

**ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ  
ЛАБОРАТОРИИ  
И ТАЛИИ**



ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ ПО ЭНЕРГЕТИКЕ  
И ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ СССР

ВСЕСОЮЗНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ  
ГИДРОТЕХНИКИ имени Б. Е. ВЕДЕНЕЕВА

---

---

П. В. САМОСТРЕЛОВ  
В. А. РОМАНОВА

*Слесский СМ*

# ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ ЛАБОРАТОРИИ ИТАЛИИ



ИЗДАТЕЛЬСТВО „ЭНЕРГИЯ”  
МОСКВА 1965 ЛЕНИНГРАД

О Г Л А В Л Е Н И Е

	Стр.
Введение.....	4
Глава I. Гидравлическая лаборатория имени Гауденцио Фантоли Миланского политехнического института.....	7
Глава II. Гидравлическая лаборатория Университета г. Падуи.....	19
Глава III. Гидравлическая лаборатория Университета г. Пизы.....	25
Глава IV. Гидравлическая лаборатория Университета г. Палермо.....	33
Глава V. Гидравлическая лаборатория Пожарной школы в г.Риме.....	42
Заключение.....	46
Литература .....	48

*Петр Вячеславович САМОСТРЕЛОВ,  
Вероника Андреевна РОМАНОВА*

**ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ ЛАБОРАТОРИИ ИТАЛИИ**

М.—Л., Издательство «Энергия», 1965 г., 48 стр. с рнс.

Технический редактор *Р. Н. Лужкова*

Сдано в производство **23-VIII-1965** г. Подписано к печати **22-IX-1965** г.  
**М-43327**. Печ. л. **3**. Уч.-изд. л. **3,0**. Буи. л. **1,5**. Формат **60x90<sup>1</sup>/<sub>16</sub>**.  
Тираж **1000**. Заказ **490**. Цена **21** коп.

Типография Всесоюзного научно-исследовательского института гидротехники  
имени Б. Е. Веденеева, Ленинград, К-220, Гжатская ул., 21.

Брошюра «Гидравлические лаборатории Италии» является второй из серии брошюр, выпускаемых Всесоюзным научно-исследовательским институтом имени Б. Е. Веденеева в соответствии с решением Советского Национального Комитета Международной ассоциации по гидравлическим исследованиям (МАГИ).

Брошюра составлена в основном по материалам (проспекты, бюллетени и др.), присланным отдельными лабораториями Италии по просьбе Секретаря-казначей МАГИ Г. Шумейкера; были использованы также и некоторые литературные источники.

Советский национальный комитет МАГИ будет признателен специалистам за отзывы и пожелания по содержанию настоящей брошюры и учтет их при подготовке аналогичных изданий по лабораториям других стран.

*Председатель Советского Национального комитета МАГИ*

*М. Ф. Складнев*

## ВВЕДЕНИЕ

Вся научно-исследовательская работа в области гидравлики проводится в Италии лабораториями высших учебных заведений: университетов и институтов. Гидравлических лабораторий, принадлежащих правительственным организациям или частным фирмам, в Италии нет.

Лаборатории вузов изучают как общетеоретические проблемы гидравлики и гидромеханики, так и осуществляют экспериментальные исследования конкретных объектов гидротехнического строительства по заказам различных организаций и фирм. Тогда в длительный контакт с вузовской лабораторией вступает региональный центр гидравлических исследований Национального совета исследований (CNR)<sup>1</sup>. В отдельных случаях этот контакт приобретает такую форму взаимного проникновения одной организации в другую, что обе организации теряют свои индивидуальные черты. Особенно это заметно на примере Гидравлической лаборатории Миланского политехнического института и Ломбардского центра гидравлических исследований CNR. Деятельность их настолько тесно связана друг с другом, что, по существу, эти две организации следует рассматривать как одну, хотя между ними заключен договор, по которому сфера деятельности каждой из них строго разграничена. По-видимому, этим следует объяснить отсутствие в Италии отраслевых гидравлических исследовательских учреждений, что имеет место в других странах Западной Европы и Америки.

Организационные схемы вузовских лабораторий Италии просты. Руководителю лаборатории подчинены отдельные группы, выполняющие исследования по определенной тематике. Обязательным звеном каждой гидравлической лаборатории Италии являются вспомогательные группы (библиотека, фотолаборатория, экспериментальные и ремонтные мастерские и пр.).

Финансирование лабораторий происходит из трех источников:

- 1) бюджета вуза;

<sup>1</sup> В Италии существуют два центра, осуществляющие руководство отдельными научными учреждениями: Академия наук руководит учреждениями, ведущими исследования в области гуманитарных и естественных наук; Национальный совет исследований руководит учреждениями, ведущими исследования в области прикладных наук.

2) средств, получаемых за работы, выполненные по договорам;

3) пожертвования различных фирм и отдельных лиц.

Например, финансирование строительства по расширению Гидравлической лаборатории имени Гауденцио Фантоли Миланского политехнического института было следующим (в тыс. лир):

Политехнический институт.....	373
Национальный совет исследований.....	200
Муниципальное управление электрохозяйства	
г. Милана .....	150
Строительная фирма Монтекатини.....	100
Инженер Умберто Джирола.....	100
Инженер Массари.....	3
Фонд Кастильони.....	150

Всего . . . 1076

К этому следует добавить, что фирмы, заинтересованные в развитии лаборатории, предоставили ей бесплатно различного оборудования (насосы, электромоторы и пр.) на сумму 130 тыс. лир и сделали скидку в стоимости отдельных материалов и приборов на сумму 90 тыс. лир. Такой же характер носит и финансирование текущей деятельности лаборатории.

Существовавшие до 1945 г. небольшие гидравлические лаборатории не смогли справиться с возросшими потребностями промышленности, и значительная часть лабораторий была расширена или построена заново. Здесь нужно отметить, что это строительство имеет две тенденции. Некоторые лаборатории (например, лаборатории Миланского политехнического института и Университета г. Палермо) построили капитальные корпуса, в которых экспериментальные залы имеют размеры до 2000 м<sup>2</sup>, и создали небольшие открытые площадки, находящиеся вблизи основных корпусов.

Другие лаборатории (например, лаборатории Университета г. Падуя) построили большие экспериментальные площадки на открытом воздухе, размеры которых доходят до 9 га. Для защиты гидравлических моделей от атмосферных осадков и ветра на открытых площадках строятся легкие постройки типа полевых складов. Открытые площадки с достаточным водоснабжением позволяют проводить исследования на крупномасштабных моделях, климат же большинства районов Италии позволяет в свою очередь проводить исследования на открытом воздухе почти круглый год.

Все вузовские лаборатории Италии ведут работу по следующим трем направлениям:

1) учебная работа со студентами;

2) исследования общетеоретических проблем гидравлики и гидромеханики ;

3) экспериментальные исследования различных гидротехнических сооружений по заказам проектных и строительных фирм.

<sup>1</sup> Понятие «общетеоретические проблемы» соответствует понятию «тематические работы», принятому в научно-исследовательских учреждениях СССР.

Учебная работа явилась стимулом организации большинства лабораторий, и во многих из них существуют специальные помещения и специальное учебное оборудование.

Второе направление — исследования общетеоретических проблем — занимает в последнее время подчиненное положение и служит главным образом средством для теоретического обоснования и разработки методики экспериментальных исследований конкретных гидротехнических сооружений.

Наибольший объем исследовательских работ приходится на экспериментальные исследования на моделях гидротехнических сооружений и их фрагментов. Расширение гидравлических лабораторий Италии произошло после Второй мировой войны, когда в Италии началось крупное гидротехническое строительство<sup>1</sup>.

Особенности гидротехнического строительства Италии — высокие плотины, напорные деривационные тракты большой длины, гидростанции с уравнительными резервуарами и т. д. — обусловили характер экспериментальных, а следовательно, и теоретических исследований итальянских гидравлических лабораторий.

В приведенных в настоящей брошюре описаниях отдельных лабораторий можно проследить постепенное подчинение всей научной деятельности экспериментальным исследованиям.

Координация научной деятельности многочисленных гидравлических лабораторий вузов осуществляется путем систематического проведения гидравлических конгрессов (через 2 года) при университетах. Последний, восьмой конгресс был проведен в 1963 г. в г. Пизе. Кроме итальянских ученых в конгрессах принимают участие ученые других стран. Доклады конгрессов издаются специальными сборниками.

Вторым мероприятием, способствующим координации научно-исследовательских работ в области гидравлики, является выпуск ежемесячного бюллетеня (*La Ricerca Scientifica*), в котором публикуются результаты исследований учреждений Национального совета исследований, в том числе и гидравлических лабораторий Италии.

В 1964 г. в Международной ассоциации по гидравлическим исследованиям (МАГИ) было зарегистрировано десять гидравлических лабораторий Италии, ведущих научную и экспериментальную работу. В брошюре приведено описание пяти лабораторий, по которым был собран соответствующий материал.

<sup>1</sup> Италия занимает в Западной Европе первое место по количеству построенных плотин, причем значительная часть плотин (примерно 40%) построена после 1950 г. Производство электроэнергии в Италии возросло с 1945 г. в 5,5 раз. В 1962 г. было произведено 65 млрд. *квт·ч* электроэнергии, в том числе энергия, выработанная на ГЭС, составляла 60%, а в 1960 г. — 81%. Использование гидроэнергоресурсов достигло в отдельных районах внушительных размеров. Так, в альпийских районах Италии использовано свыше 80% выявленных ресурсов. Большая часть гидроузлов построена в горных районах с объединением маловодных источников путем строительства сложных сооружений: тоннелей, водосбросных галерей, мелких водохранилищ и т. п.

## **Глава I. ГИДРАВЛИЧЕСКАЯ ЛАБОРАТОРИЯ имени ГАУДЕНЦИО ФАНТОЛИ МИЛАНСКОГО ПОЛИТЕХНИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА**

Гидравлическая лаборатория Института гидравлики и гидротехнических сооружений Миланского политехнического института (МПИ) была создана в 1933 г. В первые годы лаборатория помещалась в небольшом полуподвальном помещении одного из корпусов МПИ. В ней проводилась главным образом учебная работа со студентами. Скромное оборудование лаборатории (один лоток со стеклянными стенками длиной 4,0 м и шириной 0,5 м и набор измерительной аппаратуры — насадки, водомеры, рейки и т. п.) позволяло проводить только тарировку аппаратуры и небольшие теоретические исследования по проблеме размывов в нижнем бьефе сооружений. Все эти исследования проводились в сотрудничестве с Институтами гидравлики университетов в Турине и Падуе.

