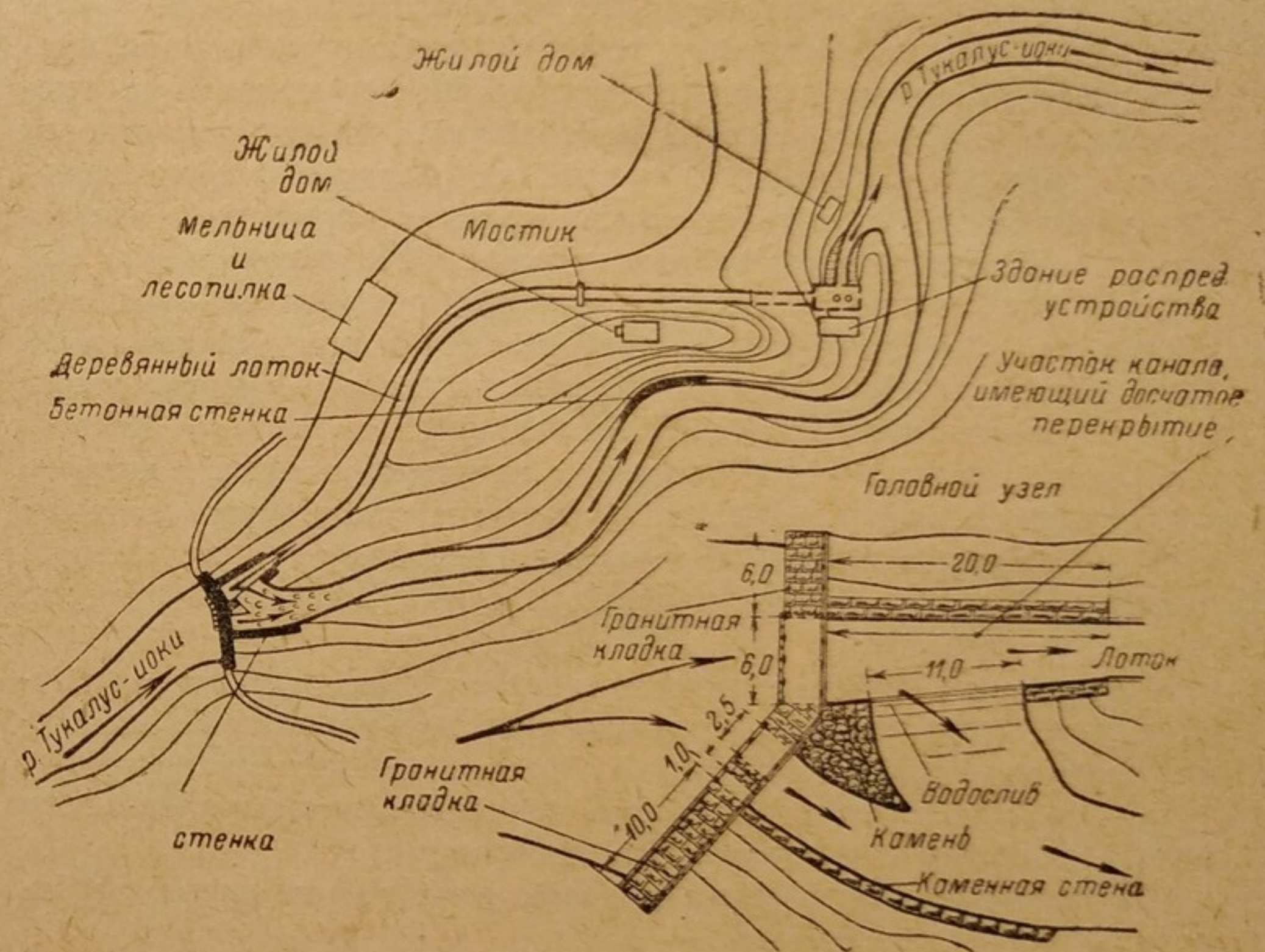


Рис. 3. Гидростанция Лавола.

Примером гидростанция чисто деривационного типа является гидростанция Лавола (рис. 3). Она расположена на р. Тукалус-уоки. Площадь бассейна стока реки в створе сооружений равна 266 км². Средний многолетний расход составляет 2,54 м³/сек. Расход паводка 5% обеспеченности равен 26 м³/сек. Небольшая плотина из каменной кладки высотой 2—3 м обеспечивает водозабор в деривацию.

К правому берегу плотина примыкает глухой стеной из гранитной кладки на растворе. Бревноспуск отсутствует. Для пропуска леса, повидимому, использовалось крайнее правое отверстие плотины, имеющее меньшие размеры. Водопрпускная часть плотины разбита промежуточным бычком на два неравных отверстия. Меньшее — правое — отверстие перекрывается одним щитом. Левое — большое — двумя деревянными щитами с цевочными рейками. Небольшой массив из гранитной кладки отделяет водопрпускную часть плотины от водозабора. Здесь ось плотины в плане делает излом. Водозаборное отверстие тремя промежуточными стойками разбито на четыре пролета, перекрываемые деревянными щитами без подъемных механизмов. С левым берегом водозаборная часть сопрягается глухой гранитной стеной, сложенной на растворе. Через плотину проложен деревянный проезжий мост с перилами, являющийся одновременно служебным мостом. Непосредственно за водозаборной частью в начале деривации устроен боковой водослив для сброса излишков воды из деривации. Подводящий лоток деривации выполнен из дерева, трасса его в плане имеет извилистое очертание, приспособляющееся к рельефу местности. Лоток заканчивается бетонным зданием станции, которое в настоящее время разрушено. Коротким отводящим каналом вода выводится в реку. Гидростанция использует 7 м напора, главным образом, за счет падения в реке. Мощность станции была 150—300 квт.

Анализируя схемы компоновки узлов, мы должны остановить свое внимание на следующих трех весьма интересных схемах гидростанций, удачно использовавших местные условия:

- схема компоновки узла при использовании параллельного рукава реки для строительства гидростанции;
- использование разных рукавов реки для компоновки отдельных узлов сооружений;
- бесплотинная гидростанция.

Узел сооружений Харлу на р. Янис-иоки, являющийся примером первой схемы компоновки, состоит из двух гидростанций: Харлу Малой и Харлу Большой. Река Янис-иоки в створе сооружений имеет площадь бассейна 3840 км² и средний многолетний расход 38 м³/сек. Максимальный паводочный расход обеспеченностью 5% равен 164 м³/сек. На р. Янис-иоки выше Харлу имеется гидростанция Хемикоски мощностью 4100 квт, и еще выше, у истоков из оз. Янис-ярви, построена регулирующая плотина (рис. 1). Ниже Харлу у Ласкеля на р. Янис-иоки также имеется гидростанция мощностью 1200 квт.

В створе Харлу р. Янис-иоки островом делится на два рукава (рис. 4). При этом в правом протоке построена бетонная плотина с бычками из каменной кладки на растворе. Плотина создает напор около 5 м. От плотины берет начало подводящий лоток гидростанции Харлу Малая. Эта гидростанция исполь-

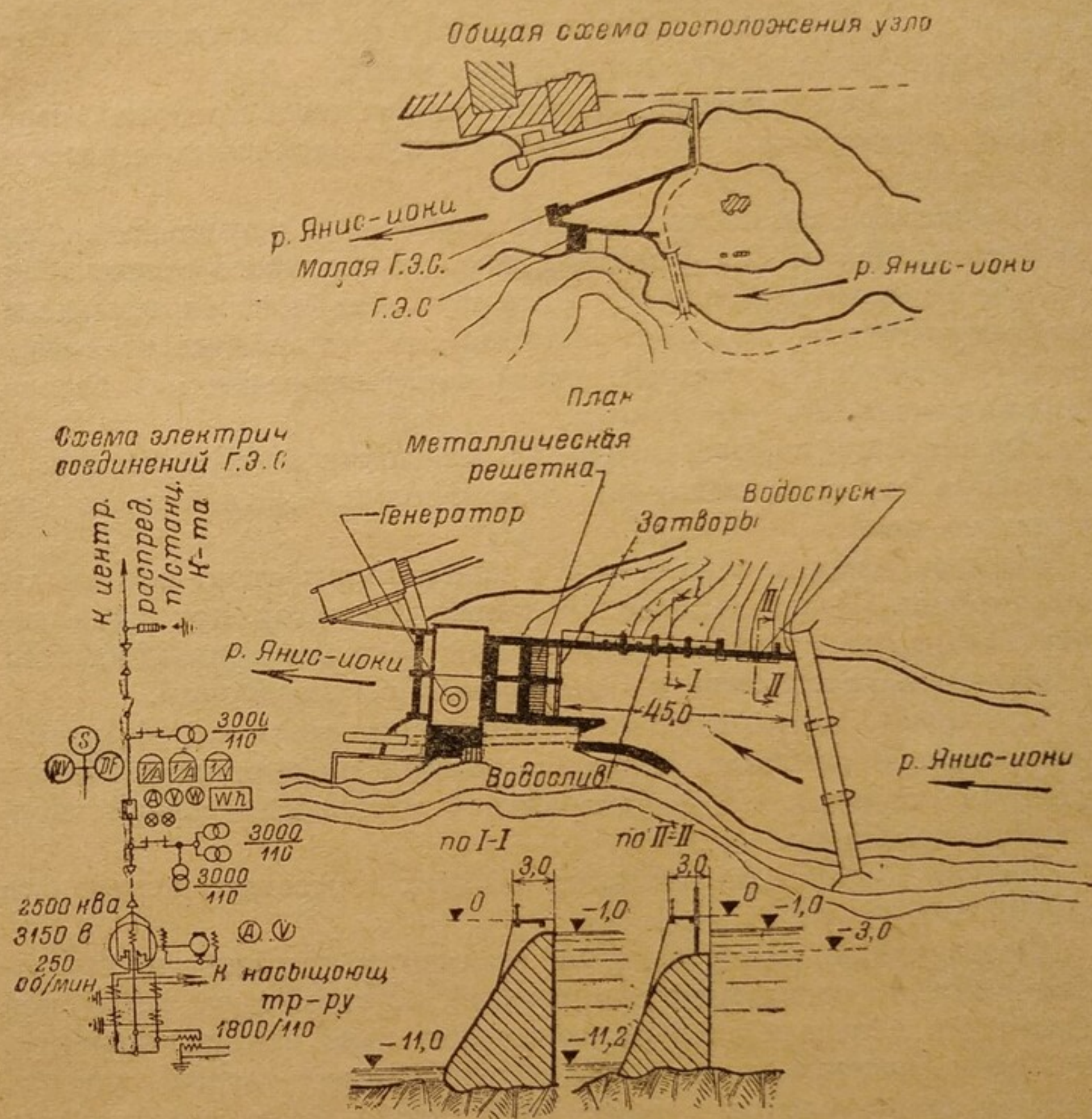


Рис. 4. Гидростанция Харлу Большая.

зует 8 м напора при установленной мощности 315 квт. Лоток гидростанции деревянный. Здание станции в нижней части бетонное, в верхней деревянное.

Левый проток р. Янис-иоки использован для постройки новой гидростанции Харлу Большая мощностью 1500 квт в одном агрегате.

Харлу Большая — типичная станция речного типа (рис. 4). На станции используется напор 10 м.

Здание станции примыкает под прямым углом в плане к бетонной плотине. Все сооружения стоят на скале. Другим своим концом плотина примыкает к острову. В состав сооружений узла, кроме станции и плотины, входит еще бревноспуск, расположенный между зданием станции и левым берегом реки, проходящий сквозь бетонный массив устья.

Плотина имеет водоспуск, разбитый на пять пролетов, перекрытых деревянными щитами, и восемь водосливных отверстий без затворов.

Аванкамера по числу предполагаемых к установке турбин разбита на два отсека. Входные отверстия каждого отсека аванкамеры разделены каждое на пять пролетов и перекрыты деревянными щитами. За ними расположены металлические решетки. Бревноспуск в головной своей части выполнен из бетона. Нижняя часть его деревянная.

Здание станции рассчитано на установку двух агрегатов. В настоящее время установлен только один. Для второго же оставлено место.

На одной вертикальной оси с генератором стоит вертикальная турбина Френсиса. Вертикальный генератор при напряжении 3150 в, $\cos \varphi = 0,6$ и 250 об/мин дает мощность 2500 квт. Возбудитель расположен на одном валу с генератором.

Основным потребителем гидростанции являлся бумажно-целлюлозный комбинат. Энергия станции по воздушной линии передачи направлялась к центральной распределительной подстанции комбината.

Полная мощность станции в двух агрегатах намечалась в 3000 квт.

Особенностью этой станции являются условия производства работ по возведению сооружений. Устройством невысокой перемычки в начале острова на сравнительно высоких отметках дна реки (падение на порогах), перегораживая левый проток, работы по возведению сооружений можно было производить насухо. Паводочные расходы при этом могли проходить по правому протоку. В таких сравнительно простых условиях были сооружены 10-метровая бетонная плотина и здание станции.

Примером умелого использования разных рукавов реки для компоновки отдельных узлов сооружений является гидростанция Калисьяло на р. Тервун-иоки (рис. 5). Гидростанция расположена у истоков реки из оз. Ихо-ярви. Здесь река в естественном состоянии образует три рукава. В створе соору-

жений река имеет площадь бассейна 9,2 км² и средний многолетний расход 0,90 м³/сек. Максимальный расход паводка обеспеченностью 5% составляет 14 м³/сек.

Три протока р. Тервун-иоки при компоновке сооружений использованы следующим образом. Правый проток реки предназначен для сброса паводковых расходов. С этой целью на

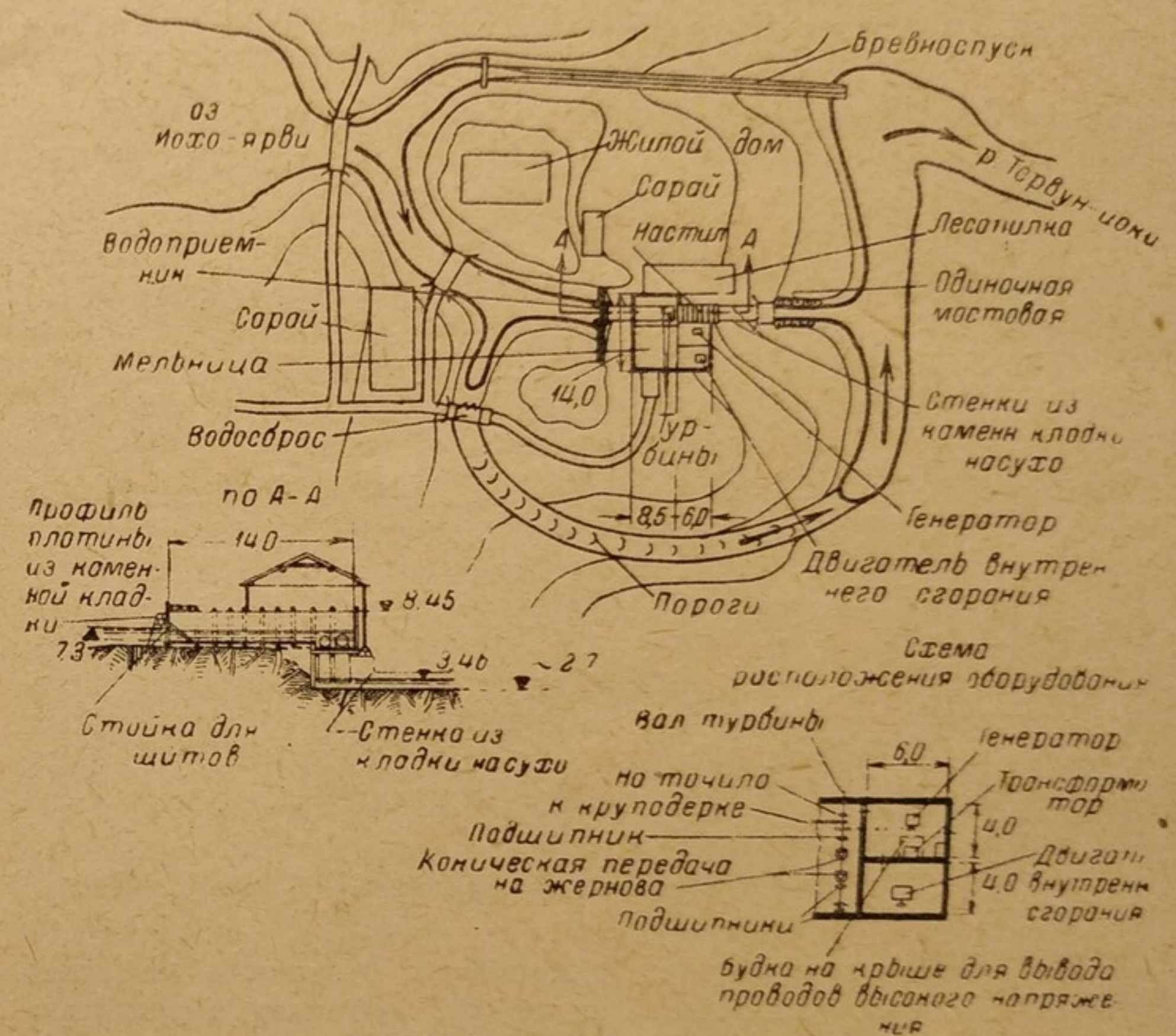


Рис. 5. Гидростанция Калисьяло.