В 1939 г. было закончено строительство специального корпуса Гидравлической лаборатории МПИ. В двухэтажном здании объемом больше 8000 м<sup>3</sup> лаборатория кроме подсобных помещений получила два экспериментальных зала: в цокольном (полуподвальном) этаже зал, площадь которого равна 525 м<sup>2</sup>, и в первом этаже — площадью 785 м<sup>2</sup>.

Новая лаборатория получила имя Гауденцио Фантоли, известного в Италии ученого-гидравлика и инициатора создания в 1932 г. Ломбардского центра гидравлических исследований при Национальном совете исследований (CNR).

До 1939 г., т. е. до окончания строительства лабораторного корпуса, Гидравлическая лаборатория МПИ и Ломбардский центр CNR работали самостоятельно, и их работа организационно не была оформлена, хотя Центр находился на территории МПИ. После открытия новой лаборатории между CNR и МПИ был заключен договор о совместном использовании новой лабораторной базы со следующим разделением работы: Институт гидравлики и гидротехнических сооружений проводит в лаборатории общетеоретические исследования различных проблем гидравлики и гидромеханики; Ломбардский центр гидравлических исследований проводит экспериментальные исследования конкретных гидротехнических сооружений по заказам строительных и проектных фирм. Причем



прибыль, получаемая от выполнения заказов, направляется на расширение производственной базы.

Укрепление финансовой базы лаборатории позволило помимо систематической модернизации оборудования надстроить лабораторный корпус на один этаж. В настоящее время Гидравлическая лаборатория имени Гауденцио Фантоли в Милане располагает следующими производственными площадями.

*Производственная база лаборатории.* Экспериментальные залы находятся на каждом этаже лабораторного корпуса. При длине здания в 56,3 м длина каждого зала на всех трех этажах равна 50,0 м, на остальных 6,3 м размещаются насосы, электропульты, баки, задвижки и пр. Ширина корпуса неодинакова по всей его длине. На участке длиной 41 м ширина корпуса равна 17,3 м, на остальных 15,3 м — ширина 12,0 м (все цифры относятся к внутренним размерам корпуса).

В полуподвальном этаже для уменьшения величины пролета междуэтажного перекрытия поставлено два ряда прямоугольных колонн; в первом этаже с этой же целью поставлен один ряд колонн, отделяющий часть зала. На верхнем этаже колонн не поставлено, и пролет перекрытия здесь больше 17 м.

Для устройства моделей и установки различных стендов лаборатория располагает следующими производственными площадями.

В полуподвальном этаже зал разделен колоннами на две площади: 300 и 225 м<sup>2</sup>. В первом этаже площадь экспериментального зала 785 м<sup>2</sup>. Ряд четырехугольных колонн, поставленных посередине вдоль зала, разделяет его на две неравные части. На втором этаже площадь зала ничем не стеснена и равна 800 м<sup>2</sup>. Таким образом, для проведения гидравлических модельных исследований максимально возможная для данного помещения, ничем не стесненная площадь имеется только на втором этаже, где могут быть установлены наиболее крупные модели. В междуэтажных перекрытиях сделаны большие отверстия, закрываемые крышками; эти отверстия позволяют проводить испытания на высоких моделях (до 12 м) и пропускать временные подводящие и отводящие трубы.

Для водоснабжения под полом полуподвального этажа устроен резервуар емкостью в 120 м<sup>3</sup>, из которого насосы подают воду в разводящие трубопроводы. Отработанная вода возвращается в резервуар по трубам, проложенным вдоль длинных сторон залов.

Насосная группа, расположенная в широком торце полуподвального этажа, состоит из 10 насосов: три из них производительностью 170 л/сек каждый подают воду на высоту 9 м в напорный металлический бак, поставленный на первом этаже; пять насосов производительностью 80 л/сек каждый подают воду на высоту 18 м в бак, находящийся на втором этаже; два насоса производительностью по 80 л/сек подают воду на высоту 18 м непосредствен-

по на речные модели во втором этаже. Суммарная производительность всех насосов лаборатории составляет 1070 л/сек.

Напорный бак на первом этаже опирается на железобетонные колонны. Бак разделен на три отсека, которые могут быть изолированы друг от друга. Общий объем бака равен 40 м<sup>3</sup>. Для поддержания уровня воды на постоянной отметке на верху бака устроен сливной лоток, имеющий длину сливного фронта 120 м. Наличие этого лотка обеспечивает постоянный уровень с точностью до 1 см даже в том случае, когда модели прекращают забор воды, а насосы продолжают работать. К моделям и установкам, расположенным в первом и в полуподвальном этажах, вода из бака поступает по трем магистральным трубопроводам (диаметр трубопроводов 0,45 м). Трубопроводы снабжены необходимым количеством задвижек и клапанов. Поэтому вода на модели может поступать или непосредственно из труб или по временным ответвлениям от магистралей.

Напорный резервуар на втором этаже аналогичен по своему устройству баку на первом этаже, но разделен на 5 отсеков, подача воды в каждый отсек производится отдельным насосом. Отсеки могут наполняться и опорожняться изолированно друг от друга или работать совместно. Совместная работа может обеспечить на одной модели расход, равный 400 л/сек. От напорного бака отходят два магистральных трубопровода с таким же оборудованием, что и магистральные трубопроводы первого этажа.

В полуподвальном этаже могут проводиться опыты на моделях с напором до 12 м и расходом 400 л/сек, в первом этаже — с таким расходом и напором до 8 м и во втором этаже — с максимальным напором в 3 м, и расходом 400 л/сек. Отвод воды от моделей и от экспериментальных установок в нижний резервуар осуществляется по системе труб и открытых лотков.

Кроме общей системы водоснабжения лаборатория имеет циркуляционную установку высокого давления с расходом до 25 л/сек. Давление в 12 кг/см<sup>2</sup> создается в герметическом напорном баке большой емкости воздушным компрессором и высоконапорным насосом.

Эта установка предназначена для проведения опытов по установлению потерь напора в потоках с высоким числом Рейнольдса, а также для тарировки измерительных приборов и опытов с аэрацией высоконапорной струи.

Несколько низконапорных насосов небольшой производительности установлены на передвижных тележках и выполняют различные функции: опорожнение резервуара и тарировочных баков в полуподвальном этаже, лотков, бассейнов морских моделей и пр.

Электроэнергия лаборатории получает от ЛЭП Политехнического института на понижающей подстанции 6200/270 в, мощность трансформатора 200 ква, что полностью удовлетворяет все потребности лаборатории в электроэнергии.

Для проведения исследований имеется следующее оборудование:

1) пять металлических резервуаров, установленных под полом полуподвального этажа; объем каждого резервуара точно замерен; резервуары оборудованы автоматическим пусковым устройством с часовым механизмом, что обеспечивает быстрый впуск и выпуск замеренного объема в испытательный лоток; общий объем резервуаров равен 40 м<sup>3</sup>;

2) лоток со стеклянными стенками, с изменяющимся уклоном дна, полезная длина лотка 4 м, ширина 0,5 м;

3) лоток со стеклянными стенками, с изменяющимся уклоном (до 8%), полезная длина лотка 8 м, ширина 0,6 м;

4) измерительное оборудование: гидрометрические рейки с нониусами до 0,1 мм, трубки Пито, микровертушки, насадки и мерные водосливы различных типов (Базена, Чипполети, Томпсона и др.);

5) электромагнитные 12-канальные осциллографы, автоматические задвижки, счетчики радиоактивных импульсов, приборы ЭГДА, пространственные и плоские и пр.

Для проведения исследований на крупномасштабных русловых моделях лаборатория имеет открытую площадку размером в 2 га. Расход воды, который может быть подан на модели, равен 300 л/сек. Площадка расположена недалеко от Милана, в местечке Нигуарда.

Библиотека Института гидравлики и гидротехнических сооружений МПИ, которая является и библиотекой Ломбардского центра CNR, была организована в 1939 г. и насчитывала тогда примерно 3000 томов. В 1940 г. книжный фонд библиотеки увеличился почти втрое<sup>1</sup>.

Механические мастерские расположены в полуподвальном этаже инженерно-индустриального корпуса МПИ на месте первой лаборатории, которая перестала функционировать в 1946 г. Мастерские имеют механический цех с современным оборудованием и деревообделочный цех и изготавливают измерительное оборудование и модели, а также производят ремонт всего механического оборудования лаборатории. Мастерские соединяются с главным корпусом лаборатории подземной галереей (рис. 1).

*Научно-исследовательская деятельность* лаборатории МПИ, как и всех других гидравлических лабораторий Италии, помимо учебной работы со студентами имеет еще два направления: 1) изучение теоретических проблем; 2) исследование гидротехнических сооружений и их фрагментов.

1. Основные теоретические проблемы, которые были предметом изучения лаборатории МПИ в течение последнего десятилетия, следующие.

<sup>1</sup> Семья покойного профессора Фантоли передала в дар Институту коллекцию из 6900 книг по гидравлике и смежным дисциплинам, собранную Фантоли в течение 50 лет инженерной и педагогической деятельности, и в настоящее время библиотека обладает самым большим в Италии собранием книг по гидравлике.

Проблеме истечения жидкости через отверстия было посвящено 16 тематических исследований, из них 13 являются экспериментальными. На гидравлических моделях были определены коэффициенты расхода, сжатия и другие характеристики для истечения жидкости из-под секторного затвора, забральной стенки (вертикальной и наклонной), истечения из труб открытых или частично закрытых. Кроме того, проведено определение коэффициентов расхода водосливов различных типов (водосливы с наклонной стенкой, изломанные в плане, криволинейные). Сравнительно большая группа работ по этой проблеме была посвящена определению характеристик истечения воды из пожарных брандспойтов и пожарных кранов, определению формы струй, выходящих из различных отверстий под большим напором, и траекторий струй, вытекающих из брандспойтов.

По проблеме равномерного и установившегося движения в трубах и открытых каналах проводились исследования по определению коэффициентов шероховатости в трубах (металлических, пластмассовых, с различными покрытиями), в открытых каналах, проложенных в различных грунтах. Значительный интерес представляют здесь исследования по определению потерь напора в гибких трубах в зависимости от упругой деформации, характерной для этого вида труб. Исследования установившегося движения потока с изменяющимся расходом по длине канала или трубопровода можно разделить на три группы.

К первой относятся исследования напорного деривационного туннеля, по длине которого увеличивается расход за счет включения новых водосбросных площадей; такой тип напорного деривационного туннеля встречается достаточно часто в гидроэнергетическом строительстве Италии.

Ко второй группе относится изучение движения потока жидкости в открытых руслах и каналах с непрерывно возрастающим по длине расходом.

Третья группа исследований — изучение движения как напорного, так и безнапорного потока с уменьшающимся по пути расходом.

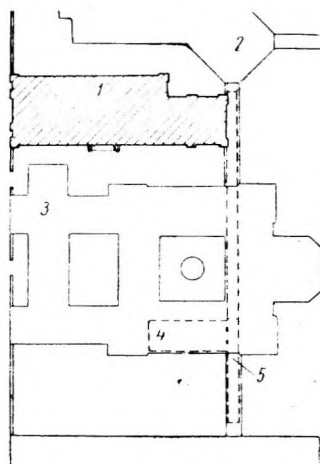


Рис. 1. Схема расположения новой лаборатории в общем комплексе Политехнического института

1—новая лаборатория; 2—корпус Физического института; 3—инженерный корпус; 4—старая лаборатория; 5—подземная галерея.

Исследования неустановившегося движения в открытых руслах включали изучение попуска при быстром открытии затворов и воздействия на положительную волну бокового водослива.

Исследования грунтового потока в лаборатории МПИ проводятся преимущественно на приборах ЭГДА. В последнее время были изучены вопросы движения грунтовой воды к системе колодцев (вертикальных и горизонтальных), движения в слое грунта потока, выходящего в море, установившегося и неустановившегося движения фильтрационного потока в основании плотин и в земляных плотинах. Длительное время лаборатория занималась исследованиями по определению запасов подземных вод в Италии.

За последнее время в Гидравлической лаборатории МПИ были проведены крупные исследования по следующим темам:

- вовлечение воздуха в высокоскоростной поток;
- диффузия струи жидкости, вытекающей и бесконечно большой объем той же жидкости;
- размывы русла в нижнем бьефе водосливной плотины и у быков моста, поставленных под углом к направлению потока;
- испытания больших насадок Вентури;

- потери напора на выходных отверстиях гидрантов, на соединительных участках гибких труб и на разветвлениях напорных трубопроводов;

- процесс заполнения водой камер судоходных шлюзов.

Результаты научных исследований Гидравлическая лаборатория публикует в различных итальянских технических журналах, в материалах конгрессов (итальянских и международных) и в специальных информационных брошюрах. С 1932 г. сотрудники Гидравлической лаборатории опубликовали 230 работ, почти половина их — после 1956 г. (1932—1945 гг. — 58 работ, 1946—1955 гг. — 70 работ и после 1956 г. — 102 работы).

2. Исследования гидротехнических сооружений и их фрагментов имеют большой объем, а если отнести к ним широко развитые натурные исследования сооружений, находящихся в эксплуатации, то они составят 75—80% общего объема работ.

После соединения Гидравлической лаборатории МПИ с Ломбардским центром гидравлических исследований CNR, т. е. после 1939 г., в лаборатории было проведено 126 исследований различных сооружений (из них 115 — гидравлические модельные исследования, 11 — натурные исследования гидравлического режима на действующих сооружениях).

Характер гидравлических исследований, выполняемых в Гидравлической лаборатории МПИ по заказам различных фирм и обществ, многообразен и, в первую очередь, зависит от типа строящихся и проектируемых гидроузлов.

Большое количество экспериментальных исследований (свыше 50) было проведено для определения режима течения в нижнем бьефе сбросных сооружений высоких плотин, рациональных

размеров и форм поверхностных и глубинных водосбросов, шахтных водосливов и других сбросных сооружений.

Исследование гидравлического режима шахтного водослива для одного из водохранилищ Италии проводилось на модели с прозрачными стенками, позволяющими наблюдать за поступлением воды на гребень водослива, движением воды в вертикальной трубе, наклонной сбросной галерее и выходом воды в атмосферу. Исследовалось шесть вариантов конструкции входного оголовка шахтного водослива. Все варианты имели порог водослива на одной отметке при различном наклоне сливной части к горизонтальной плоскости (рис. 2).

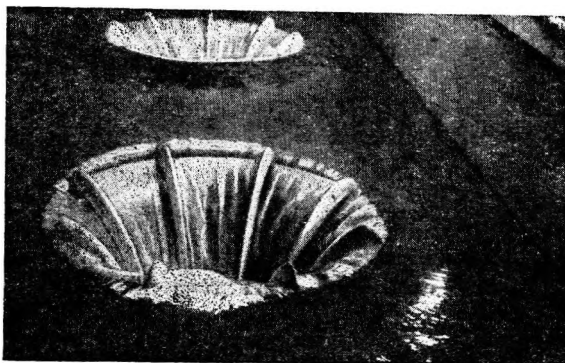


Рис. 2. Модель входного оголовка шахтного водослива.

В процессе исследования определялась глубина переливающегося через гребень водослива слоя и расход воды. При помощи скоростной киносъемки были получены качественные характеристики движения воды в вертикальной шахте, прослежены процессы возникновения поверхностных воронок и засасывания воздуха в сбросную галерею. Наклон сливной части водослива изменялся для того, чтобы избежать образования воронок, отрицательно влияющих на работу сопряжения. Однако ни один из вариантов не дал удовлетворительных результатов. На рис. 3 приведен общий вид модели гасителей энергии на выходе шахтного водослива в нижний бьеф.

Второй крупной работой было исследование шахтного водослива водохранилища Рио Тума на модели, изготовленной из плексиглаза в масштабе  $1 : 37,5$  н. в. Оголовок водослива был выполнен из дерева. В задачу исследований входило определение режима движения воды на участке, сопрягающем вертикальную шахту с горизонтальным туннелем, и определение коэффициентов расхода оголовка.

Первоначально сопряжение предполагалось выполнить в виде дуги, описанной одним радиусом. В процессе исследований было

установлено, что при подобной форме сопрягающего участка и расходах, несколько ниже максимальных, режим работы становится неравномерным с переходом от безнапорного к напорному, с образованием значительных вакуумов. Замена плавного сопряжения резким изгибом с углом, близким к прямому, не дала положительных результатов. Был принят вариант сопряжения в виде полицентрической Дуги, найденной путем последовательного приближения: первый участок описан радиусом 10,5 м с центральным углом  $60^\circ$ , второй — вдвое большим радиусом. При такой форме сопрягающего участка безнапорный режим сохранялся на всем протяжении шахтного водослива для большей части пропускаемых расходов, при пропуске максимального расхода устанавливался напорный режим, и вакуум не превышал допустимых величин.

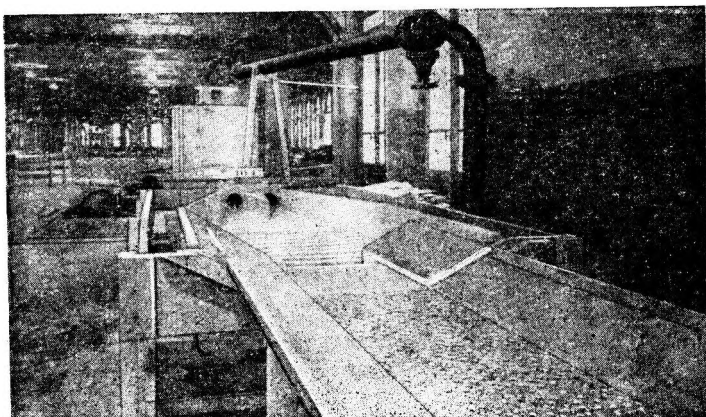


Рис. 3. Модель выхода сбросной галереи из водохранилища.  
Исследование ребристых гасителей.

Как было установлено, коэффициент расхода оголовка возрастает с увеличением расхода. Максимальное его значение (0,48) было получено при пропуске через водослив наибольшего возможного расхода.

Следующей большой группой исследований являются экспериментальные исследования на гидравлических моделях речных водозаборных узлов. Вопросы, которые получают свое разрешение при этих исследованиях, касаются главным образом определения размыва речного русла ниже плотины, расположения отстойников и песколовков и их размеров, работы водоприемников и т. д.

Примером методики проведения подобных исследований могут служить гидравлические исследования на модели 1 :30 н. в. водозаборного гидроузла Бельвице-Венина. Гидроузел построен на приозерном участке р. Адды. В состав узла входят: водосливная плотина, имеющая четыре отверстия с плоскими затворами, гравиепесколовка с пятью отверстиями и плоскими затворами и соб-

ственно водоприемник. Цель экспериментальных исследований — выбор наиболее удовлетворительной компоновки узла для борьбы с поступлением донных наносов в водоприемник, промыва отложившихся в верхнем бьефе наносов и выбора конструкций для предупреждения размыва русла реки ниже водосливной плотины. Модель гидроузла была выполнена из дерева, размываемое русло—из слоя гравия и крупного песка, донные наносы — из гранулированного доменного шлака. Траектории поверхностных струй фиксировались с помощью конфетти и светящихся поплавков. Исследования установили, что для нормальной работы гравиепесколовки необходимо поставить направляющую стенку между устоем водосливной плотины -и гравиепесколовкой; рекомендовано было также изменить положение водоприемника.

Другим примером может служить исследование находящейся в эксплуатации промывной галереи гидроузла Ганда, обеспечивающей смыв в нижний бьеф отложившегося перед плотиной гравия. В период прохождения по реке паводка в верхнем бьефе гидроузла наносы заполняли почти все водохранилище. Смыв отложившихся наносов требовал больших расходов воды в течение длительного времени после паводка. В процессе эксплуатации для облегчения работы промывной галереи перед входом в нее была поставлена стенка, но это не улучшило работы галереи, так как отложения гравия достигли верха стенки. Тогда в нижний бьеф были уложены три трубы, расположенные параллельно друг другу. Они должны во время прохода паводка смывать гравий выше стенки непосредственно в нижний бьеф.

Одновременно со строительством труб велись лабораторные исследования на модели в масштабе 1 : 20 н. в., целью которых было определить режим работы труб и возможность смыва гравия по донному водосбросу водохранилища. В качестве донных наносов использовался песок с размером частиц до 20 мм, что соответствует крупным камням, поступающим в водохранилище во время паводка. Исследования должны были дать только качественную характеристику отложения и смыва наносов, определение количественных показателей в задачу исследований не входило.