скальном русле возведены небольшие бетонные устои, имеющие пазы для шандоров. Одновременно эти устои служат опорами небольшого проезжего моста, являющегося также и служебным. Сравнительно небольшие размеры сбросного отверстия объясняются наличием у истоков реки озера, которое служит хорошим аккумулятором паводка.

Левый проток реки приспособлен для пропуска леса; с этой целью здесь построен лоток бревноспуска. В среднем протоке

реки помещается здание станции. Нижняя часть здания и турбинная камера выполнены из бетона, верхняя часть деревянная. Входное отверстие в турбинную камеру перекрывается двумя деревянными щитами.

В открытой камере установлены две горизонтальные турбины Френсиса, из которых одна работала непосредственно на мельницу, а вторая при помощи ременной передачи вращала генератор. Здесь же рядом установлен распределительный щит простейшего типа.

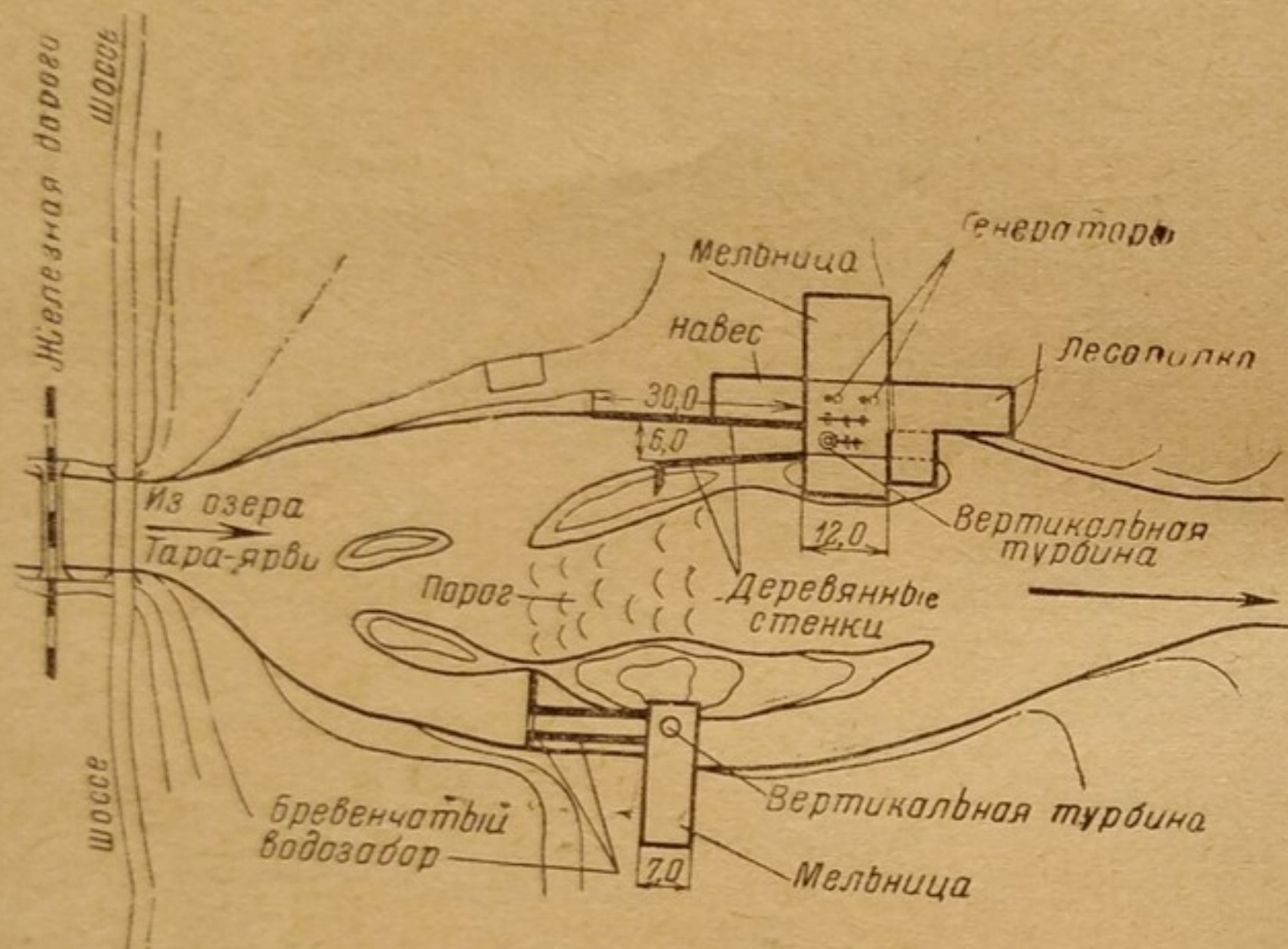


Рис. 6. Гидростанция Саирала.

На станции используется 5 м напора. Мощность ее равна 40—60 квт. Она обслуживала мельницу, лесопилку и прилегающие хутора на генераторном напряжении 220 в.

Весьма оригинальное и поучительное решение представляет бесплотинная схема компоновки узла гидростанции Саирала (рис. 6). Эта гидростанция расположена на истоках из оз. Тара-ярви. Площадь бассейна стока в створе сооружений составляет 259 км², средний многолетний расход 2,5 м³/сек. Расход паводка обеспеченностью 5% — 27 м³/сек. При компоновке узла сооружений использовано наличие небольших островов и порогов в реке. В левом протоке реки построена гидростанция. Правый небольшой проток реки использован для мельничной установки. Средняя часть реки оставлена открытой.

На станции используется 2 м напора за счет естественного падения реки на порогах.

Водозаборная часть станции не имеет никаких устройств. По правой и левой стороне протока возведены бревенчатые стенки, направляющие воду к турбинной камере. Здание станции объединено с мельницей и лесопилкой. Как нижняя, так и верхняя части здания станции выполнены из дерева.

Вертикальная турбина типа Френсис установлена в открытой камере. Конической передачей турбина связана с горизонтальным шкивом. Два дополнительных шкива передают движение двум генераторам. Энергия станции напряжением 220 в подается в г. Саирала, расположенный вблизи гидростанции. Мощность станции 20 квт.

Данное решение и с точки зрения энергетики не так плохо, как это может показаться на первый взгляд. Хотя установленная мощность и невелика, но зато она хорошо обеспечена. Так, для декабря 90% обеспеченности минимальная мощность станции по водотоку составит около 14 квт. Такую высокую обеспеченность мощности для сравнительно малой станции можно встретить весьма редко. Обычно при малой мощности станции располагать сооружения на крупной реке не рискуют вследствие больших капитальных затрат по возведению плотины. Постройка же станции малой мощности на малой речке, хотя и оправдывается малыми капитальными затратами, но обычно связана (при отсутствии многолетнего регулирования) с резким падением мощности в маловодные периоды. Описанная станция обладает преимуществом простоты возведения при минимуме капитальных затрат и одновременно достоинством высокой обеспеченной мощности при отсутствии каких-либо специальных устройств и мероприятий по регулированию стока.

§ 3. Принципы компоновки плотин

Переходя от рассмотрения принципов компоновки всего узла гидростанции к анализу компоновки плотин, нельзя не подчеркнуть два основных фактора, которые, по нашему мнению, в ряде случаев заставляют отступать от обычных, классических решений. Такими факторами являются:

1. Стремление наилучшим образом использовать естественные условия местности.

2. Стремление к увеличению водосливного фронта.

Не останавливаясь на обычных схемах компоновки плотин,

которые и так хорошо известны каждому, рассмотрим лишь примеры, которые иллюстрируют приведенные выше положения.

Стремление наилучшим образом использовать естественные условия местности находит свое отражение прежде всего в плановом расположении плотины. Вместо того, чтобы располагать плотину в наиболее узком месте реки и прямолинейно, трасса плотины часто проходит по более широкому створу применительно к повышенным отметкам скального дна реки через мел-

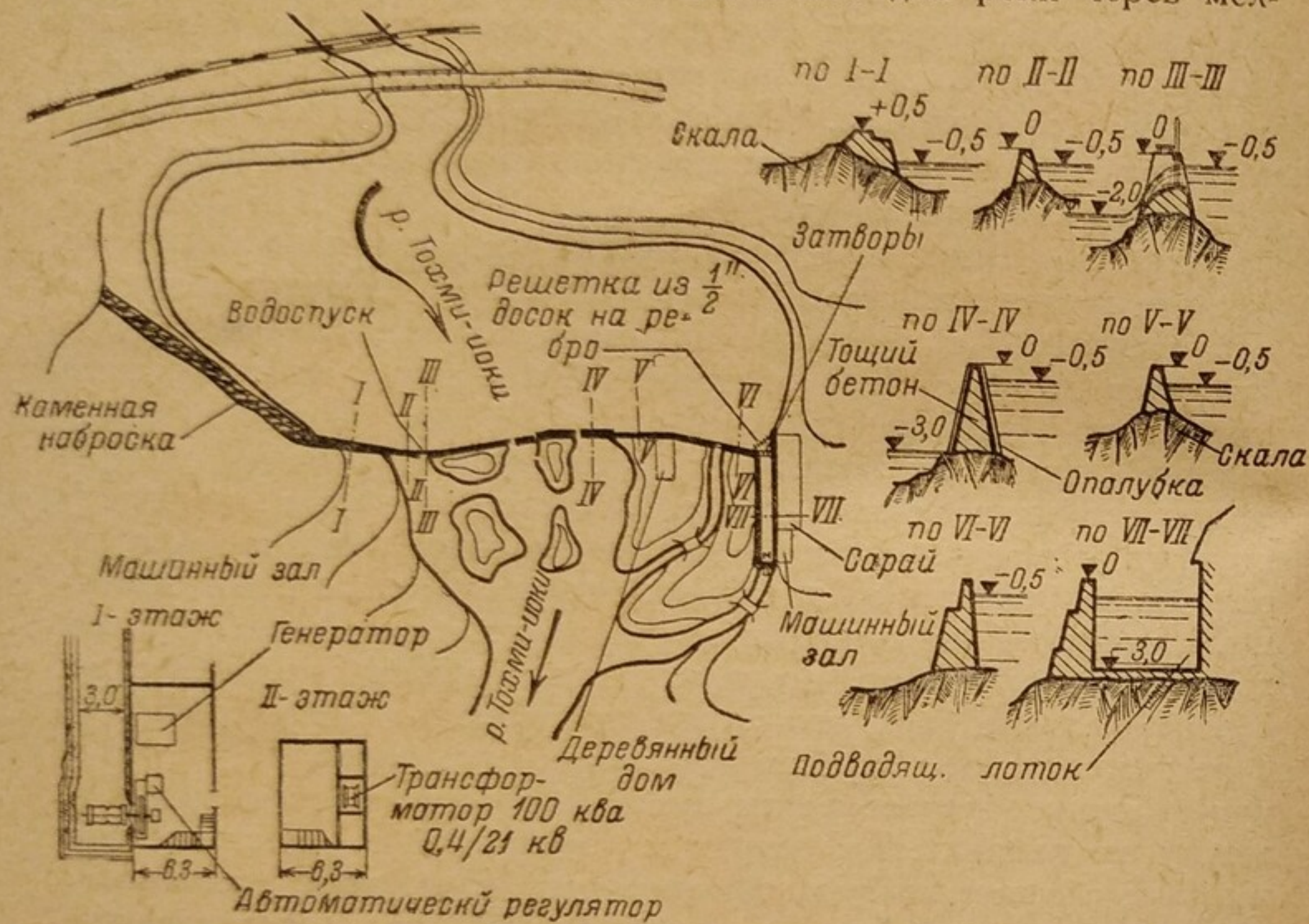


Рис. 7. Гидростанция Сахакоски.

кие островки в реке и выступы скалы. При этом ось плотины в плане сильно искривляется и часто удлиняется. Однако такое удлинение плотины вполне оправдывается упрощением в производстве работ и уменьшением ее поперечного сечения, которые получаются в результате уменьшения высоты плотины.

Довольно характерным примером такой компоновки плотины может служить гидростанция Сахакоски (Маткоселька) на р. Тохма-йоки (рис. 7).

Река Тохма-йоки в створе плотины имеет площадь водосбора 400 км². Средний многолетний расход ее равен 4 м³/сек.

расход паводка 5% обеспеченности равен 29 м³/сек. Несколько выше плотины в районе расположения мостов (железнодорожного и шоссе) река имеет более узкое и глубокое русло. В створе гидростанции имеются небольшие пороги, и при этом ширина реки увеличивается. Здесь она разбивается на небольшие рукава, протоки и образует несколько скальных островов. Вот по этим возвышенным местам, по островам и скальным выступам и протрассирована ось плотины. Плотина бетонная, трапециoidalного профиля. В плане она имеет ломаное очертание. Устройство плотины в другом месте вызвало бы значительное увеличение ее высоты и, следовательно, удорожание. В данном случае максимальная высота плотины не превышает 3 м. В плотине в разных местах устроены четыре водопропускных отверстия. На левом берегу имеется водоприемное отверстие, закрываемое деревянными щитами. Перед щитами стоит грубая решетка из деревянных досок, поставленных на ребро. Бетонным лотком вода подается к турбине, которая установлена в конце лотка. Турбина горизонтальная, двойная. Вал турбины пропущен в машинный зал, примыкающий к лотку. Здание станции двухэтажное кирпичное. На станции используется напор 3 м.

Во втором этаже здания станции устроены три ячейки размером 1,70 × 1,10 м каждая. В одной из них установлен трансформатор фирмы ASEA 100 кВа напряжением 400/21 000 в, а также все относящееся к нему оборудование распределительного устройства на 20 кв — предохранитель, разъединители и воздушный вывод. Во второй и третьей ячейках также были установлены трансформаторы и оборудование распределительного устройства на 20 кв.

Мощность станции 50—100 квт. Станция обслуживала расположенный вблизи мраморный завод.

Другим примером подобной компоновки плотины может служить гидростанция Мюлюкюля Верхняя на р. Тохма-йоки. Русло р. Тохма-йоки в створе сооружений скалистое. В середине реки имеется скальный остров, который используется как часть плотины. Гидростанция является установкой речного типа (рис. 8). На ней используется напор 5,5 м. Здание станции и турбинная камера примыкают к плотине со стороны левого берега. Островом плотина делится на две части. Правый проток реки закрыт водосливной плотиной. В середине острова сделан водоспуск, имеющий два отверстия, перекрытых затворами. Здесь, повидимому, намечалось устройство бревноспуска. Левый проток перекрыт глухой плотиной из каменной кладки на

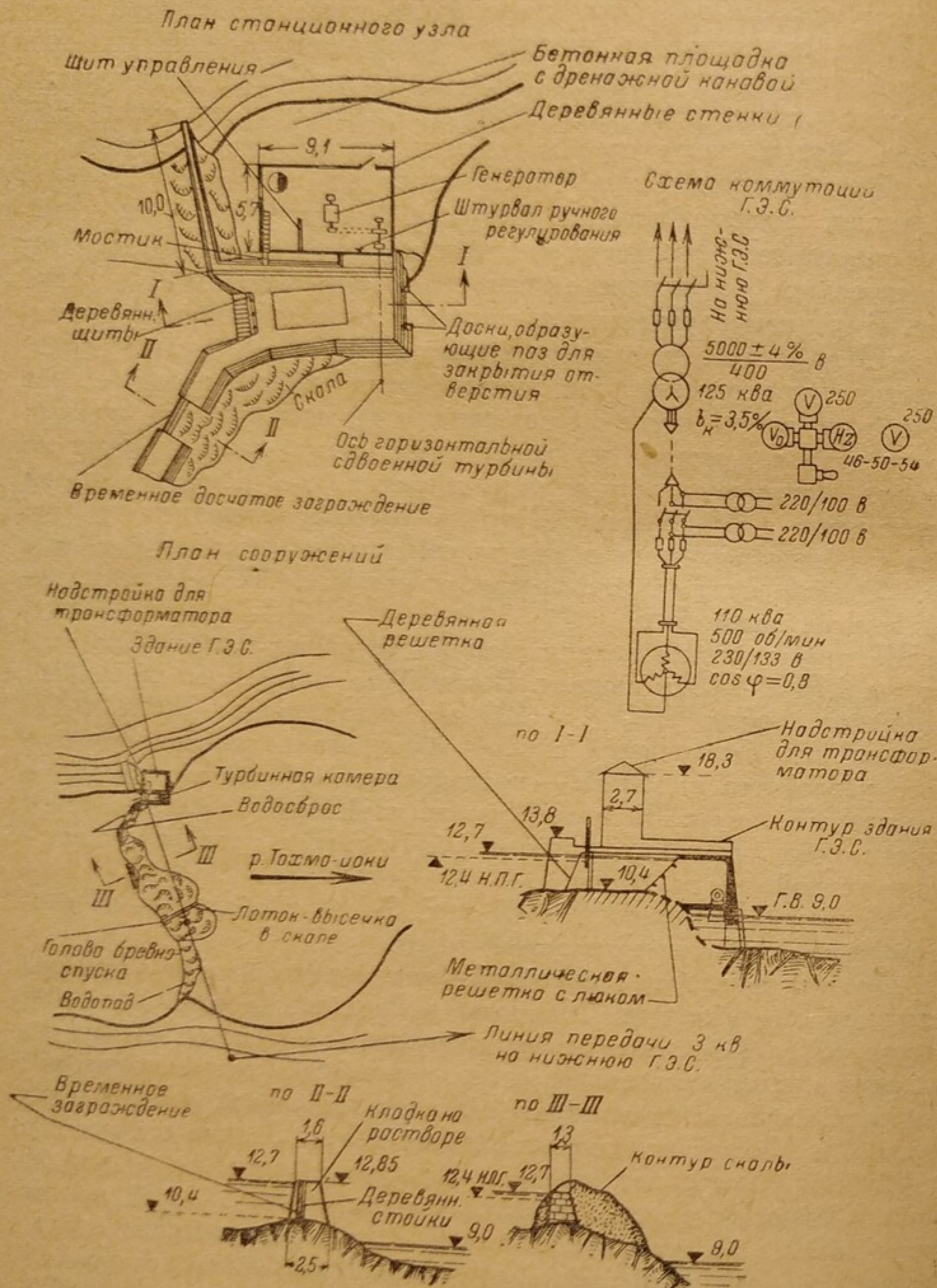


Рис. 8. Гидроэлектростанция Мюлюкюля Верхняя

растворе. В ней имеется одно отверстие, закрываемое деревянным щитом. Левый край плотины, изгибаясь в плане, переходит в аванкамеру и затем в турбинную камеру. Вход в аванкамеру закрывается деревянным щитом без подъемника. За щитом стоит наклонная металлическая решетка. Турбинная камера выполнена из железобетона.

В камере установлена горизонтальная сдвоенная турбина Френсиса. Здание станции примыкает с левой стороны к турбинной камере. Нижняя часть его выполнена из бетона. Верх здания стоечно-обшивной конструкции, покрыт снаружи досками, а изнутри фанерой. Вал турбины выпущен в машинный зал. Здесь предусмотрена установка шкива турбины, генератора, соединенного с турбиной ременной передачей, автоматического регулятора и распределительного щита.

Генератор имеет мощность 110 кВА (90 кВт) при напряжении 230/133 В и 500 об/мин.

Распределительное устройство размещено в деревянной двухэтажной шахте. В нижнем этаже установлен повышающий трансформатор. Предохранители и разъединители расположены в верхнем этаже шахты. От станции отходит одна линия передачи с воздушным выводом. Станция обслуживала совместно с гидроэлектростанцией Мюлюкюля Нижняя общего потребителя — мебельную фабрику.

Необходимость увеличения водосливного фронта вызывается стремлением применить малые неглубокие отверстия с простейшими затворами, в ряде случаев простейший водослив вообще без затворов. Применение неглубоких отверстий и простейшего водослива из-за необходимости пропуска паводочного расхода определенной величины естественно приводит к весьма значительному увеличению водосливного фронта и, следовательно, длины плотины. Это обстоятельство в сочетании с изложенным ранее принципом приспособления к местным условиям претворяется зачастую в весьма оригинальные решения.

Довольно интересной в этом отношении является плотина гидроэлектростанции Мюлюкюля Нижняя на р. Тохма-иоки, расположенная в 400 м ниже гидроэлектростанции Мюлюкюля Верхняя. Река Тохма-иоки в створе плотины имеет площадь бассейна 740 км² и средний многолетний расход 7,2 м³/сек. Паводочный расход 50% обеспеченности равен 57 м³/сек.

Плотина этой станции выполнена из каменной кладки на растворе и имеет наибольшую высоту 6 м (рис. 9). Река Тохма-иоки возле гидроэлектростанции расширяется, образуя небольшой порог. Плотина в плане имеет многоугольную форму, выпуклую

вниз по течению. Она состоит из трех прямолинейных участков, сопрягающихся под углом. К левому берегу примыкает первый прямолинейный участок плотины, являющийся простым водосливом. Следующий прямолинейный участок также является простым водосливом. Третий прямолинейный участок имеет отверстие бревноспуска и донный водоспуск. Последний разбит промежуточными металлическими двутавровыми стойками на

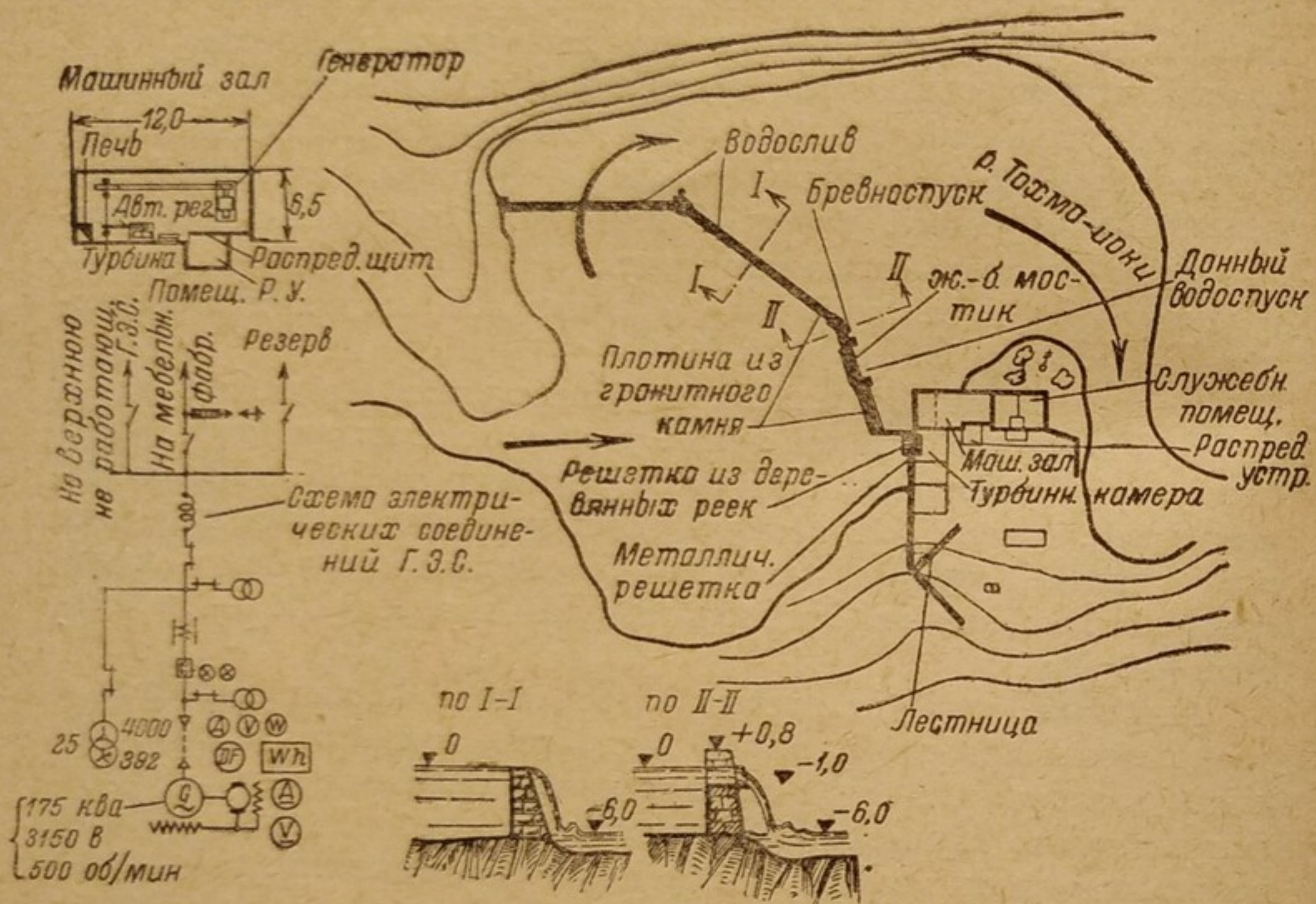


Рис. 9. Гидростанция Мюлюкюля Нижняя

пять отверстий, перекрытых деревянными щитами. К этому пролету плотины примыкает водозаборное отверстие турбинной камеры. Оно имеет две решетки: грубую из деревянных реек и частую из металлических полос.

Турбинная камера выполнена из железобетона. К ней примыкает машинный зал, имеющий бетонную нижнюю часть и кирпичное верхнее строение.

Станция использует 6 м напора и имеет установленную мощность 140 квт. Она снабжала энергией мебельную фабрику.

Следует отметить, что применение водосливов не ограничивается только невысокими плотинами на станциях малой мощности. Так, например, на гидростанции Хэмикоски на р. Янис-

иоки мощностью 4100 квт бетонная плотина при высоте около 8—10 м имеет средний участок, выполненный в виде простого водослива. С целью увеличения водосливного фронта плотины, зажатой между берегами, она имеет в плане криволинейное очертание. Средний ее водосливной участок выполнен в плане в виде арки, очерченной по окружности.

Применение водосливов имеет еще то положительное свойство, что оно упрощает эксплуатацию плотин.

§ 4. Конструктивные особенности плотин

Рассмотрение отдельных сооружений гидростанции начнем с плотин.

Анализ осмотренных плотин по материалу, из которого они выполнены, приводит к довольно парадоксальным выводам. Казалось бы, что небольшие плотины должны строиться из местных строительных материалов. Таковым в условиях Карельского перешейка в первую очередь должно быть дерево. Оказывается же, что из всех 26 обследованных плотин гидростанций не было обнаружено ни одной деревянной. Более того, из 22 более мелких гидросиловых установок (мельницы, лесопилки и проч.), обследованных попутно, только три плотины оказались деревянными. Все остальные были либо бетонными, либо из каменной кладки на растворе. Если применение каменной кладки можно все же считать использованием местных материалов, то бетон таковым ни в коей мере не является.

Такое массовое применение бетона в плотинах отнюдь не вызвано боязнью использовать дерево для гидротехнических сооружений. Как будет показано ниже, для других сооружений гидростанции, например, подводных лотков, дерево получило исключительное применение. Повидимому, одной из причин применения бетона в плотинах является то, что эксплуатационные расходы для бетонных плотин значительно меньше, чем для деревянных. С одной стороны, они меньше вследствие большей долговечности бетона, отсутствия необходимости в текущих и капитальных ремонтах и, с другой стороны, благодаря большей надежности сооружения, а потому меньшей потребности в обслуживающем персонале. При обследовании плотин наблюдались случаи, как, например, на плотине гидростанции Питкякоскен, когда при закрытых затворах вода переливалась через служебный мостик плотины слоем высотой до перил, и при этом сооружение оставалось невредимым. Деревянная плотина вряд ли выдержала бы такую перегрузку. Важным соображением в пользу

применения бетона могла быть и большая простота в производстве бетонных работ по сравнению с деревянными.

Плотины из каменной кладки на растворе, как указывалось выше, получили также достаточно широкое распространение, очевидно, в силу тех же причин, что и применение бетонных плотин, хотя условия производства работ в этом случае сложнее. В качестве связующего каменную, гранитную кладку раствора, вероятно, в ряде случаев применялась гидравлическая известь или цемент пониженного качества. Только этим можно объяснить

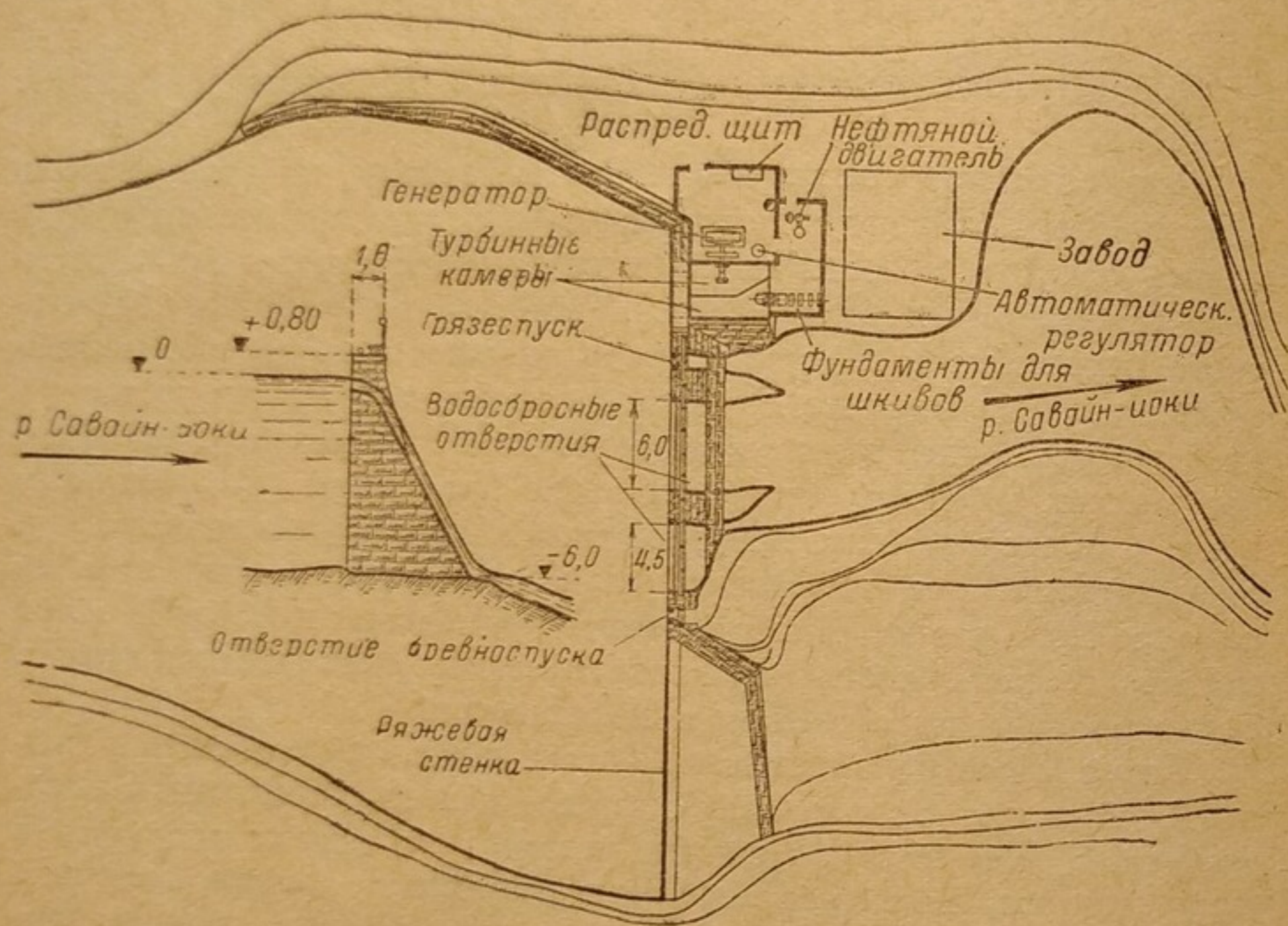


Рис. 10. Гидростанция Хапалампи.

то обстоятельство, что ряд плотин из гранитной кладки обнаруживает сильную фильтрацию вдоль швов вследствие выщелачивания раствора. Подобная картина наблюдается на гидростанции Хэмикоски, на плотине Ляскеля и некоторых других.