Для изучения работы донного водосброса и труб весь бассейн перед водозаборными отверстиями предварительно заполнялся песком до отметки порога водозабора, затем через водосброс, водозаборные отверстия и трубы пропусклась вода при различных отметках верхнего бьефа. В результате исследований было установлено, что донный водосброс пропускает наносы при сравнительно низких отметках воды в водохранилище, а трубы устраняют опасность переноса наносов через верх защитной стенки, так как при любых отметках в водохранилище перед входом в трубы быстро образуются небольшие кратеры, и наносы поступают в трубы беспрепятственно.



Подробные исследования были проведены на модели р. Рио Дулсе, где запроектирован гидроузел, в состав которого входит земляная плотина и бетонный водослив. Водосливный фронт имеет длину 170 м и разделяется на 21 пролет. Под двумя пролетами устроены донные водосбросы — четыре прямоугольных отверстия с плоскими затворами, а под другими четырьмя пролетами проходят трубопроводы, отводящие воду в ирригационные каналы. Трубопроводы снабжены клапанами типа Науэл-Ванджер. Приплотинная ГЭС расположена с левой стороны водослива.

Исследования ставили своей целью проверить работу всех сооружений гидроузла и определить возможный размыв в нижнем бьефе и меры для его предупреждения. Они проводились на опытном полигоне Нигурда на модели в масштабе 1 : 60. Русло реки на модели было выполнено из тонкого силикатного песка, причем после каждого опыта восстанавливалось первоначальное очертание русла. Были проведены исследования на отдельных сооружениях и всего комплекса в целом. В результате были рекомендованы значительные изменения проекта, в частности, у водобойного колодца было изменено положение гребня концевой стенки и введена промежуточная поперечная стенка с прорезями на всю ширину колодца. На участке перед донными водосбросами рекомендовалось углубить дно, а в нижнем бьефе удлинить стенку колодца, чтобы избежать эрозии на участке зуба земляной плотины. Благодаря всем этим предложениям удалось получить достаточно спокойный поток на выходе из колодца и незначительную эрозию русла. Кроме того, было предложено удлинить водоспуски, проходящие над зданием станции, и приподнять гребень двух пролетов водослива над ГЭС с тем, чтобы свести к минимуму время их работы.

Такого же типа опыты были проведены для поверхностного водослива водохранилища Фрера; запроектированный ранее водослив был уже исследован на модели в 1956 г. Поскольку он работал неудовлетворительно, был составлен другой вариант со входом в сбросную галерею, расположенную строго симметрично относительно прямолинейных водосливных отверстий. Этот вариант и явился предметом подробного изучения. Модель, выполненная в масштабе 1 : 30, воспроизводила не только водослив и сбросную галерею, но также и участок соединения с галереей донного водосброса.

Исследование гидроузла Юпия проводилось на крупномасштабной модели (1 : 50) на открытой площадке в Нигурда. Центральная часть плотины Юпия на мелководном участке русла представляет собой бетонную водосливную плотину с водосливным фронтом, равным 645 м и разделенным бычками на 36 пролетов. К водосливу примыкает здание ГЭС длиной 489 м. В здании установлено 18 турбин; продольная ось здания образует с осью плотины угол около 48°. С другой стороны станции находится судовой шлюз. Цель исследования — изучение гидравлического ре-

жима всего комплекса сооружений, а также изучение размыва русла в нижнем бьефе.

Сравнительно большой раздел экспериментальных исследований, выполняемых по заказам фирм, составляет изучение неустановившегося движения в открытых руслах ниже гидроузлов, которое проводится на крупномасштабных русловых моделях с жестким или размываемым дном. На рис. 4 показана модель с жестким дном участка, р. Адда ниже водоспуска из естественного озера. В задачу этих исследований входило определение объемов земляных работ по расчистке и спрямлению русла для пуска необхо-

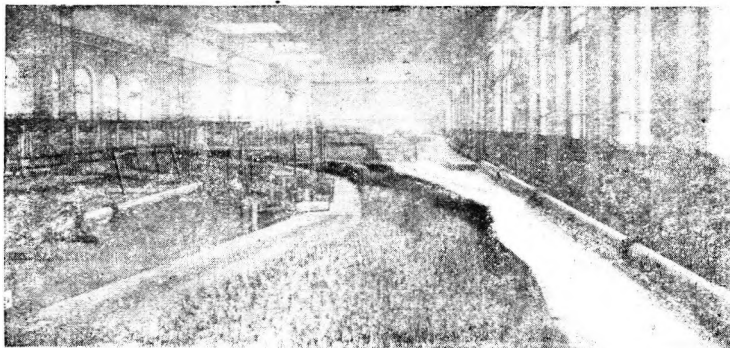


Рис. 4. Модель с неразмываемым дном речного русла с поймой.

дных расходов, поступающих в реку из озера в периоды низких естественных расходов реки. Шероховатость русла на модели создавалась деревянными колышками, выступающими на 7—12 см над ложем реки.

К подобным же исследованиям можно отнести и экспериментальные исследования влияния волны попуска на устойчивость русла ниже гидростанции при внезапном сбросе из бассейна суточного регулирования больших объемов воды.

Примером модельных исследований русловых процессов, возникающих в результате строительства гидроэлектростанции, могут служить гидравлические исследования на модели 1 : 50 н. в. комплекса сбросных сооружений (шахтный водослив, отводящий туннель и сопряжение его с речным руслом) на водохранилище Рио Тума в Никарагуа.

На рис. 5 приведен общий вид модели речного русла ниже плотины Розейрес. На этой модели определялись изменения режима и деформации русла при попуске строительных расходов ниже перемычек. Модель воспроизводила участок реки длиной 1400 м. Пример строительства речной модели приведен на рис. 6.

В задачу входило исследование сооружения, сопрягающего отводящий туннель с речным руслом, и разработка мероприятий по

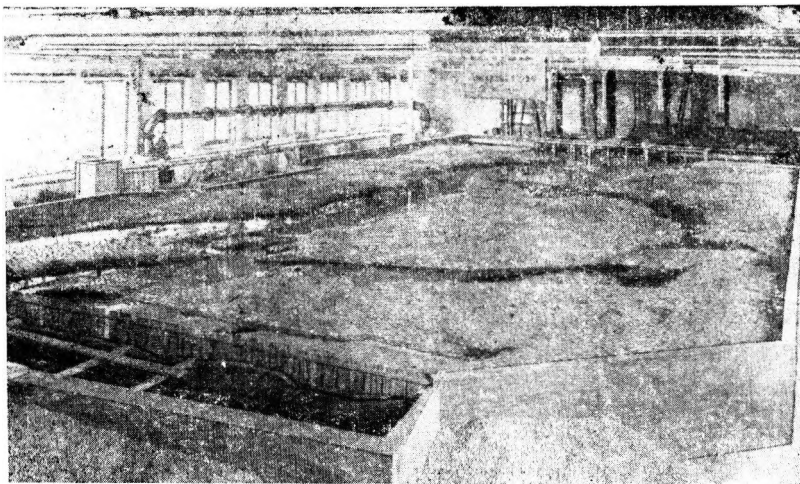


Рис. 5. Модель с неразмываемым дном участка реки ниже строящейся плотины для определения гидравлического режима при строительстве перемычек и при пропуске строительных расходов.

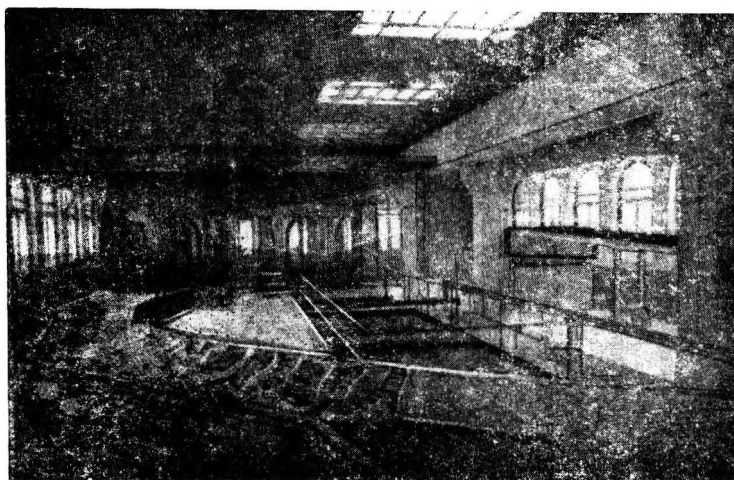


Рис. 6. Строительство русловой модели  
На переднем плане видны шаблоны, профилирующие поперечное сечение русла.

уменьшению размыва русла на участке сопряжения и устранению подпора у здания приплотинной гидростанции.

Модель воспроизводила концевую часть отводящего туннеля и участок речного русла на протяжении 380 м, берега русла на модели были выполнены из слоя шероховатого бетона, дно — из слоя гравия со средним размером частиц около 1 см, что приближенно моделирует аллювиальные отложения. В процессе исследований слой гравия на модели был заменен песком с частицами до 2 мм.

Исследования участка сопряжения установили, что сброс воды из отводящего туннеля в неукрепленное русло реки невозможен, так как при любых размерах сбрасываемого расхода возникает гидравлический прыжок, вызывающий большой размыв дна. Наличие в русле прыжка затрудняет отток воды ниже турбин и может вызвать повышение уровня воды у ГЭС. Лаборатория рекомендовала на участке сопряжения построить водобойный колодец, размеры которого были определены во время эксперимента. Установка в колодце балок-расщепителей значительно сократила длину колодца.

## **Глава II. ГИДРАВЛИЧЕСКАЯ ЛАБОРАТОРИЯ УНИВЕРСИТЕТА г. ПАДУИ**

Гидравлическая лаборатория Института гидравлики и гидротехнических сооружений университета в г. Падуе была создана в 1932 г. профессором гидравлики Е. Шимеми.

До 1957 г. Гидравлическая лаборатория в Падуе имела в одном из корпусов Университета производственную площадь, равную примерно 840 м<sup>2</sup>. На этой площади размещались залы со стационарным оборудованием для проведения экспериментальных исследований, библиотека, механические мастерские для изготовления приборов, склад для хранения приборов и инструментов, небольшой фотокабинет и помещения для камеральной обработки опытов.