Удачным примером плотины из каменной кладки на растворе, находящейся в хорошем состоянии, может служить гидростанция Хапалампи на р. Савайн-йоки (рис. 10).

Река Савайн-йоки имеет площадь бассейна в створе плотины равную 170 км^2 и средний многолетний расход $1,65 \text{ м}^3/\text{сек}$. Расход паводка 50% обеспеченности равен $24 \text{ м}^3/\text{сек}$.

Плотина из каменной кладки основана на скале и имеет высоту около 7 м. В средней высокой части она прямолинейна и имеет изломы при сопряжении с берегами. У правого берега плотина имеет отверстие бревноспуска. В средней части имеется два водосливных отверстия и ближе к левому берегу грязеспуск, закрываемый деревянным щитом. За грязеспуском, ближе к левому берегу, устроены два водозаборных отверстия, к которым примыкают две открытые турбинные камеры, выполненные из бетона. В каждой камере установлены горизонтальные турбины Френсиса. Кирпичное здание станции примыкает к турбинным камерам. По гребню плотины проложен легкий пешеходный мостик. Станция использует 8 м напора и имеет мощность 100—150 квт.

При разбивке плотин на отверстия, как уже было упомянуто выше, заметна тенденция к уменьшению размеров отдельных отверстий и к применению простых водосливов без затворов. Наибольшая глубина отверстий 1,5—2,0 м. Ширина отверстий между бычками, перекрываемых затворами, не встречается более 4—6 м. При этом каждое такое отверстие делится в свою очередь на более мелкие пролеты шириною около 1 м. Эта разбивка осуществляется установкой промежуточных стоек из двутавровых балок, между полками которых опускаются щиты. Глубокие донные отверстия, как правило, отсутствуют. Исключение составляют плотина Хэмикоски, которая имеет несколько донных отверстий для спуска верхнего бьефа, гидростанция Мюлюкюля Нижняя и некоторые другие. Размер каждого отверстия около 1 м^2 . Закрываются они плоскими деревянными щитами. Типы применяемых затворов соответствуют указанным выше размерам отверстий. Главным образом, это плоские деревянные щиты с железными оковками; ширина и высота колеблются в пределах 1—2 м. Подъемные механизмы к ним отсутствуют. Щиты имеют одну или две цевочные рейки, за которые их нужно поднимать вручную при помощи лома. Нужно сказать, что этот способ очень неудобный, и вряд ли такое устройство можно признать рациональным. Обследование показало, что затворы, пролежавшие долгое время в пазах, почти невозможно поднять указанным способом.

Наряду с плоскими щитами большое распространение получили спицевые затворы из вертикальных деревянных брусчатых спиц.

Интересным примером плотины, у которой все отверстия перекрыты деревянными спицами, может служить регулирующая плотина на р. Янис-йоки у истоков из оз. Янис-ярви (рис. 11).

Эта плотина расположена на 140 м ниже железнодорожного моста и имеет своим назначением регулировать сток р. Янисноки из оз. Янис-ярви. В створе плотины русло реки прямолинейно и имеет ширину по урезу около 40 м. Основанием плотины служат скальные породы. Полная высота плотины равна 4 м; она поддерживает напор 3,5 м. Бетонными бычками отверстие плотины разбито на семь пролетов. Водосливной фронт

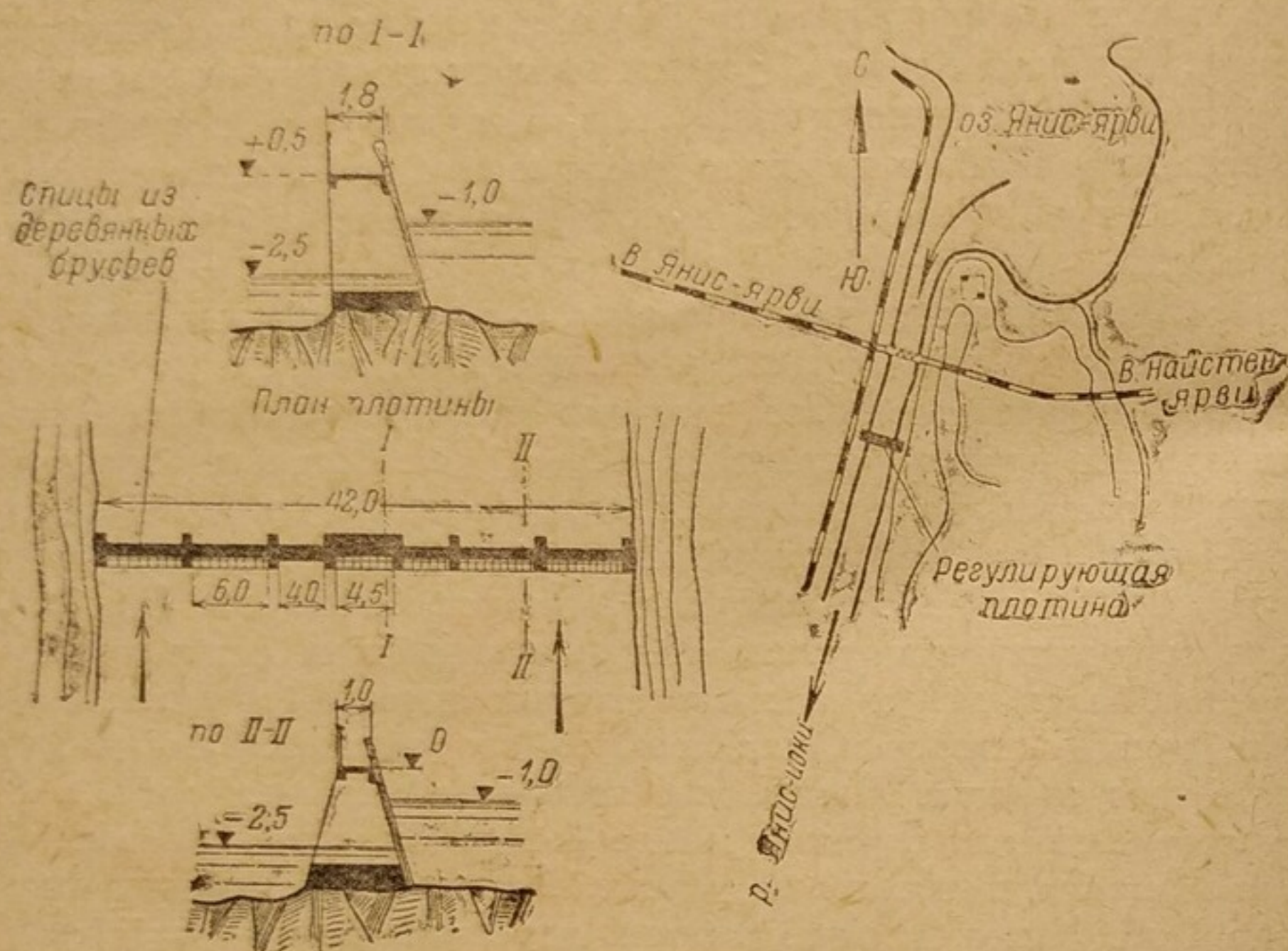


Рис. 11. Регулирующая плотина Янис-ярви.

разбит на четыре пролета по 6 м в свету, два пролета по 4 м и один средний пролет в 4,5 м. Поверху бычки связаны железобетонным служебным мостиком с металлическими перилами. В среднем пролете мостик несколько приподнят. Все пролеты плотины закрываются вертикальными деревянными брусчатыми спицами. Для обслуживания спицевого заграждения на берегах установлены лебедки, снабженные металлическим тросом. Снятые с открытых пролетов спицы сложены на берегу. Следует отметить, что, несмотря на плотную укладку спиц в закрытых пролетах, все же между спицами наблюдается довольно сильная фильтрация.

Спицевые затворы применяются для закрытия отверстий, предназначенных для пропуска льда, когда требуется более

быстрое открытие отверстия и отсутствие промежуточных металлических стоек. Обычно пролеты, перекрытые спицевыми затворами, вклиниваются между пролетами, закрываемыми плоскими щитами. Подобную картину можно наблюдать на большинстве станций и, в частности, на плотинах гидростанций Яски, Рускеала, Хитола и др. Кроме того, спицевые закрытия применяются в тех случаях, когда при плотине отсутствует специальный бревноспуск и лесосплав пропускается через отверстие плотины, что имеет место, например, на описанной выше регулирующей плотине Янис-ярви.

Единственным исключением из приведенных выше примеров применения деревянных затворов является гидростанция Питкякоскен, где на водоприемной части плотины поставлены металлические донные затворы с механизмами на ручном приводе.

Интересно отметить, что служебные и проезжие мосты через плотины выполнены в большинстве случаев из дерева. Весьма часто служебные мостики объединены с проезжими мостами, как, например, у плотины гидростанции Суохарью.

Наличие на плотине проезжего моста совершенно не обязательно. Часто проезжий мост выносится вверх или вниз по реке от плотины и на последней оставляется только служебный мост. Это можно наблюдать на плотинах гидростанций Яски, Хапалампи и др. Часто служебный мостик через плотину делается очень узким, как, например, на плотине Хапалампи, а иногда он совсем отсутствует, как на плотинах Мюлюкюля Нижняя и Верхняя. Интересна в этом отношении железобетонная контрфорсная плотина гидростанции Ряйкинем, где служебный мостик также отсутствует.

Лесопропускные сооружения при плотинах представлены исключительно бревноспусками. Почти нет плотины, где бы не было бревноспуска. Бревноспуски представляют собой деревянные лотки трапециoidalного сечения, шириной и высотой около 1 м. Обшивка их выполнена из толстых досок или брусьев. Опоры лотков также деревянные. В головной части лотка обычно установлен плоский деревянный щит.

Исключением из сказанного выше является бревноспуск гидростанции Питкякоскен. Этот бревноспуск целиком выполнен из металла. Он имеет в поперечном сечении параболическую форму. Металлическими опорами он связан с бетонными фундаментами. В головной части этот бревноспуск оборудован металлическим опускающимся щитом и устройством, следящим за изменением уровня воды в водохранилище.

Рыбопропускными сооружениями, как уже отмечалось выше,

оборудована только одна гидростанция Хитола на р. Коколан-иоки (Хитолан-иоки). Река Коколан-иоки в створе сооружений имеет средний многолетний расход $12,1 \text{ м}^3/\text{сек}$ и паводочный расход 50% обеспеченности, равный $48 \text{ м}^3/\text{сек}$.

Водохранилище при плотине имеет ничтожные размеры, вряд ли достаточные даже для суточного регулирования. Однако р. Коколапиоки присуще озерное питание (площадь бассейна имеет 14% озерности) и поэтому в естественном состоянии она сравнительно хорошо зарегулирована. Средний месячный расход декабря 90% обеспеченности составляет $8 \text{ м}^3/\text{сек}$.

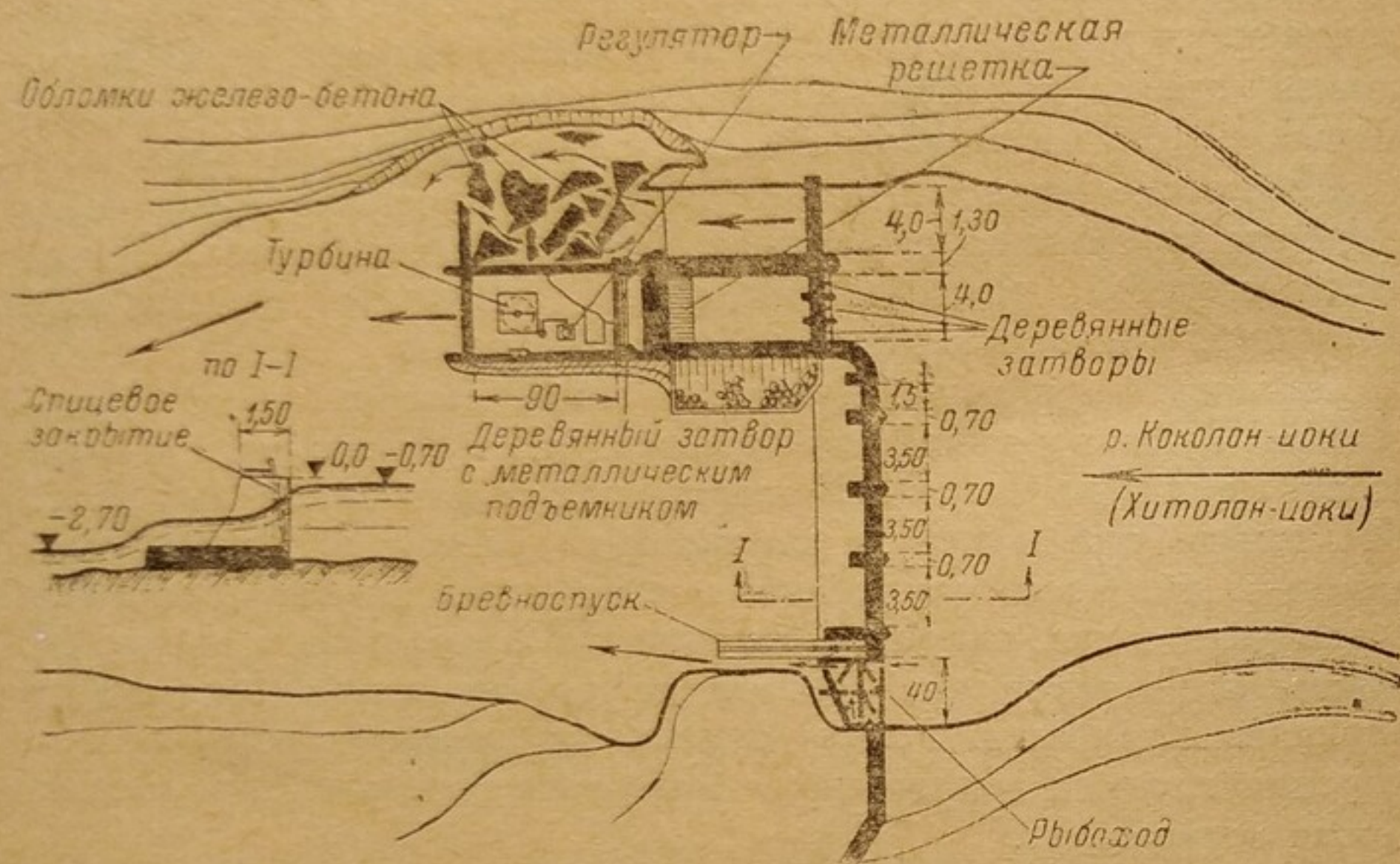


Рис. 12. Гидростанция Хитола.

По своей схеме гидростанция является приплотинной. В состав узла сооружений входит: водопропускная бетонная плотина, здание станции, бревноспуск и рыбоход (рис. 12). На станции используется $2,5 \text{ м}$ напора. Непосредственно к левому берегу примыкает рыбоход. Дальше идет отверстие бревноспуска. За бревноспуском расположены четыре водопропускных отверстия, разделенные бетонными бычками. Эти отверстия имеют спичевые закрытия. Водопропускные отверстия имеют бетонный флютбет, выступающий в нижний бьеф. По бычкам плотины уложен легкий деревянный мостик.

Водозаборная часть здания станции, примыкающая к плотине на правом берегу реки, разбита промежуточным бычком на

две половины соответственно двум агрегатам станции. Каждое входное отверстие оборудовано тремя деревянными затворами. В конце короткого бетонного подводящего лотка, разделенного промежуточным продольным бычком на две части, установлена металлическая решетка. За решеткой стоит большой, во весь пролет лотка, металлический затвор с деревянной обшивкой. Затвор поднимается ручным механизмом за металлические зубчатые рейки.

Вертикальная турбина Френсиса установлена в открытой камере. При помощи шкивов и ременной передачи турбина соединялась с генератором. При турбине имелся автоматический регулятор.

Установленная мощность станции в двух агрегатах составляла около $100\text{—}200 \text{ квт}$. Станция обслуживала энергией расположенный в непосредственной близости г. Хитола.

Рыбоход здесь применен совершенно оригинальной конструкции. Выполнен он из железобетона. Характерной особенностью его является то обстоятельство, что лестница падения в нем развернута не в длину, как это бывает обычно, но концентрично. Таким образом, весь рыбоход получился очень компактным и занимающим очень мало места. Качество его работы при обследовании не удалось установить потому, что горизонт верхнего бьефа был спущен. Однако расположение его у (левого) берега следует признать в данном случае благоприятным, так как рыба, идущая вдоль берега, попадает в струю воды, вытекающую из рыбохода.