Небольшие помещения для проведения модельных исследований и сравнительно небольшие расходы, которые могли быть поданы на модели, не позволяли лаборатории проводить исследования крупных гидротехнических сооружений и речных русел на моделях по заказам проектных и строительных фирм и обществ. Для удовлетворения возросших потребностей гидротехнического строительства Северной Италии было необходимо расширение исследовательской базы. Однако расширение экспериментальной базы для гидравлических исследований в Падуе было осуществлено иначе, чем в Миланском политехническом институте. Учитывая опыт работы одной из крупнейших лабораторий Европы на открытом воздухе (лаборатория Банлев Высшей национальной школы электротехники, электроники и гидравлики в г. Тулузе) и благоприятные климатические условия в Падуе, Институт гидравлики и гидротехнических сооружений совместно с Венетским центром гидравличе-

ских исследований создал в 1957 г. у гидроузла Вольтабараццо на р. Баккильоне в четырех километрах от Падуи открытую гидравлическую лабораторию на площади 9 га. Благоприятные топографические условия и наличие в непосредственной близости от площадки реки с гидротехническими сооружениями обеспечивают поступление на модели открытой лаборатории самотеком расхода до 4000 л/сек. Таким образом, Гидравлическая лаборатория Университета в Падуе является в настоящее время наиболее крупной лабораторией в Италии, способной проводить исследования на моделях большого размера.

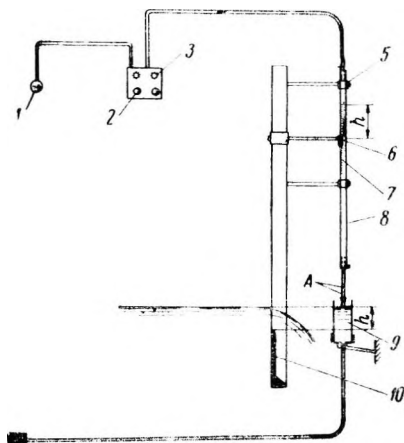


Рис. 7. Автоматический прибор для измерения горизонта воды на водосливе

1 — токоприемник; 2—звонки; 3— электролампочки; 4 — болт для регулировки стрелки; 5-болт для регулировки рейки; 6—стрелка с нониусом; 7— гидрометрическая рейка; 8 -болт для регулировки рейки; 9—резервуар, сообщающийся с каналом выше сечения измерения; 10 —плоский затвор с верховой кромкой, выполненный как водосел.\* типа Базена.

В закрытых лабораторных помещениях Университета установлено следующее стационарное оборудование.

1) Канал для тарирования гидрометрических приборов, в том числе гидрометрических вертушек. Полная длина его 50,85 м, полезная — 41,80 м, глубина — 3,0 м и ширина 2,0 м. Каретка вместе с вертушкой передвигается по металлическому тросу, подвешенному вдоль канала, и приводится в движение электромотором с особым приспособлением «Кальзонн». Это приспособление позволяет быстро изменять скорости движения — от 0,01 до 5,5 м/сек.

2) Гидродинамическая труба с замкнутым циклом, с расходами, изменяющимися от 250 до 1000 л/сек. Давление на участке измерения изменяется от 2,5 до 0,95 кг/см<sup>2</sup> вне зависимости от расхода. Скорость на этом участке может достигать 14 м/сек. Так как эта установка предназначена главным образом для изучения явлений кавитации, то на ней смонтирована кинокамера со скоростью съемки 8000 кадров в секунду.

3) Гидротурбинный блок, вода для которого поступает из напорного бака, находящегося на высоте 6,25 м. Блок имеет турбину, генератор, регуляторы скорости и давления и служит для изучения устойчивой работы напорной системы с уравнительными резервуарами.

4) Лоток с переменным уклоном, со стенками из нержавеющей стали; длина лотка 8,0 м, ширина 0,7 м и высота 0,25 м. Гладкие стенки лотка и возможность иметь на нем большие скорости дви-

жения воды позволяют проводить изучение потоков с высокими значениями числа Фруда.

5) Два лотка со стеклянными стенками: один лоток имеет постоянный уклон, другой — изменяющийся. Длина первого лотка 14,4 м, ширина 1,0 м, высота 1,0 м; длина второго лотка 10,0 м, ширина 0,5 м, высота 0,5 м.

6) Бассейн емкостью 24 м<sup>3</sup> с соответствующим оборудованием для тарировки измерительных приборов объемным способом.

Участок открытой гидравлической лаборатории расположен на полуострове, образованном каналом С. Грегорио и судоходным каналом Вольтабараццо—С. Грегорио. Подача воды на участок происходит самотеком из подпертого бьефа канала С. Грегорио, на котором поставлен для поддержания судоходных глубин шлюз-регулятор. Сброс отработанной воды осуществляется также самотеком в сбросной канал ниже находящегося на нем сооружения.

Водоприемное сооружение лаборатории в виде двух железобетонных сифонов находится на правом берегу канала, несколько выше шлюза-регулятора. При нормальном напоре в 1,4 м сифоны могут подавать расход до 4000 л/сек. Диаметр труб сифона равен 800 мм. Для ускорения процесса всасывания установлен вспомогательный сифон, состоящий из металлической трубы диаметром 100 мм; подача воды осуществляется насосом мощностью 5 л. с. Регулирование расхода, выключение и включение сифонов осуществляется автоматическими задвижками. Для точного измерения расходов в лаборатории применяется прибор, схема которого дана на рис. 7. Прибор состоит из градуированной рейки С, двух стрелок-тастеров А, соединенных проводами с усилителем. При касании стрелок поверхности воды в цепи возникает ток, что отмечается звонком или вспышкой лампочки. В положение «ноль» прибор устанавливается перемещением указателя Д.

Сифоны сливают воду в успокоительный бассейн, на дне которого установлены гасители в виде частой металлической решетки. Из успокоительного бассейна вода переходит в напорный бассейн, от которого отходят открытые каналы и напорные распределительные трубы, подающие воду на отдельные модели лаборатории.

Уровень воды в напорном бассейне находится всегда на постоянной отметке благодаря водосливным отверстиям, общий водосливный фронт которых составляет около 200 пог. м, и плавучего контакта, включающего моторы на задвижках сифонов при понижении уровня в бассейне на 3—4 мм. На рис. 8 и 9 приведен план и продольный разрез водоприемных сооружений.

От напорного бассейна отходит два открытых лотка и две напорные трубы диаметром 0,6 м. Сечение лотков 1,5x1,6 м и максимальный расход 800 л/сек. В голове каждого лотка поставлены водосливы с тонкой стенкой, позволяющие измерять расход до 800 л/сек. Ниже водосливов имеются автоматические затворы.

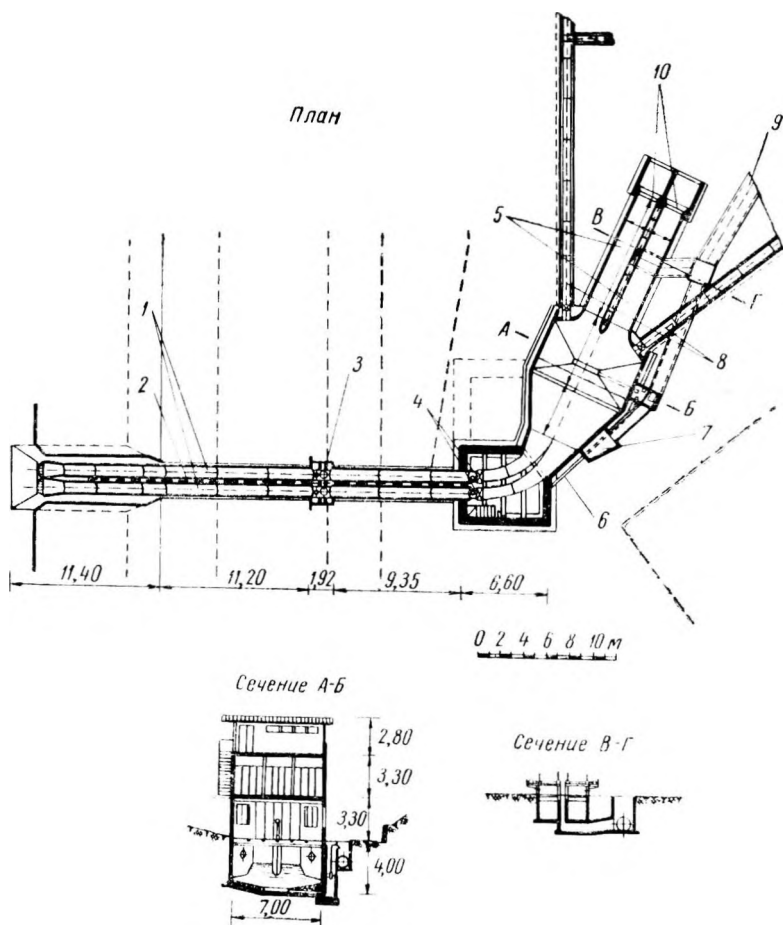


Рис. 8. План водоприемных сооружений полигона гидравлической лаборатории в Падуе

1-сифоны из железобетона  $\varnothing$  800 мм; 2 — вспомогательный сифон  $\varnothing$  100 мм; 3—смотровая галерея; 4—регулирующая задвижка; 5-лоток для измерения расхода; 6—труба для отвода дренажных вод; 7 - сбросной колодезь; 8—трубопровод  $\varnothing$  600 мм, подводящий воду к моделям; 9 - главный сбросной коллектор; 10—подвижной водослив.

Отвод воды в сбросной канал осуществляется по коллектору с концевым сооружением в виде железобетонной трубы с задвижками.

Отметки открытой лабораторной площадки изменяются от 9,75 м у водоприемного сооружения до 9,04 м у сброса, отметка уровня воды в сбросном канале равна 4,5 м. Такая разница отметок позволяет отводить без перекачивания воду также из бассейна, находящегося в центре площадки; глубина бассейна около 5,0 м.