§ 5. Деривационные сооружения

Размеры деривационных сооружений рассматриваемых гидростанций находятся в соответствии со схемами деривации. Использование естественных порогов реки с общим напором до 10 м приводит к небольшим длинам деривации — от 100 до 200 м . Наибольшую длину имеет деривационный канал гидростанции Хемикоски; она равна 460 м при напоре на станции 12 м . Канал здесь высечен в скале; со стороны реки он имеет подпорную стенку из каменной кладки. Весьма оригинально, что канал и в плане и в поперечном сечении имеет неправильную форму, меняющуюся по длине. Это вполне понятно, если учесть, что трасса канала выбиралась применительно к естественным условиям местности. Резкие изменения сечения оправдываются стремлением получить минимум земляных работ.

Из всех видов деривации наибольшее применение получили

лотки. Трубопроводы встречаются только на двух станциях: гидростанции Кохисева — деревянный трубопровод, диаметром 50 см, и гидростанции Тиенхара — металлический, диаметром около 2,0 м.

Лотковая деривация получила преимущественное распространение по сравнению с трубопроводами вследствие необходи-

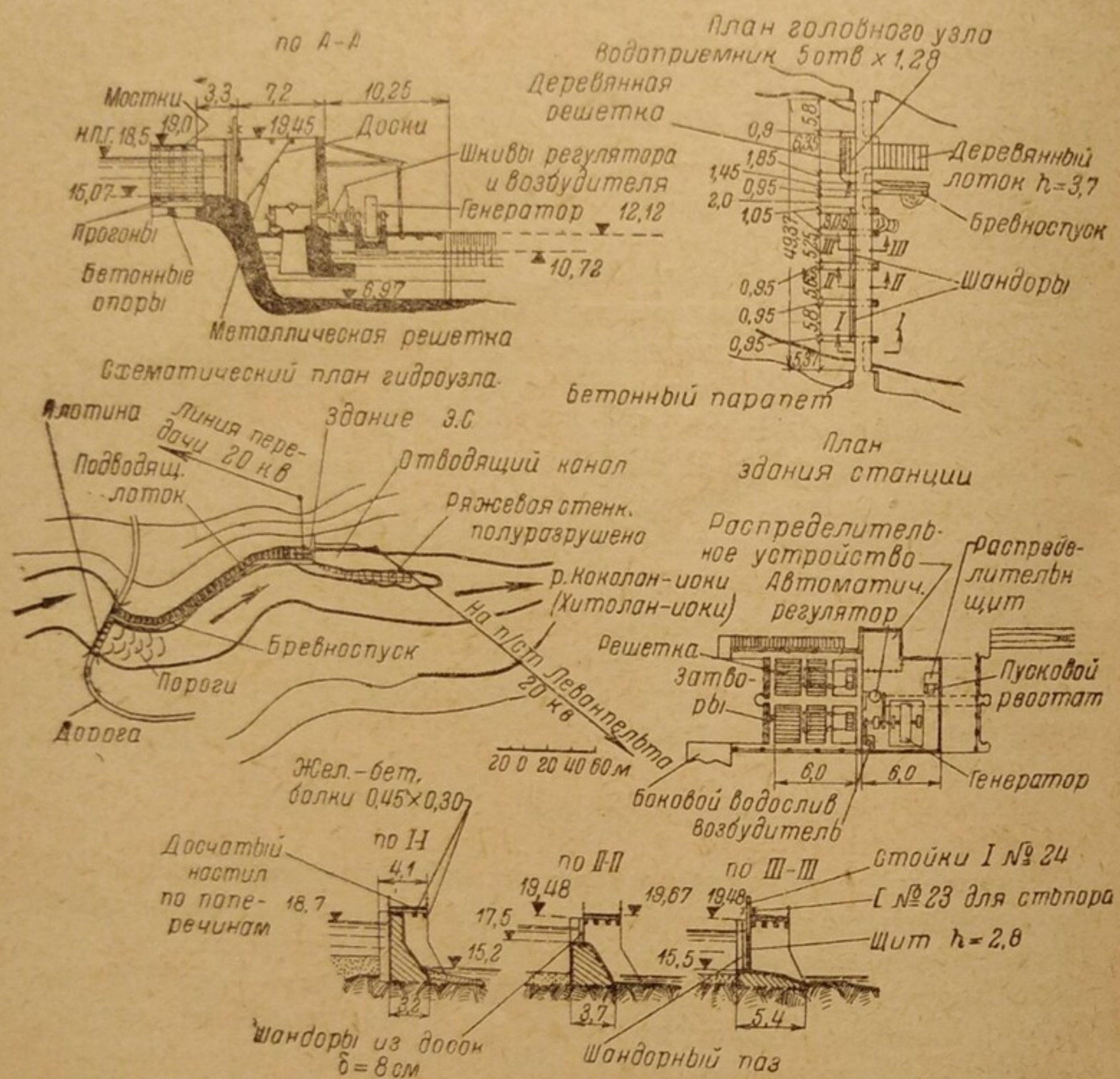


Рис. 13. Гидростанция Суохарью (Кетовара).

мости пропускать сравнительно большие расходы на небольшой длине. В этом случае лотки дают более простое решение и не требуют устройства уравнильной камеры. При длинах лотков до 10—20 м, они устроены из бетона и железобетона. При большей длине лотки выполнены из дерева. Примерами бетон-

ного и железобетонного лотка могут служить гидростанции Сахакоски и Рускеала.

Хорошим примером применения деревянного лотка является гидростанция Суохарью на р. Коколан-иоки (рис. 13). Река Коколан-иоки в створе сооружений имеет площадь бассейна 980 км² и средний многолетний расход 9,8 м³/сек. Расход паводка 5% обеспеченности составляет 35 м³/сек.

Наличие в истоках реки крупных озер (площадь бассейна имеет 18% озерности) позволяет считать сток реки сравнительно хорошо естественно зарегулированным даже в многолетнем разрезе.

В состав узла сооружений входит бетонная водопропускная плотина высотой 4 м, деревянный бревноспуск, деревянный подводящий лоток и здание станции. На станции используется напор 8 м.

Русло реки в районе сооружений имеет извилистую форму и порожистый характер. Основанием для сооружений служит скала.

Бетонная плотина имеет четыре водопропускных отверстия, закрываемых шандорами и плоскими деревянными щитами.

Крайний правый пролет плотины, примыкающий к правому устью, глухой. Два следующих пролета плотины перекрываются шандорами. Каждый из них разбит средней промежуточной стойкой — двутавровой металлической балкой — на два отверстия. Четвертый пролет плотины закрывается деревянными щитами. По длине он разбит на четыре равных отверстия, каждое из которых закрывается отдельным щитом. Подъемные механизмы к щитам отсутствуют, и щиты поднимаются при помощи деревянных реек с отверстиями. Пятый пролет плотины закрывается шандорами. Он несколько меньше других и потому не имеет промежуточной стойки. Следующий пролет плотины глухой. К нему примыкает отверстие бревноспуска, оборудованное деревянным щитом. Дальше к левому берегу расположено водозаборное отверстие подводящего лотка. Оно оборудовано решеткой и затворами. Его отверстие разбито промежуточными стойками — двутавровыми балками — на пять пролетов, из которых каждое закрывается отдельным щитом. Щиты деревянные и не имеют подъемных механизмов. Последний пролет плотины, примыкающий к левобережному устью, глухой. По бычкам плотины проложен проезжий мост, являющийся одновременно и служебным, так как с него производится открытие и закрытие затворов плотины. Лоток бревноспуска протрассирован вдоль подводящего лотка по левому берегу реки; он имеет длину около

150 м. Нижний конец его выведен в отводящий канал гидростанции. Подводящий лоток, шириной около 4 м при глубине около 2 м, в плане имеет ломаное очертание. Трасса его проходит вдоль левого берега, следуя за его изгибами. Конструктивно лоток представляет собой поперечные деревянные рамы, стянутые железными круглыми тяжами на гайках и обшитые изнутри досками. Интересно, что тяжи пропущены не только поверху лотка, но и в середине его высоты, проходя сквозь живое сечение воды. Это, конечно, вызывает дополнительное сопротивление, но при малых скоростях течения в лотке потери на эти сопротивления невелики.

По поперечным рамам прибита одиночная обшивка из толстых досок. Нужно сказать, что данный лоток, как и лотки на прочих станциях, фильтрует. Но расход фильтрации невелик, во всяком случае меньше того, что можно было бы ожидать, учитывая простоту конструкции и запущенность сооружений. Сверху лоток ничем не прикрыт. Оканчивается он железобетонной камерой, разделенной промежуточным бычком на два отсека. Перед входом в турбинную камеру установлены деревянные затворы и металлические решетки. В конце лотка устроен небольшой холостой сброс в виде бокового водослива. В каждом турбинном отсеке установлено по горизонтальной сдвоенной турбине. Вал турбины выведен в машинный зал. Нижняя часть здания станции до пола машинного зала выполнена из бетона. Верхнее строение, являющееся временным до установки второго генератора, построено из дерева. С низовой стороны по бычкам через отводящий канал переброшен железобетонный проезжий мост. С этого же моста производится закладка шандор между бычками отводящего канала для откачки всасывающих труб. Отводящий канал отгорожен от реки ряжевой защитной стеной, засыпанной камнем.

На одном валу с турбиной в машинном зале установлен горизонтальный генератор; другой генератор намечается к установке во вторую очередь. Генератор фирмы АЕГ имеет мощность 420 кВА при напряжении 5000 В и 250 об/мин. Возбудитель оборудован отдельным приводом от вала турбины. При турбине установлен автоматический регулятор.

Распределительный щит выполнен в виде металлического ящика, на котором смонтированы измерительные приборы. Позади ящика помещаются масляный выключатель, трансформатор напряжения и трансформатор тока. Шунтовый регулятор расположен рядом с ящиком. От станции отходят две линии

передачи напряжением 20 кВ. Основным потребителем энергии был район г. Хитола.

Мощность станции первой очереди равна 340 кВт. Полная мощность станции после пуска второй очереди будет 680 кВт.

Подводящий лоток гидростанции Лавола, описанной выше (см. рис. 3), имеет такую же конструкцию, как и лоток Суохарью; он отличается только более плавными поворотами в плане.

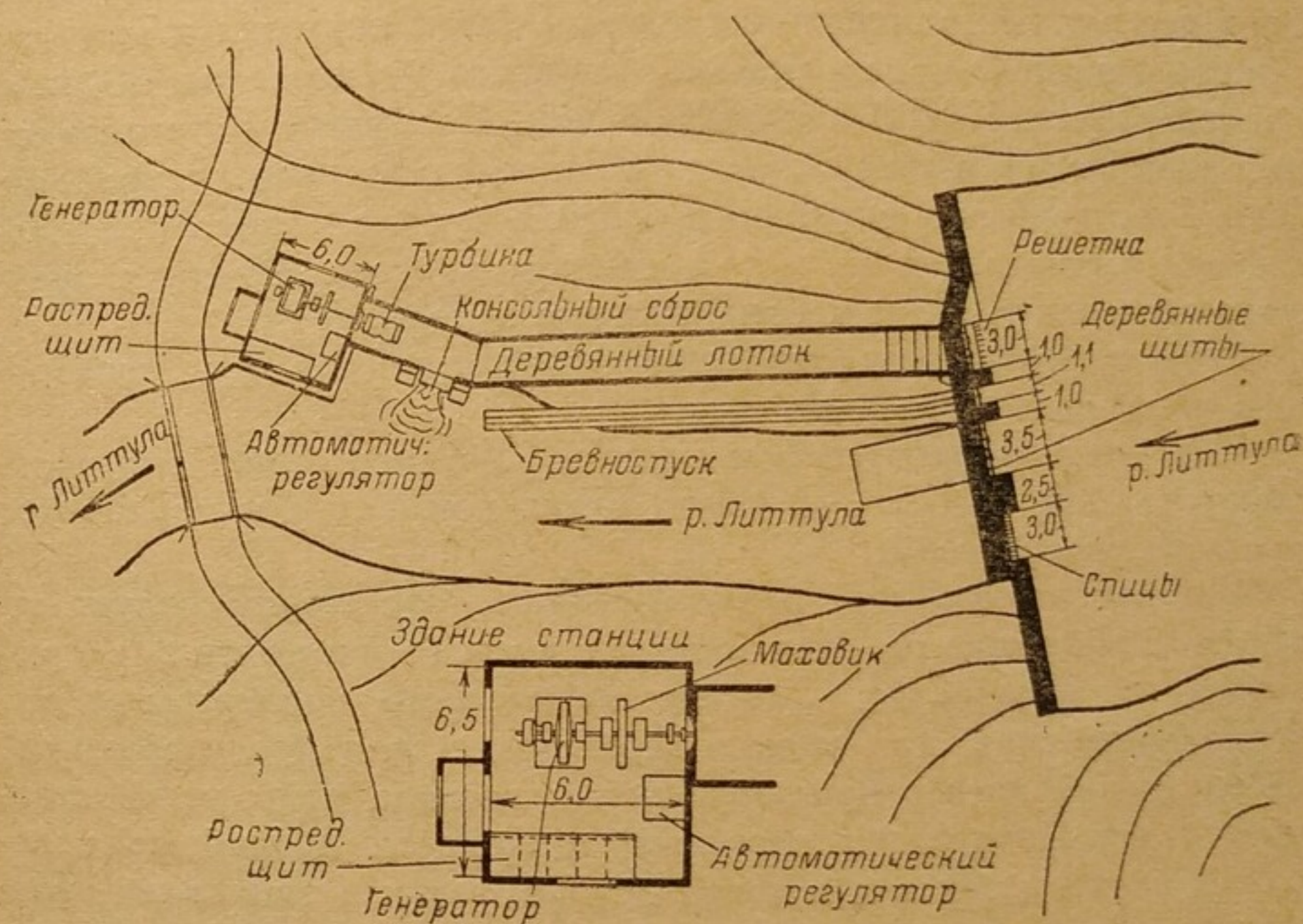


Рис. 14. Гидростанция Яски.

Другой интересный пример подводящего лотка представляет лоток гидростанции Яски на р. Литтула (рис. 14).

Река Литтула имеет озерное питание. В створе плотины площадь водосбора ее составляет 190 км². Средний расход ее равен 4,80 м³/сек; расход паводка обеспеченностью 5% равен 13 м³/сек.

Плотина имеет два водосбросных отверстия. Одно водосбросное отверстие перекрыто спицами. Другое закрывается тремя деревянными щитами. К отверстию примыкает бревноспуск. Подводящий лоток протрассирован вдоль правого берега

реки. Водозаборное сооружение оборудовано тремя деревянными щитами и решеткой. Через плотину переброшен служебный мостик. Лоток деревянный и покоится на деревянных опорах. Он прямолинеен и имеет только один излом. В конце лотка устроен холостой сброс в виде бокового консольного водослива. Турбинная камера тоже деревянная. В ней установлена горизонтальная сдвоенная турбина Френсиса. На одном валу с турбиной насажен маховик и генератор. Турбина оборудована автоматическим регулятором. Нижняя часть здания станции бетонная. Верх деревянный, стоечно-обшивной. Здание снаружи и изнутри обшито вагонкой и покрашено. Мощность генератора 200 кв при напряжении 2200 в и 300 об/мин. Возбудитель установлен на одном валу с генератором. Распределительное устройство 2 кв расположено в машинном зале за щитом управления. Последний смонтирован на металлическом каркасе. Станция снабжала энергией г. Яски и близлежащие хутора.

Непосредственно за отводящим каналом через реку переброшен небольшой проезжий мост.

Станция использует 6 м напора. Установленная мощность станции равна 160 квт. Станция очень компактна и производит приятное впечатление.

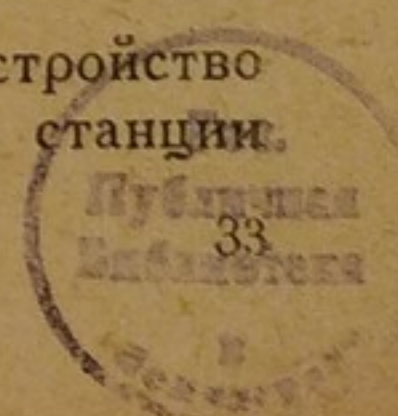
В заключение обзора деривационных сооружений следует отметить применение на деривации автоматических сбросных устройств. Для автоматического поддержания максимального горизонта воды в деривации и для предотвращения переполнения лотков при уменьшении расхода воды через станцию в лотках устроены сбросные водосливы. Подобные водосливы встречаются как в конце лотков, так и в начале их. Примерами устройства сбросных водосливов в конце лотков служат гидростанции Яски, Суохарью, Харлу Малая. Хорошим примером бокового водослива в начале лотка может служить гидростанция Лавола (см. рис. 3). Здесь в головной части лотка, примыкающей непосредственно к водозабору, имеется боковой водослив на суживающемся участке лотка. Этот участок лотка перекрыт сверху досчатым настилом. Наличие сравнительно большого водослива здесь позволило значительно сократить водосбросный фронт собственно на плотине, где, повидимому, для этого не имелось достаточно места. Паводочные расходы реки легко могут быть автоматически сброшены через боковой водослив, если они превзойдут по величине пропускную способность отверстия плотины. Данное решение весьма экономично и заслуживает внимания.