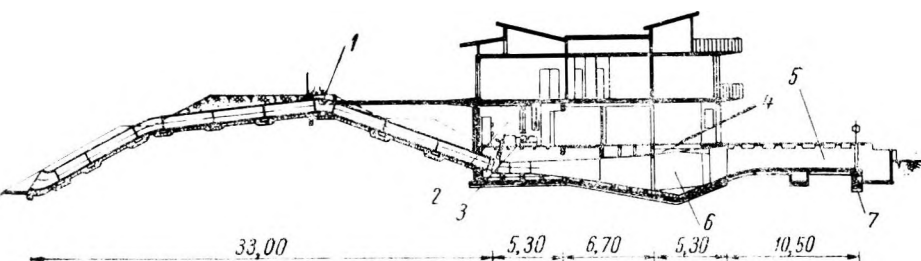


Рис. 9. Продольный профиль водоприемных сооружений полигона

1 - клапан для разрядки сифонов; 2 - аппаратная; 3 — щит управления; 4-водосливы резервуара; 5- лоток для измерения расхода; 6- успокоительный бассейн; 7 — водослив с подвижным порогом.

Над успокоительным бассейном построено трехэтажное железобетонное здание, в котором находятся пульт управления, зал заседаний, комнаты для научных сотрудников, склад для хранения точных приборов. На территории лаборатории находится несколько навесов и небольших легких зданий (типа полевых складов) для проведения опытов на моделях небольших размеров.

На открытой площадке установлено следующее стационарное оборудование.

1) Бетонный лоток прямоугольного сечения с внутренними стенками, покрытыми торкретом и за железненными, благодаря чему коэффициент шероховатости этих стенок очень небольшой. Длина лотка 200 м, глубина 1,1 м, ширина 1,5 м.

2) Широкий бетонный лоток с размываемым дном для русловых моделей.

3) Метеорологическая станция и лизиметрическая площадка с точными весами для изучения гидрологии почв.

Научно-исследовательские работы, проведенные за последнее время в лаборатории университета г. Падуи, включали следующие темы:

устойчивость высоконапорной деривации ГЭС с уравнительными резервуарами;

размыв русла реки на участке сброса в пего большого расхода с большей скоростью;



распределение донных и взвешенных наносов на участке разветвления русла и работа песколовков;

кавитация в трубопроводе с дисковым затвором.

Падуанская лаборатория обслуживает преимущественно гидроэнергетическое и ирригационное строительство, осуществляемое в северо-восточных районах Италии, а также выполняет исследова-

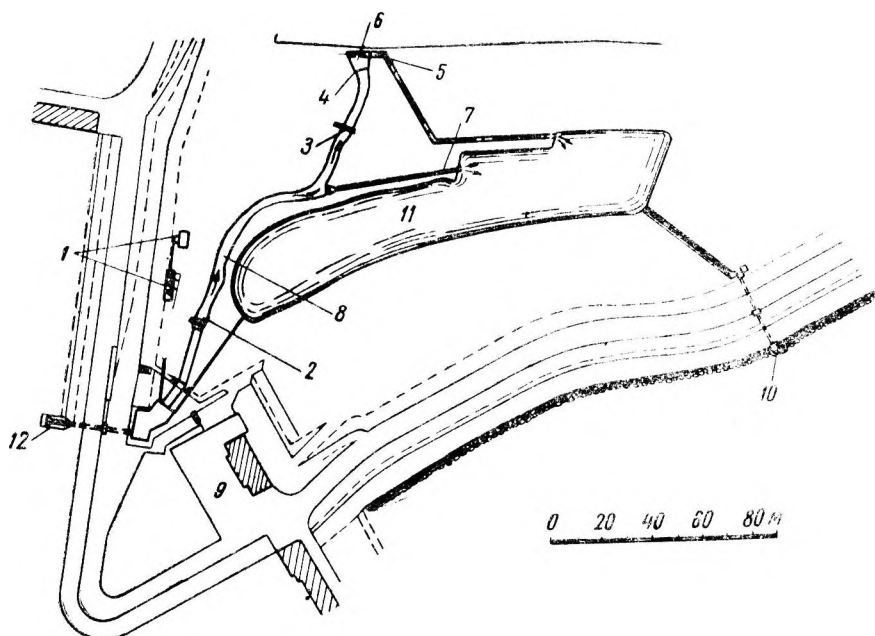


Рис. 10. Модель р. Адидже для исследования русловых регулировочных работ

1 — установка по приготовлению песка для моделирования наносов; 2- начало модели русла; 3—мост Мори; 4 -модель плотины; 5- измерительный водослив; 6-песколовка; 7—модель отводящего тоннеля (нижняя часть из железобетона, верхняя из плексиглаза); 8 — модель р. Адидже (откосы берега обработаны цементным раствором); 9-служебные помещения; 10 - сбросном шлюз; 11—естественный водоем; 12 - батарея из двух сифонов Ø 800 мм.

ния по заказам зарубежных или отечественных фирм, ведущих строительство за рубежом.

К крупным экспериментальным исследованиям на открытой площадке следует отнести:

исследования дельты р. По на модели в искаженном масштабе (горизонтальный масштаб 1:200, вертикальный — 1 : 80), площадью 150X150 м для разработки мероприятий по регулированию русла реки;

исследования р. Адидже на модели в масштабе 1 : 25, площадью 112X52 м, воспроизводящей участок гидрографической системы, с целью установления влияния различных расходов реки на затопление ее дельты (рис. 10).

### Глава III. ГИДРАВЛИЧЕСКАЯ ЛАБОРАТОРИЯ УНИВЕРСИТЕТА г. ПИЗЫ

Гидравлическая лаборатория Института гидравлики факультета технических наук Университета г. Пизы размещена в здании факультета в первом и втором этажах.

В первом этаже находятся два зала для проведения исследования и фотолаборатория. В первом зале проводятся лабораторные учебные занятия со студентами и гидравлические модельные исследования сооружений в небольших лотках. Длина зала 22,1 м, ширина 7,1 м. В нем установлено несколько лотков с постоянным и

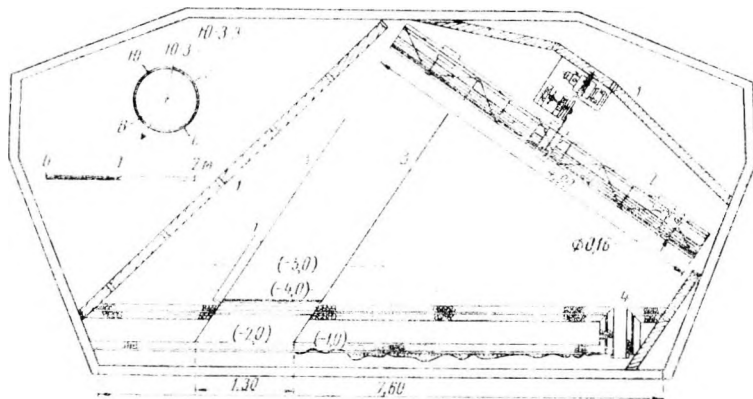


Рис. 11. План бассейна для исследования морских сооружений  
1—амортизатор волн; 2 - волнопродуктор; 3- стенки из перепека; 4-вход в порт.

переменным уклонами, установки для демонстрации опытов Рейнольдса, демонстрации истечения из насадок через водосливы с тонкой стенкой и с широким порогом и прочее оборудование, необходимое для учебных занятий.

Во втором зале проводятся исследования на моделях морских сооружений. Длина зала 12,6 м, ширина 6,7 м. Для модельных исследований акваторий гаваней и морских сооружений в зале построен плоский бетонный волновой бассейн (длина 10 ж, ширина 5 м, глубина до 1 м) со стационарным волнопродуктором. Волнопродуктор состоит из полого пластмассового цилиндра диаметром 0,16 и и длиной 5 м, металлического шасси, тележки с резиновыми колесами и электромотора со скоростным редуктором (рис. 11 и 12). Волнопродуктор создает волны до 10 см высоты с периодом в 10 сек.

Па втором этаже находятся зал для проведения теоретических и экспериментальных исследований по общей и прикладной гидравлике, помещения для камеральной обработки опытов, комнаты для занятий научных сотрудников, помещения для хранения и ремонта

измерительной аппаратуры, мастерские для изготовления и монтажа моделей. Длина зала 22,1 м, ширина 7,1 м. В зале установлено несколько стационарных лотков и площадок для проведения исследований на пространственных моделях. Общая площадь лаборатории на первом и втором этажах составляет 525 м<sup>2</sup>.

На территории Университета имеется несколько открытых площадок, где проводятся гидравлические исследования гидротехнических сооружений на крупномасштабных моделях. На отдель-

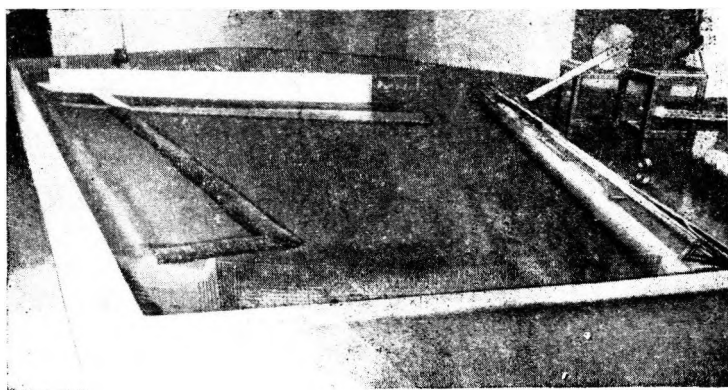


Рис. 12. Общий вид бассейна с волнопродуктором.

ной площадке проводятся гидравлические исследования очистных канализационных сооружений, для которых построена постоянно действующая модель.

Водоснабжение лабораторных помещений осуществляется самостоятельной циркуляционной установкой, способной подавать расход до 150 л/сек. Напор на моделях может изменяться от 4 до 10 м в зависимости от того, к какому бассейну подключена модель.

Основной трубопровод проходит по второму этажу, от трубопровода во многих местах отведены гидранты, что позволяет иметь воду почти в любой точке экспериментальных залов.

В настоящее время заканчивается строительство нового корпуса Института гидравлики, в котором должно быть два экспериментальных зала: один на втором этаже (полезная площадь 840 м<sup>2</sup>), другой на модели проектируется в размере 500 л/сек, и в ближайшее время лаборатория увеличит свои производственные площади больше чем в два раза.

*Научно-исследовательская деятельность* лаборатории Университета г. Пизы охватывает следующие проблемы гидравлики и гидродинамики:

движение жидкости в открытых руслах и напорных водоводах; воздействие волн на морские берега и исследование морских сооружений;

работы санитарно-технических сооружений, в частности очистных сооружениях городской канализации.