Компоновку станционного узла и собственно здания станции, взаимное расположение различных вспомогательных сооружений, являющихся принадлежностью станционного узла, удобнее проследить на конкретном примере. В качестве такового рассмотрим гидростанцию Мюлюкюля Нижнюю, являющуюся в этом отношении довольно характерной. Выше (см. рис. 9) было дано общее описание этого узла сооружений. Как видно из плана сооружений, машинный зал примыкает к турбинной камере, которая вынесена из здания станции. Такая компоновка является характерной и для других станций. Независимо от конструкции машинного зала турбинная камера обычно выполняется из железобетона. Исключением является гидростанция Яски, где турбинной камерой служит концевой участок деревянного лотка.

К машинному залу гидростанции Мюлюкюля примыкает служебное помещение, объединенное с машинным залом в одно здание. Служебное помещение предназначено для обслуживающего персонала и состоит из двух комнат. Подобная компоновка здания станции имеется также на станции Мякеля. На других станциях такого рода служебное помещение при машинном зале, как правило, отсутствует. Для этой цели часто используется обыкновенный жилой дом поблизости от станции. Примерами такой компоновки являются гидростанции Лавола, Сахакоски и др.

Помещение распределительного устройства гидростанции Мюлюкюля находится непосредственно при машинном зале в отдельной пристройке, выступающей кверху в виде башни. Эта башня имеет три этажа. Перекрытия между этажами деревянные. В первом этаже помещения распределительного устройства находятся масляный выключатель, два однофазных трансформатора напряжения, трансформатор тока и трансформатор собственных нужд. Во втором этаже башни размещены предохранители, реактивные катушки и разъединители фидеров мебельной фабрики. В третьем этаже установлены тиритовые разъединители и разъединители других фидеров. Распределительный щит станции находится в машинном зале. Он состоит из двух металлических панелей, на которых смонтированы контрольно-измерительные приборы, сигнальные лампы, привод масляного выключателя и рукоятка шунтового регулятора. От станции отходят три линии передачи напряжением 3 кв.

На других гидростанциях распределительное устройство обычно расположено или в машинном зале, как на станции.



Яски, Суохарью и др., или во втором этаже здания станции, над машинным залом, как на станциях Сахакоски, Рускеала.

Из прочих сооружений станционного узла Мюлюкюля можно отметить баню и прачечную, примыкающие к плотине. Вообще баня является принадлежностью почти каждой станции. При этом она обычно помещена в непосредственной близости к верхнему бьефу. Подобное устройство бани имелось на станциях Суохарью, Рантала, Кохисева и др. По своей конструкции баня представляет обычную рубленую из бревен избу. Наконец

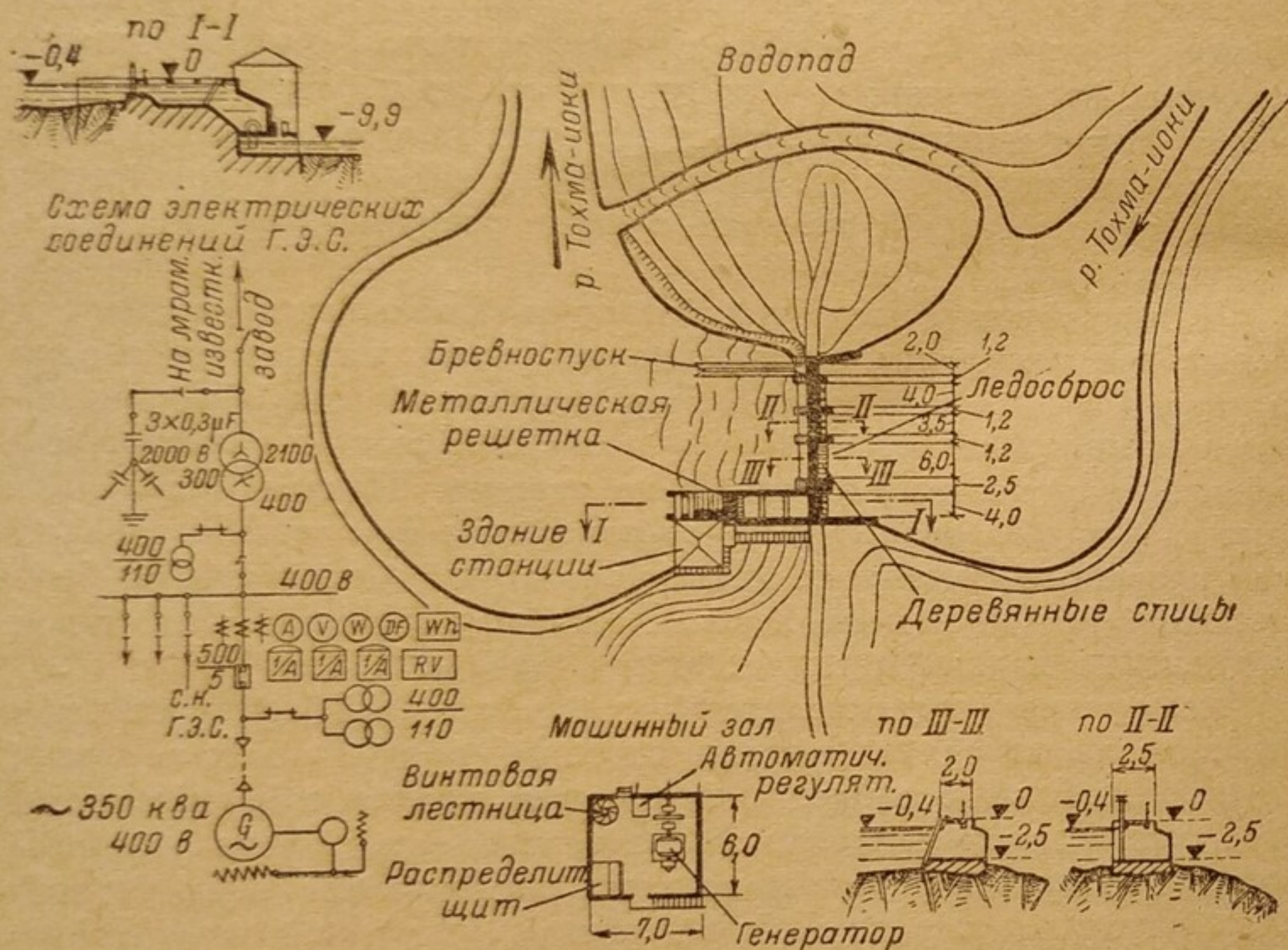


Рис. 15. Гидростанция Рускеала.

следует обратить внимание на расположение санузла, который вынесен в сторону от машинного зала. Ни в одной из обследованных станций санузел не помещен при машинном зале или даже при здании станции, а везде вынесен в сторону. Мы обращаем внимание на этот мелкий вопрос потому, что часто в наших проектах пытаются создавать ненужные в таких условиях удобства за счет усложнения конструкций.

Здания станций можно разделить на два основных типа: деревянные и кирпичные (каменные).

Характерным примером кирпичного здания станции является гидростанция Рускеала на р. Тохма-йоки (рис. 15). Река Тохма-йоки в створе станции имеет площадь водосбора 480 км² и средний многолетний расход 4,6 м³/сек. Расход паводка обеспеченностью 5% равен 35 м³/сек. Створ сооружений расположен на небольшом пороге реки. На станции используется напор 9,5 м; при этом 4 м подпора создается на плотине, остальной напор получается за счет перепада на пороге.

В состав узла сооружений входят: бетонная плотина, короткий бетонный подводящий лоток и деревянный бревностпуск.

В створе сооружений река делает крутой поворот направо. Правым крылом плотина примыкает к скальному берегу. Крайний пролет занят отверстием бревностпуска. Деревянный лоток имеет трапециoidalное поперечное сечение. Два следующие пролета плотины закрыты деревянными щитами. Каждый из этих пролетов разбит двумя промежуточными металлическими стойками на три отверстия. Третий пролет плотины закрывается вертикальными деревянными брусчатыми спицами.

Крайний левый пролет плотины служит водоприемником для станции. Он разбит тремя промежуточными металлическими стойками на четыре отверстия, закрываемые деревянными щитами. Здесь берет свое начало короткий железобетонный подводящий лоток. В конце лотка, переходящего в турбинную камеру, установлена металлическая наклонная решетка.

В железобетонной турбинной камере установлена горизонтальная турбина Френсиса, вал которой через стенку камеры пропущен в машинный зал станции.

Следует отметить, что узел сооружений гидростанции имеет весьма компактный вид и вся станция в целом производит хорошее впечатление. Здание станции выше пола машинного зала кирпичное, двухэтажное. В первом этаже находится машинный зал, во втором — разъединители 20 кв, конденсатор и повышающий трансформатор. Нижняя часть здания станции бетонная.

Почти все обследованные станции имеют подводную часть, до уровня пола машинного зала, выполненную из бетона. Исключение составляет только гидростанция Санрала, нижняя часть которой также деревянная, как и верхняя.

Перекрытие второго этажа станции Рускеала выполнено из железобетона. Пол в машинном зале покрыт метлахскими плитками. Что касается крыши, то она здесь толевая, как и на всех обследованных станциях. Крыша имеет четыре ската. Стропила деревянные.

Кирпичные стены станции оштукатурены только по внутренней поверхности. Снаружи кирпичные стены оставлены без штукатурки, аналогично другим кирпичным зданиям (Сахакоски, Мюлюкюля Нижняя, Кохисева и др.). Помимо кирпичных зданий встречаются здания из каменной кладки на растворе, как например на гидростанции Хапалампи, и бетонные (гидростанция Мякеля).

На другом конце вала турбины станции Рускеала, пропущенного в машинный зал, насажены шкив (маховое колесо) и горизонтальный генератор. При турбине установлен автоматический регулятор. Генератор дает мощность 350 квт при напряжении 400 в. Трансформатором напряжение станции повышается с 400 в до 21 000 в. Установленная мощность станции равна 280 квт. Основным потребителем энергии станции является мраморно-известковый завод, расположенный примерно в 3 км от гидростанции.

Ряд станций имеет верхнюю часть деревянную (выше пола машинного зала). К таким станциям относятся Яски, Суохарью, Мюлюкюля Верхняя и др. Конструкция таких зданий стоечно-обшивная. Некоторые здания, как например гидростанция Яски, обшиты вагонкой как снаружи, так и внутри.

Пол машинного зала большей частью оставлен бетонным. Однако на некоторых станциях он выполнен из метлахских плиток.

Архитектурное оформление кирпичных и каменных зданий станции не представляет собой чего-либо достопримечательного и производит довольно мрачное впечатление. Несравненно лучше с точки зрения эстетических требований оформлены деревянные здания.

Даже подсобные деревянные строения, включая сараи и санузлы, хорошо оформлены.

§ 7. Организация строительной площадки

В момент обследования ни одной строящейся гидростанции видеть не удалось. Поэтому по вопросу производства работ не представляется возможным сообщить много интересных данных. Однако несколько законсервированных строений и в частности крупная недостроенная гидростанция Питкьякоскен дает некоторый материал по этому вопросу; впечатлениями в результате ознакомления с этой станцией мы постараемся поделиться (рис. 16).

Гидростанция Питкьякоскен расположена на р. Киттен-иоки; она должна использовать напор 23—26 м при установленной мощности около 2000 квт. Схема станции довольно оригинальна. Река Киттен-иоки в районе сооружений имеет два рукава, образующие в середине остров. Оба рукава в пределах острова имеют большое падение за счет порогов.

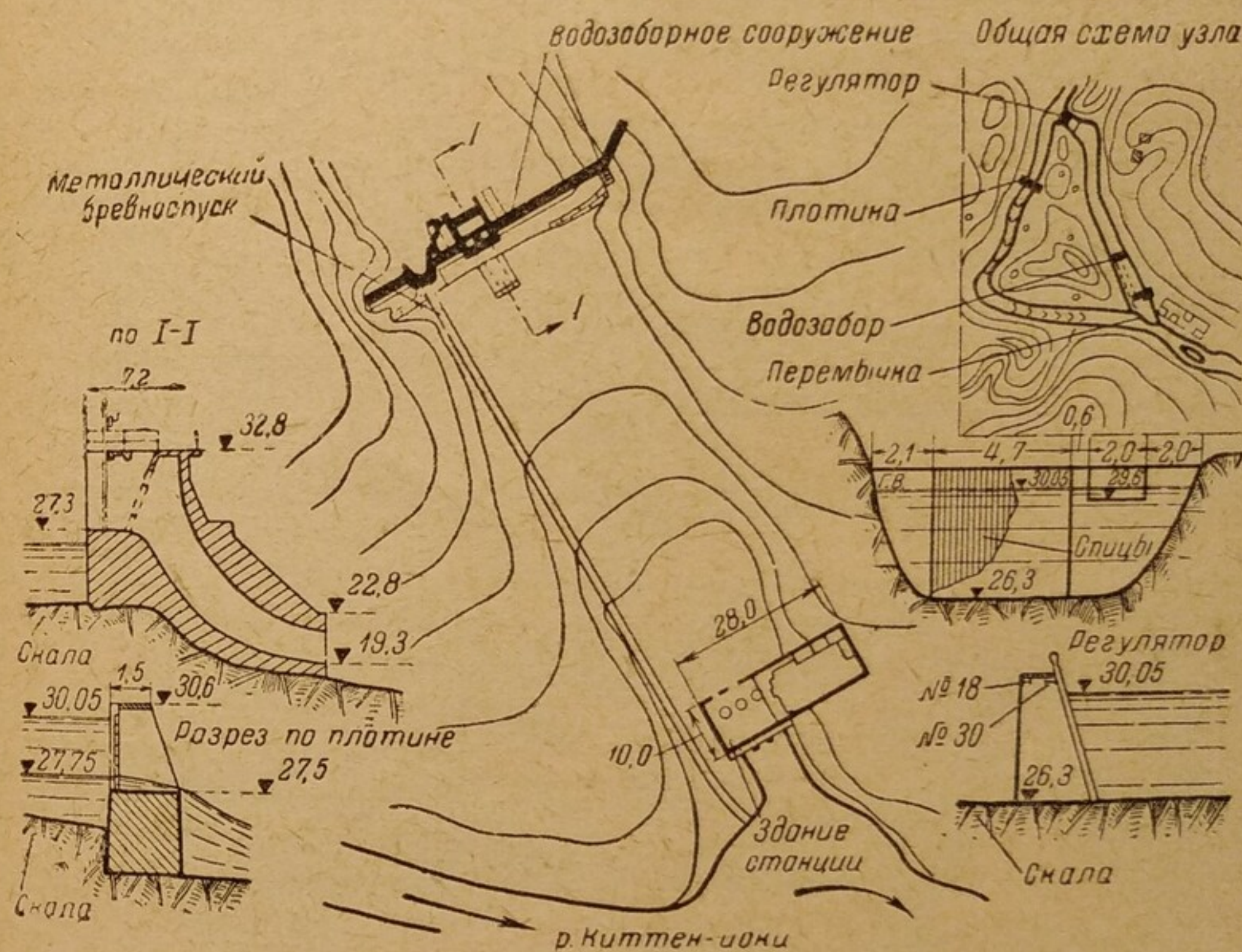


Рис. 16. Гидростанция Питкьякоскен.

В правом рукаве реки выше порогов построена трехметровая бетонная плотина, поддерживающая напор на гидростанции. Плотина имеет два водопропускных отверстия. Одно из них имеет спицевое ограждение, другое закрыто деревянными шандорами. Плотина возведена на скальном основании. В начале острова, где русло реки разветвляется на два протока, возведен головной регулятор и с целью углубления русла на этом участке в скале пробит соединительный канал. Регулятор может поддерживать напор 3—4 м. Он имеет два водопропускных

отверстия. Одно, глубокое, закрывается деревянными спицами. Другое, мелкое, рассчитано на закрытие деревянными шандорами.

В левом протоке в конце острова в узком ущелье построено бетонное водозаборное сооружение высотой до 12 м. От водозаборного отверстия берет начало железобетонный трубопровод, в настоящее время еще не построенный. Нижняя часть здания станции выполнена из бетона, кирпичные стены верхней части связаны железобетонным каркасом.

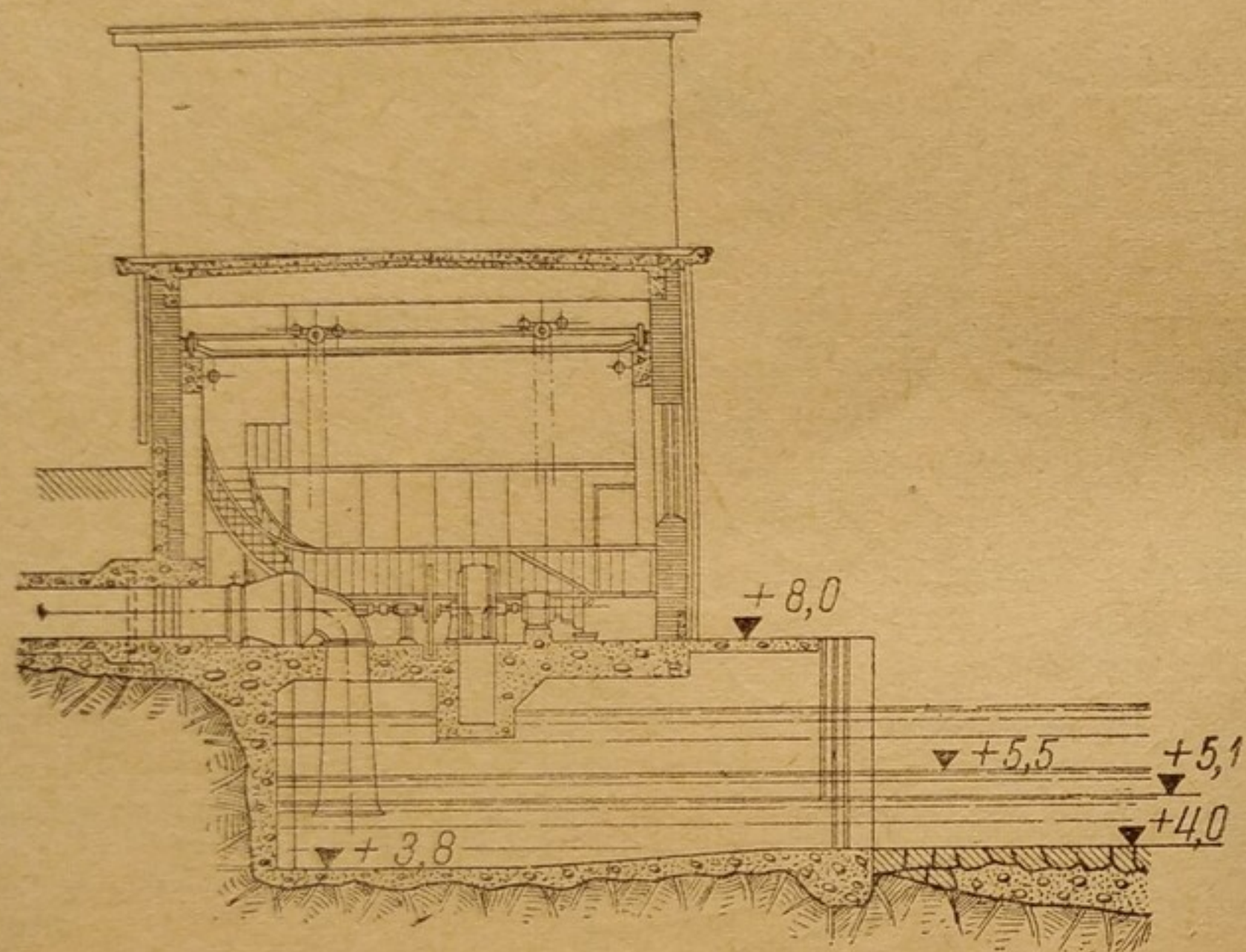


Рис. 17. Поперечный разрез здания станции Питкякоскен по проекту.

В здании станции по проекту намечается установка двух горизонтальных турбин в металлических кожухах. Одна турбина фронтального типа, другая сдвоенная радиального типа. На одном валу с турбинами устанавливаются горизонтальные генераторы. Каждая турбина имеет свой автоматический регулятор. Для увеличения махового момента агрегатов между генераторами и турбинами на общем валу насаживаются маховые колеса (рис. 17). Машинный зал оборудован мостовым краном. Распределительное устройство 3000 в и трансформаторы расположены в левой части здания станции во втором этаже. В третьем

этаже располагается распределительное устройство и трансформаторы для напряжения 20 000 в. Трансформаторы устанавливаются в специальных железобетонных ячейках (рис. 18). Прежде всего здесь бросается в глаза тот же способ возведения гидростанции, о котором кратко говорилось при описании гидростанции Харлу Большая. Левый проток в начале острова

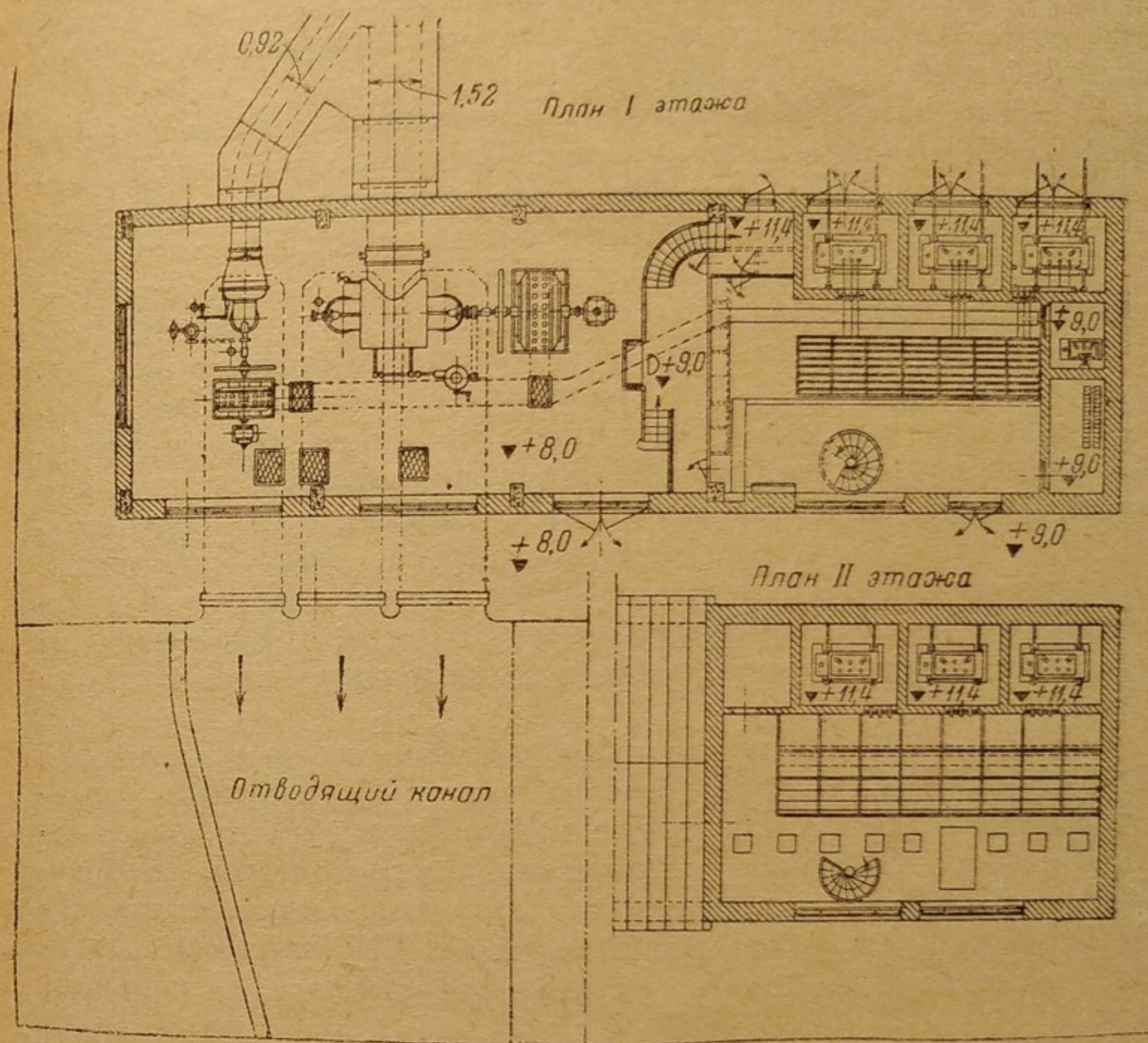


Рис. 18. План I и II этажей здания станции Питкякоскен по проекту.

отгорожен головным регулятором. Ниже отводящего канала в конце острова левый проток отгорожен низовой перемычкой. Местный сток, а также профильтрованная вода, отводятся небольшим лотком в обход станции в нижний бьеф. Таким образом сравнительно большая станция с напором до 26 м строится совершенно насухо при относительно небольшой перемычке.

При этом следует учесть, что река является сплавной, и на время возведения гидростанции сплав по этой реке не прекращался.

У правого берега в водозаборном сооружении предусмотрено устройство для приема леса, переходящее дальше в металлический бревноспуск. Это лесоприемное отверстие оборудовано затвором и специальным металлическим приспособлением, следящим за изменением горизонта воды в водохранилище. Оно снабжено ручным приводом.

С напорной стороны бетонная поверхность водозаборного сооружения покрыта слоем битума. Гидростанция связана линией передачи 20 000 в с фабрично-заводскими установками, расположенными ниже по р. Киттен-йоки, и г. Сортавала.

Обращает на себя внимание организация самой стройплощадки. Обычных, привычных нашему глазу признаков наличия крупного строительства при приближении к станции не обнаруживается. Здание станции, находящееся в строительных лесах, при приближении к нему появляется внезапно между небольшими котэджами, которые после внимательного изучения оказываются: конторой управления, сараями для стройматериалов, досок, цемента и проч.; мастерскими: столярной, арматурной и проч. Все эти строения вполне закончены, архитектурно оформлены и окрашены в два цвета. Собственно на открытом воздухе строительных деталей и материалов почти не видно.

Бетонные работы по плотине кончились, по всем признакам, в 1943—1944 гг. Однако возле плотины не обнаружено карьеров песка и гравия. Последние находятся в глубине леса; бетономешалки, повидимому, находились внутри здания. Что касается складов, то они содержат лишь минимальное количество необходимых для работ стройматериалов. Очевидно они пополнялись по мере необходимости и не загромождались излишками.

§ 8. Оборудование станций

Количество установленных на станции агрегатов — очень важный и интересный вопрос, возникающий при изучении оборудования станции. В данном случае можно на него ответить следующим образом. За исключением гидростанции Хемикоски, на которой установлено пять агрегатов, и Ляскеля, имеющей три, все остальные станции имеют один или два агрегата. При этом те станции, которые рассчитаны на установку двух агрега-

тов, фактически сейчас работают одним. Вторые агрегаты либо только установлены, либо лишь предусмотрены к установке.

Гидромеханическое оборудование станций представлено главным образом горизонтальными турбинами Френсиса. Большая часть их принадлежит к сдвоенным турбинам. Это объясняется стремлением достигнуть большего числа оборотов при сравнительно небольших напорах, действующих на станциях. Все турбины расположены в открытых камерах.

В отношении регулирования оборотов турбин следует отметить, что ручные регуляторы установлены только на небольших станциях. На всех более крупных станциях при турбинах имеются автоматические регуляторы, хотя, казалось бы, при одном действующем агрегате в этом нет особой необходимости.

Фирмы турбин шведские, главным образом Веркстаден-Кристинегамн. Регуляторы к турбинам — тех же фирм, что и турбины, — вероятно, одной поставки.

Связь с генератором у турбины (горизонтальной) обычно осуществляется двояко. В тех случаях, когда на валу турбины получается малое число оборотов, как например на гидростанции Мюлюкюля Нижняя, связь с генератором осуществлена при помощи передачи на соответствующие шкивы. Таким путем здесь удалось получить на генераторе 500 об/мин при мощности 175 ква. Подобным же образом ременная передача применена на гидростанциях Сахакоски, Мюлюкюля Верхняя, Саирала и др.

Когда на валу турбины имеется достаточное количество оборотов для непосредственного соединения с генератором, то это осуществляется, как на гидростанции Рускеала. Несмотря на сравнительно небольшое количество оборотов на гидростанции Яски, все же оказалось возможным соединить генератор непосредственно с турбиной. Здесь сдвоенная турбина при напоре 6 м дает на валу 300 об/мин. Мощность генератора при этом 200 ква.

На гидростанции Суохарью горизонтальная сдвоенная турбина при напоре 8 м дает 250 об/мин. Тут так же оказалось возможным соединить генератор мощностью 420 ква непосредственно с турбиной. Естественно, что такое малое количество оборотов привело к большим размерам генератора. Его масса оказалась настолько велика, что не понадобилось установки маховика, чего не удалось избежать на гидростанции Яски. Здесь на том же валу для сглаживания неравномерности работы агрегата насажен маховик. Подобное же решение имеется на гидростанциях Хапалампи, Рускеала и др. Генераторы на всех

станциях, в соответствии с наличием горизонтальных турбин, также установлены горизонтального типа. Возбудители большей частью посажены на одном валу с генератором, хотя имеются такие примеры, как гидростанция Суохарью и некоторые другие, где возбудитель стоит отдельно и связан ременной передачей с валом турбины.

Генераторы большей частью шведских фирм, главным образом ASEA.

По своему напряжению генераторы могут быть разбиты на такие группы.

Генераторы напряжением 110, 120 и 400 в (станции Перо, Ряйкинем и Рантала) установлены для обслуживания потребителя, расположенного в непосредственной близости от станции (заводы, хутора и т. п.). Весьма распространены генераторы напряжением 2200 в (Яски) и 3150 в (Мюлюкюля Нижняя, Харлу Большая). В этом случае энергия передается генераторным напряжением потребителю (заводы, фабрики), расположенному на небольшом расстоянии от станции. При большом отдалении потребителя от станции применяются линии передачи напряжением 20 000 в с установкой на станции повышающих трансформаторов. В последнем случае генераторное напряжение бывает 400 в (Рускеала, Сахаоски) и 5000 в (Суохарью). Наличие повышающих трансформаторов не исключает возможности при высоком генераторном напряжении часть энергии для потребителей, расположенных недалеко от станции, передавать на генераторном напряжении.

В отношении электрического оборудования станций вообще бросается в глаза простота решений, особенно в части защиты.

§ 9. Энергетика

Рассматривая гидростанции Карельского перешейка с точки зрения энергетика, прежде всего следует отметить комплексное использование гидроэнергии. Дело в том, что в чистом виде гидростанции как источник энергии, передаваемой на большое расстояние, встречаются сравнительно редко. К таким станциям можно отнести большую станцию Питкякоскен и из малых — Лаволу. Как уже указывалось нами выше, при гидростанции или непосредственно, или весьма близко обычно имеется какое-либо производство (завод, фабрики, мельницы и т. п.), которое и является основным потребителем энергии.

Характерным примером такой связи с близлежащим заводом является гидростанция Мякеля. Эта станция расположена

на р. Сомерикон-йоки. Река Сомерикон-йоки горного типа с крутыми берегами, скальным руслом и сравнительно большим продольным уклоном. Площадь бассейна реки в створе сооружений составляет 140 км². Средний многолетний расход равен 1,33 м³/сек. Гидростанцию Мякеля можно считать установкой приплотинного типа (рис. 19). На станции используется напор 6 м. В состав сооружений узла входят: бетонная плотина, бревноспуск и здание станции с турбинной камерой.