За тридцать лет своей деятельности лаборатория выполнила большое количество исследований теоретического и экспериментального характера по указанным проблемам.

Некоторые примеры таких исследований приведены ниже.

1. Исследование затворов типа Дахвер на плотине Креволд'Оссола. В задачу исследования входило определение коэффициента расхода при различных положениях затвора и изменениях напоре, а также определение величины размыва дна ниже затвора.

Исследования проводились на модели в масштабе 1 : 20 в бетонном лотке. Длина лотка 12,9 м, ширина 0,5 м и высота 0,5 м. Вода в лоток поступала из успокоительного бассейна, ширина которого 0,95 м, длина 2,3 м и высота 0,8 м. В том месте, где

в лотке находилась модель затвора, одна боковая стенка лотка была сделана из оргстекла. Створки модели затвора были сделаны из листового железа толщиной 2 мм, причем они вращались вокруг шарниров, установленных на дне лотка (рис. 13).

Измерение уровней воды на модели производилось мерной иглой с точностью до 0,1 - 0,05 мм. Напор на гребне модели затвора изменялся от 3 до 14 см, расход — от 2,64 до 72,7 л/сек. Максимальное значение коэффициента расхода ( $\mu=0,572$ ) было получено при полном смыкании створок затвора при напоре 14 см и расходе 72,7 л/сек.

2. Исследование боковых водосливов на каналах кругового профиля проводилось в трубопроводе с внутренним диаметром 200 мм. Трубопровод был поставлен на деревянные козлы, высоту которых можно было менять и тем самым изменять уклон трубопровода. Общая длина трубопровода составляла 13,6 м, из них 2,2 м занимал участок модели водослива, вращающийся вокруг своей оси, 6,2 м — подводящая часть, на которой движение воды устанавливалось равномерным, и 2,95 м — отводящий участок.

Вдоль вращающегося участка был установлен лоток для приема перелившейся через боковой водослив воды. Измерительные приборы (водосливы Томпсона, мерные баки) были установлены в конце сбросного патрубка и на отводящем участке (рис. 14). Вращающийся участок с моделью бокового водослива мог быть

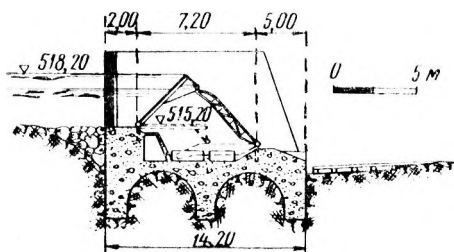


Рис. 13. Модель затвора Дахвера в лотке.

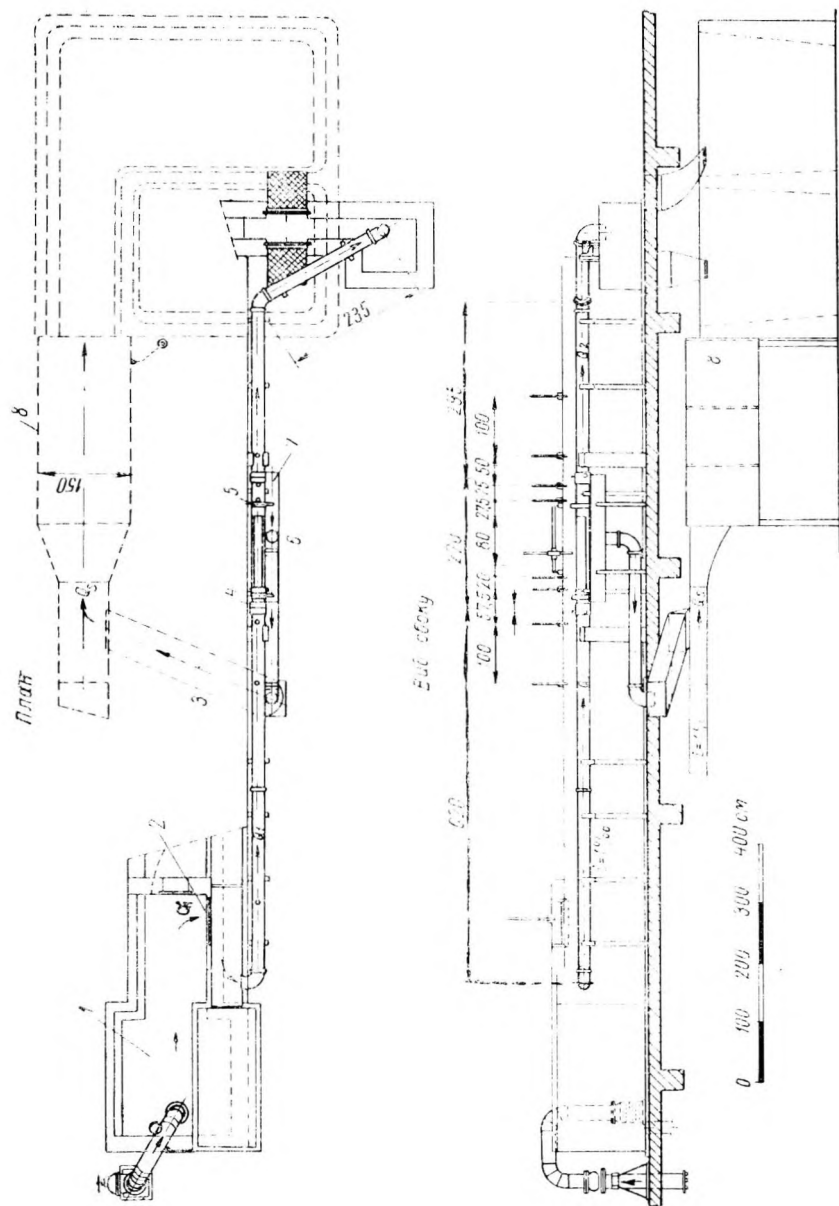


Рис. 14. Стенд для исследования боковых водосливов  
 1—резервуар, 2—прямоугольный водослив; 3—сбросной лоток, 4—соединительная муфта; 5—механизм для изменения положения  
 гребня водослива; 6—вращающийся участок, длина 2,2 м; 7—приемный лоток; 8—водослив Томпсона.

в процессе исследования заменен другой моделью с порогами различной длины и высоты.

На рис. 15 показано поперечное сечение трубы с моделью бокового водослива. Срезанный край трубы представляет собой водослив с тонкой стенкой, высота гребня которого изменялась от  $\frac{2}{3}$  до  $\frac{1}{4}$  диаметра трубы. Трубопровод в процессе опытов был сделан с постоянным уклоном 0,001. Оказалось, что изменение уклона в пределах от 0,001 до 0,005 не влияет на глубину переливающегося слоя воды.

Следующим изменением, внесенным в конструкцию стенда, было удлинение отводящего участка до 5,3 м. Благодаря этому на отводящем участке устанавливался равномерный режим без спада и подпора.

Замер уровней воды в трубопроводе осуществлялся датчиками, от которых показания поступали на пульт, а форма переливающегося слоя — профилографом.

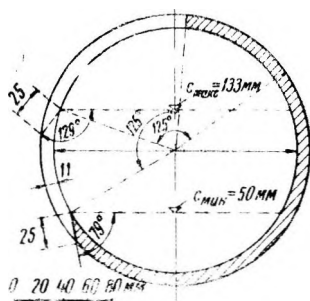


Рис. 15. Поперечное сечение модели бокового водослива.

Исследовано было четыре серии водосливов разной длины  $L$ :

Серии	$L$ , м
I.....	0,60 = 3 D
II.....	0,80 = 4 D
III.....	1,00 = 5 D
IV.....	1,20 = 6 D

Расход воды на моделях для всех четырех серий изменялся от 8,0 до 40,85 л/сек.

В результате обработки опытов были получены зависимости для определения средней глубины переливающегося слоя  $h_m$  и коэффициента расхода водослива для различных условий движения воды на подводящем участке. Средняя глубина (в мм) определяется по зависимости:

$$h_m = \left\{ \frac{1}{L} \int_0^L (h - c)^{3/2} dl \right\}^{2/3},$$

где  $L$  — длина бокового водослива, мм;

$h$  — глубина воды на подводящем участке перед боковым водосливом, мм;

$c$  — высота гребня водослива, мм.

Коэффициент расхода может быть получен из следующего выражения:

$$\mu = \frac{Q_s}{L \sqrt{2gh_m^{3/2}}},$$

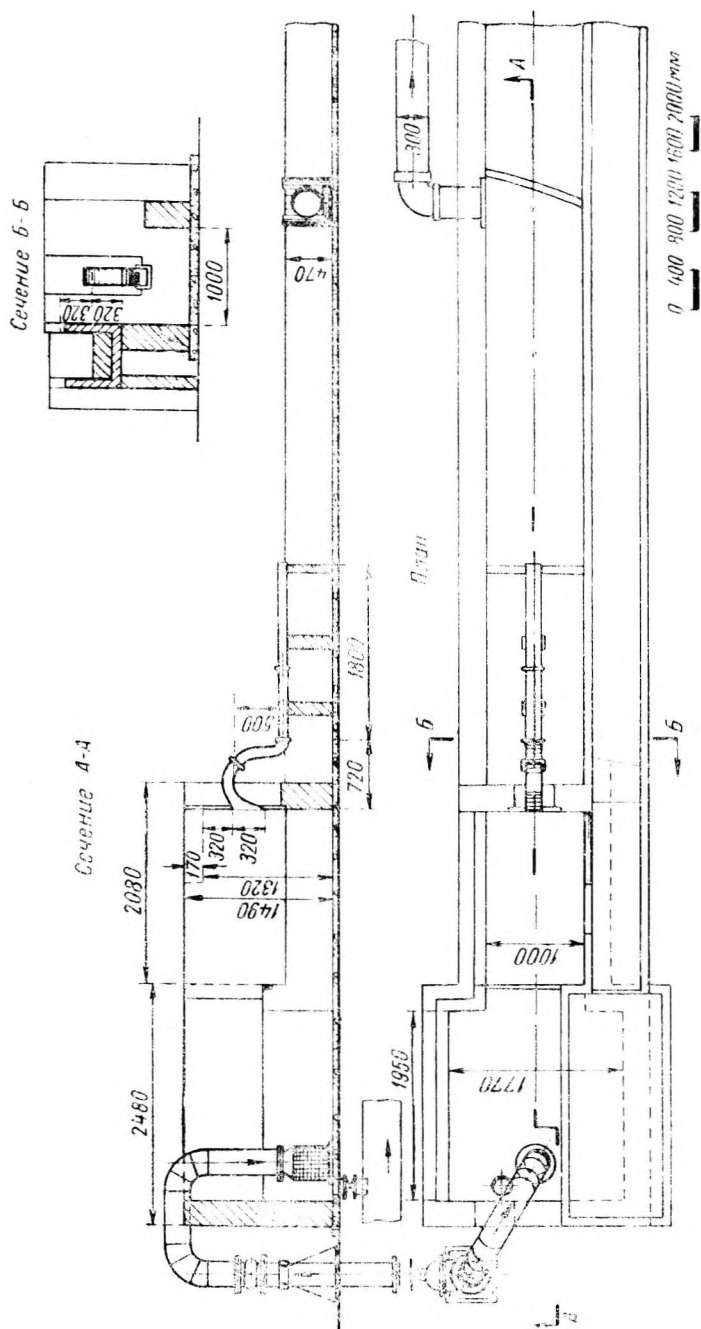


Рис. 16. Модель сифона.