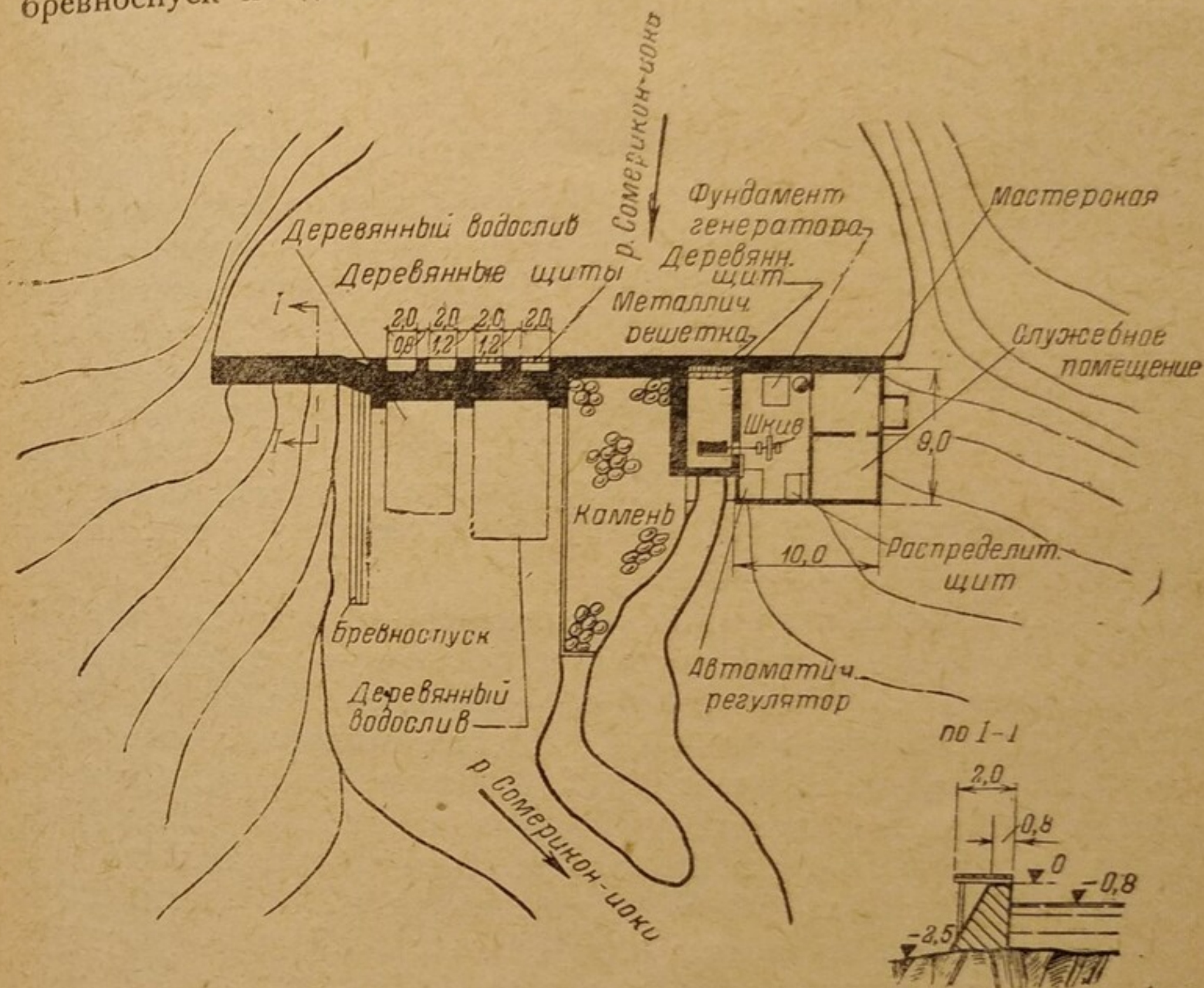


Рис. 19. Гидростанция Мякеля.

К правому берегу плотина примыкает глухой бетонной стенкой. Первый пролет со стороны правого берега занят бревноспуском. Дальше идут четыре отверстия плотины, из которых последние два перекрыты плоскими деревянными щитами. Первые же два отверстия закрываются деревянными спицами. По бычкам плотины проложен легкий служебный деревянный мостик. Со стороны нижнего бьефа водосливная часть отверстий плотины обшита деревом.

Между зданием станции, расположенным у левого берега, и водосливной частью плотины имеется глухой участок плотины.

Водозаборная часть подводящего лотка оборудована металлической решеткой и деревянными затворами. Двумя промежуточными металлическими стойками двутаврового поперечного сечения входное отверстие подводящего лотка разбито на три пролета. Железобетонный подводящий лоток весьма короткий и сразу же переходит в открытую турбинную камеру. К левой стенке подводящего лотка примыкает здание станции, как в нижней, так и в верхней части бетонное. Стены верхнего строения выполнены из легкого бетона (повидимому шлако-бетона).

Здание станции имеет три помещения: машинный зал, мастерскую и служебное помещение. Перед входом в здание устроен небольшой тамбур. В открытой турбинной камере установлена сдвоенная горизонтальная турбина Френсиса, вал которой выпущен в машинный зал. В машинном зале на вал турбины насажен шкив, связанный ременной передачей с генератором. Турбина была снабжена автоматическим регулятором. Мощность станции равна 60—120 квт. На генераторном напряжении 3000 в энергия передавалась на завод, расположенный в нескольких километрах вниз по реке.

В ряде случаев гидравлическая энергия используется не только для преобразования в электрическую, но и непосредственно через трансмиссию на станки и механизмы завода или фабрики. Наиболее характерным примером такого комплексного использования гидравлической энергии на генераторной станции и непосредственно на механизмах фабрики является гидростанция Ляскеля при бумажном комбинате. Эта гидростанция является последней (нижней) ступенью использования р. Янис-иоки. Станция расположена на порожилом участке реки, является установкой деривационного типа и использует 14 м напора (рис. 20).

В состав сооружений входят: разборчатая плотина, подводящий канал, сбросной лоток, бревноспуск и здание станции при бумажной фабрике. Бетонная плотина с поверхности облицована камнем. В ней шесть водопропускных отверстий, перекрываемых деревянными щитами. По бычкам плотины проложено два моста: один служебный для управления затворами и один проезжий. Вдоль левого берега реки проложен деревянный лоток бревноспуска, берущий свое начало во втором пролете плотины со стороны левого берега. Крайний правый пролет плотины служит водозабором для станции. Здесь берет свое начало под-

водящий канал. Головной участок канала имеет боковой водосброс, оборудованный небольшими затворами.

Подводящий канал проложен в скале в подпорных стенках из каменной кладки на растворе. Следует отметить, что канал весьма сильно фильтрует сквозь трещины в кладке. В конце канала устроен сбросной лоток, отводящий излишки воды из

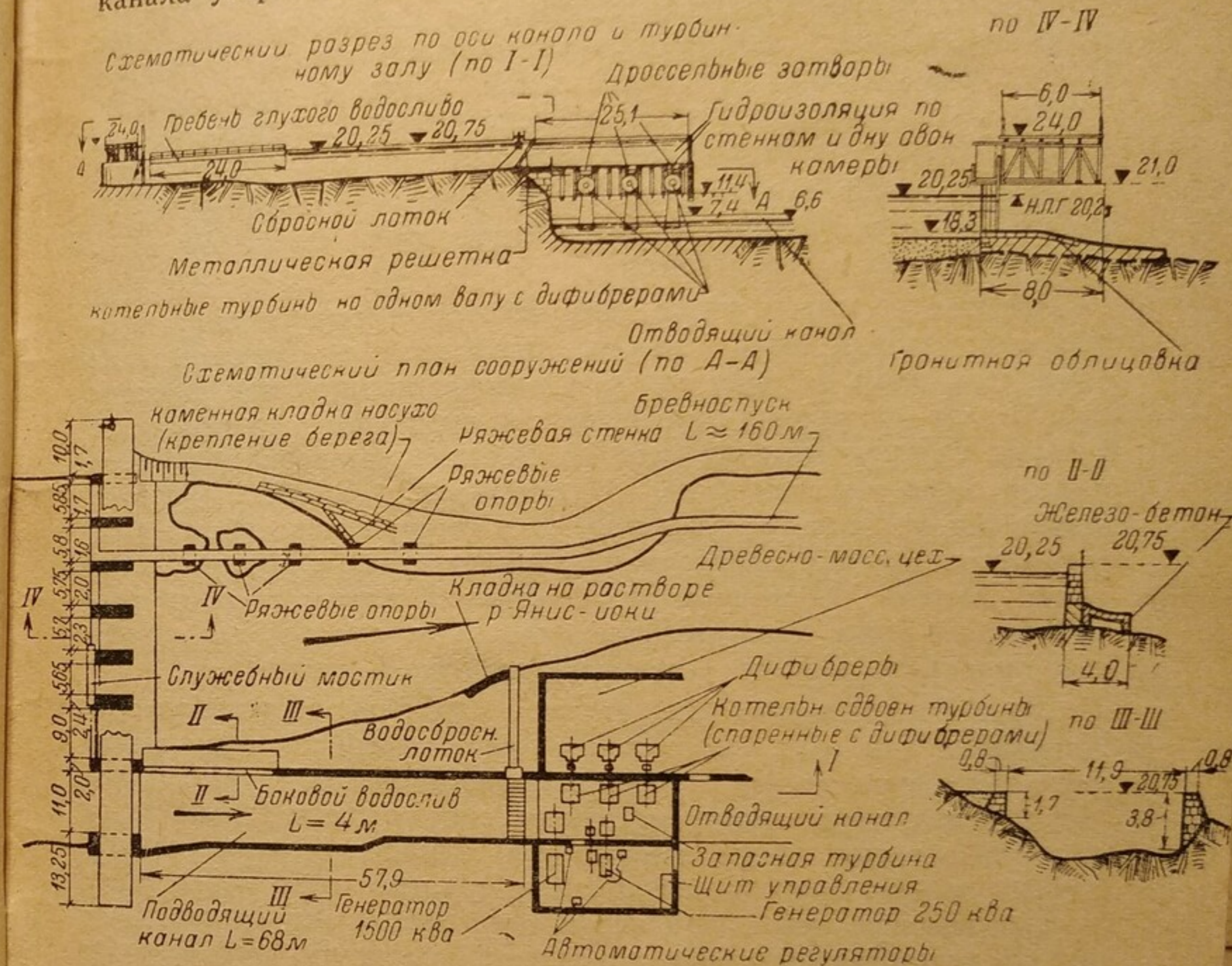


Рис. 20. Гидростанция Ляскеля.

канала в реку. Перед входом в аванкамеру установлена металлическая решетка.

В специальном турбинном помещении под аванкамерой в металлических кожухах установлено семь турбин. Справа от турбинного помещения расположен машинный зал, куда выведены валы трех турбин, соединенные с генераторами. Слева от турбинного помещения расположено здание фабрики, в котором на-

ходятся дефибреры. Четыре других турбины имеют непосредственную механическую связь с этими дефибрерами.

Здание станции в нижней части бетонное; стены верхнего строения, как и у фабрики, кирпичные.

Установленная мощность станции в трех агрегатах равна 1200 квт. Генераторы дают напряжение 6300 в при 300 об/мин. Распределительный щит, установленный в машинном зале, имеет восемь мраморных панелей. Таким образом на гидростанции Ляскеля только часть гидравлической энергии превращается в электрическую. Большая часть ее используется механически непосредственно на механизмах фабрики.

Подобным же образом на гвоздильном заводе Перо часть турбин гидростанции имела непосредственную связь со станками завода через трансмиссию.

Мы уже отмечали выше, что некоторые реки в силу естественных условий имеют весьма ограниченное регулирование стока. При этом нередко емкости водохранилища при плотине едва бывает достаточно для неполного суточного регулирования. В таких случаях находит себе применение установка теплового резерва непосредственно на гидростанции. Подобное решение получается особенно эффективно, если станция находится в стороне от сети линий передачи и не имеет связи с другими станциями системы. Примером таких станций может служить рассмотренная выше станция Калисьяло (см. рис. 5), где в качестве теплового резерва установлен нефтяной двигатель.

Другой такой весьма оригинальной станцией является станция Хапалампи (см. рис. 10), также рассмотренная нами выше. Здесь установлены две горизонтальные турбины. Одна сдвоенная турбина имеет непосредственное соединение с горизонтальным генератором, вырабатывающим электроэнергию, другая горизонтальная турбина соединена с трансмиссией. Возле станции расположен небольшой завод (тип завода не удалось установить вследствие больших разрушений после пожара), с которым имелась механическая связь через трансмиссию. Кроме того, в отдельном помещении установлен нефтяной двигатель, также имевший связь с этой трансмиссией.

Горный характер р. Савайн-йоки в месте расположения станции не позволил создать водохранилище достаточной емкости для регулирования стока. В данном случае этот недостаток компенсировался устройством теплового резерва. При избытке воды в реке дополнительно выработанная генератором электроэнергия могла отпускаться соседним хуторам. В маловодные периоды

включался в работу нефтяной двигатель и обеспечивал бесперебойную работу завода.

Большое распространение на Карельском перешейке получило объединение в одном сооружении гидростанции, мельницы и лесопилки, а иногда и какого-либо другого производства. Подобную схему мы встречаем на гидростанциях Калисьяло, Саирала, Рантала и др. По нашему мнению, такое сочетание не является случайным и вызвано желанием улучшить график нагрузки станции. Дело в том, что у небольших станций, помимо неприятностей из-за плохого регулирования стока, встречаются затруднения вследствие неравномерности потребления энергии в течение года. Действительно, световая нагрузка имеет максимум в декабре и к лету может упасть до нуля, что при отсутствии другой промышленной нагрузки неизбежно приводит к сбросам воды и простоям станции в многоводные периоды.

Объединение на гидростанции лесопильного производства и мельницы представляет несомненный интерес с точки зрения более полной загрузки станции и лучшего использования воды малозарегулированного водотока. Работа мельницы очень хорошо может дополнить осветительную нагрузку не только в течение суток, но и всего года. Наконец, лесопилением можно сгладить остальные провалы годового графика нагрузки станции.

Таким образом в энергетическом отношении гидростанции Карельского перешейка характеризуются наличием потребителя в непосредственной близости к станции и отсутствием передачи энергии на большое расстояние. Такими потребителями энергии обычно являлись не только освещение близлежащих хуторов, но и мелкая и средняя промышленная нагрузка (фабрики, заводы, мельницы, лесопилки и проч). Можно догадаться, что здесь существовал такой порядок, когда гидростанция строилась одновременно с потребителем энергии (заводом, мельницей и т. п.), чем и достигалось хорошее использование гидроэнергии. Это обстоятельство заслуживает особого внимания, так как у нас нередки случаи, когда вновь построенная малая гидростанция сельскохозяйственного типа имеет нагрузку, главным образом, только зимой (освещение). Летом же в периоды избытка воды она часто сливает последнюю. Для избежания этих недостатков нам кажется рациональным проектирование таких гидростанций увязывать с одновременным проектированием потребителей энергии данной станции.

Интересно отметить большое развитие на Карельском пере-

шейке линий передачи напряжением 3, 6, 10 и 20 тыс. в и взаимную связь через эти линии электростанций. Хотя станции и не работали на общую сеть, такая связь обеспечивала взаимозаменяемость станций. В случае необходимости, потребители одной станции могли легко снабжаться энергией от другой.

Отсутствие при обследовании данных об эксплуатационном персонале на станциях не дало возможности установить его количественный состав. Однако некоторые косвенные признаки позволяют сделать предположение, что эксплуатационный штат был здесь сведен до минимума. Прежде всего надо иметь в виду максимальную автоматизацию управления станции как в части электротехнической, так и в отношении гидротехнических сооружений, что для станций малой мощности, где удельный вес обслуживающего персонала обычно велик, должно быть весьма существенным.

Действительно, как правило, работа одного агрегата при наличии автоматического регулятора у турбины не требует на станции большого штата. Отмеченная выше автоматизация пропуска паводка через плотину, наличие различного рода боковых водосливов на деривации, обеспечивающих автоматический сброс излишних расходов, — все это в значительной степени упрощает эксплуатацию гидротехнических сооружений. Если учесть, что все без исключения плотины выполнены из бетона и железобетона и потому не боятся переливов через гребень и не требуют текущего ремонта, то можно предположить, что эксплуатация гидротехнических сооружений в этих условиях очень проста и сводится лишь к весьма редкому осмотру и открытию затворов на плотине перед большим паводком.

§ 10. Заключение

Рассмотренные выше малые гидростанции Карельского перешейка во многом отличаются от таких же гидростанций, работающих в других районах СССР. Отчасти это обусловливается особыми природными и естественными условиями Карельского перешейка, а также экономическими условиями возведения этих станций. Если отсеять все то, что связано с особыми природными и экономическими условиями Карельского перешейка и потому не подходит для других станций, проектируемых в иных естественных условиях, то все же в приведенных примерах остается много такого, что могло бы быть учтено при проектировании новых гидроэлектрических станций малой мощности.

Me 30710