где  $Q_s$  — переливающийся через водослив расход, равный разности расходов на подводящем и отводящем участке

$(Q_1 - Q_2)$ , л/сек-

3. Исследование самозаряжающихся сифонов с переменным напором перед входом. Эта работа была выполнена для сброса катастрофического расхода на водохранилище р. Броко. Модель сифона (масштаб 1 : 5) выполнена из прозрачного оргстекла (регрех) и состоит из трех частей, соединенных между собой фланцами с болтами, что позволяет в процессе проведения опытов, заменяя сливную часть, подобрать для нее наиболее рациональный изгиб, а на прямолинейном участке изменять конструкцию носка и трамплина.

Размеры модели были следующими (рис. 16): горизонтальная проекция криволинейного участка 720 мм, длина прямолинейного участка 1800 мм, высота всасывания 500 мм, высота входа 320 мм (другие размеры приведены на рисунке). Максимальный расход дели и 41 л/сек.

Для непрерывного измерения уровня воды в лотке перед входом в сифон был применен емкостный зонд. Зонд представляет собой стеклянную трубку (площадь сечения 1,0 см<sup>2</sup>), заполненную ртутью. От трубки отходит изолированный медный провод к мостику Уитона. Трубка помещается в лоток с водой; вода, окружающая трубку со ртутью, образует конденсатор, в котором стекло является диэлектриком. Емкость конденсатора находится в линейной зависимости от высотной отметки свободной поверхности воды в лотке. Ток в зонд поступает от генератора переменного тока через мостик Уитона, причем изменение емкости в зонде вызывает изменение силы тока на выходных зажимах мостика. Находящиеся в цепи усилители позволяют улавливать незначительные изменения уровня, которые регистрируются на ленте осциллографа.

В результате исследования были подобраны рациональные формы сифона и определен для него коэффициент расхода в зависимости от напора над гребнем сифона.

4. Исследование концентрации взвеси в напорных трубопроводах было проведено на специальной установке, состоящей из двух замкнутых кольцевых трубопроводов. Один трубопровод был выполнен из оцинкованного листового железа, длина по его внешней окружности 26 м, диаметр трубы 80 мм. Участок этого трубопровода длиной 1 м был выполнен из прозрачной пластмассы для визуальных наблюдений. Другой трубопровод был весь из оргстекла: диаметр его 47 мм, длина также равна 26 м.

Вода смешивалась с твердыми частицами лопастной мешалкой в бачке, из которого суспензия подавалась насосом в трубопроводы. Пройдя все кольцо, суспензия поступала обратно в смеситель.

Установка была снабжена пьезометрами, тарированными задвижками и другой аппаратурой, позволяющей замерять скорости и концентрацию взвеси. Стенд для этого исследования приведен на рис. 17.



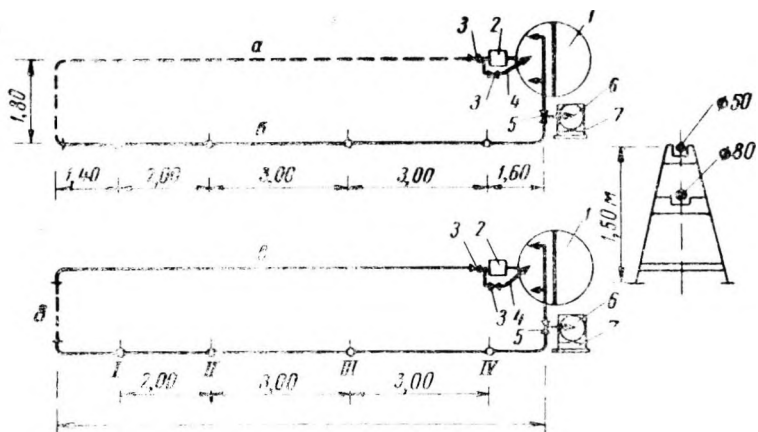


Рис. 17. Стенд для исследования взвесенесущих потоков  
 1 - смеситель; 2 - центробежный насос; 3 - задвижка; 4 - трубопровод, отводящий воду в смеситель; 5 - задвижка-тройник; 6 - протарированный резервуар; 7 - устройство для взвешивания; 8 - участок из перекса для наблюдений; I-IV - пьезометры; а - труба из стекла  $\varnothing$  47 мм; б - труба из пластика  $\varnothing$  50 мм; в - труба металлическая 80 мм.

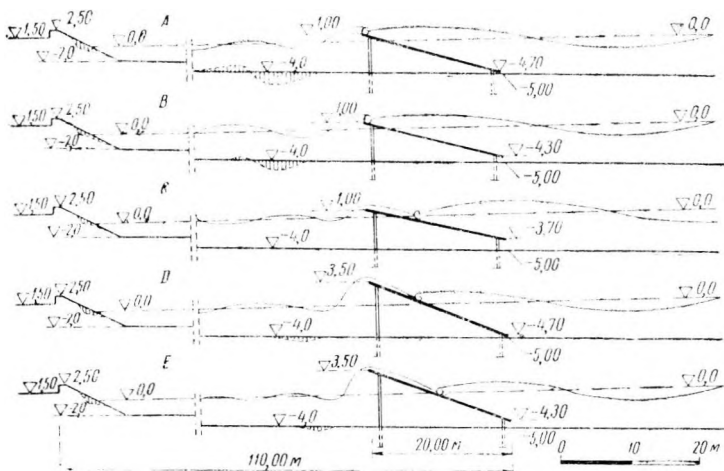


Рис. 18. Схема расположения нового типа волнолома для защиты размываемого берега.

5. В волновом бассейне в течение длительного времени проводились исследования новой конструкции волнолома для защиты от размыва морского берега. Волнолом представляет собой наклонную плоскость, поставленную на два ряда свай. Нижняя кромка плоскости несколько приподнята над дном моря, а верхняя — возвышается над нормальным уровнем воды (рис. 18).

В результате проведенных экспериментальных исследований, в процессе которых изменялись: угол наклона плоскости, высота отверстия между дном и нижней кромкой плоскости, возвышение плоскости над поверхностью воды и расстояние волнолома от защищаемого берега, было установлено, что наиболее благоприятным в отношении уменьшения размыва берега является расстояние от берега до волнолома, равное 100 м, высота отверстия у дна — 1,3 м, и превышение верхней кромки плоскости в 1,0 м над поверхностью моря.

6. Исследования аэрированного потока в канале с критическим уклоном и со свободнопадающей с носка быстрого тока струей проводились в лотке, ширина и глубина которого равнялась 0,5 м. В результате исследований была установлена связь между скоростью движения воды в лотке и объемом вовлеченного воздуха.

7. На специальной установке проводятся исследования по созданию системы для очистки сточных (канализационных) вод в анаэробной среде, после пропуска сточных вод через фильтры из мелких частиц кварцевого песка. Цель этих исследований, которые пока еще не закончены, — создать такую систему очистки канализационной воды, поступающей с небольшого жилого массива, в которой очищенная вода при сбросе не загрязняет реку.

## **Глава IV. ГИДРАВЛИЧЕСКАЯ ЛАБОРАТОРИЯ УНИВЕРСИТЕТА г. ПАЛЕРМО**

Гидравлическая лаборатория Института гидравлики Университета г. Палермо (Сицилия) в марте 1961 г. перешла в новое здание, в котором получила обширное помещение, дающее возможность дальнейшего развития экспериментальных и теоретических исследований. Расположение нового здания института в общем комплексе Университета показано на рис. 19.

В новом здании лаборатория занимает часть первого этажа и ряд помещений в прилегающих к капитальному зданию легких постройках типа ангара или армейского полевого склада.

Общая площадь, занимаемая лабораторией в первом этаже, равна 2025 м<sup>2</sup>. На этой площади, кроме зала для гидравлических моделей, находятся фотолaborатория, электропульт, механическая и деревообделочная мастерские, группы насосов, установка для сжатого воздуха и склад для измерительной аппаратуры и приборов. Свободная площадь зала, на которой могут быть размещены стационарные установки и временные стенды, равна 1800 м<sup>2</sup>; зал имеет

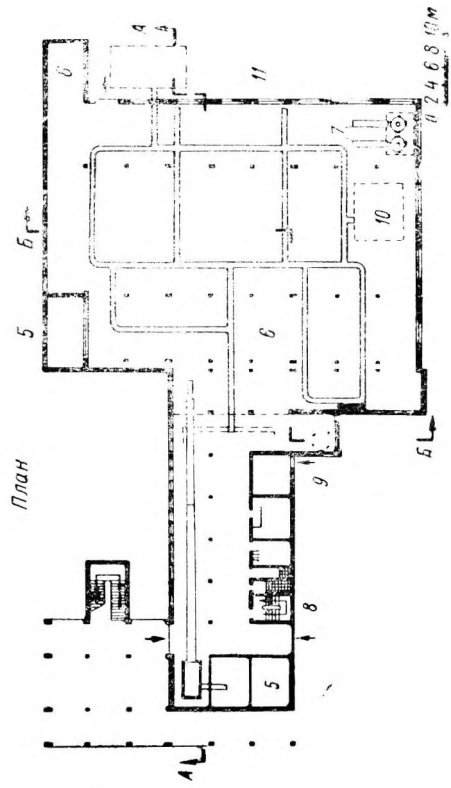
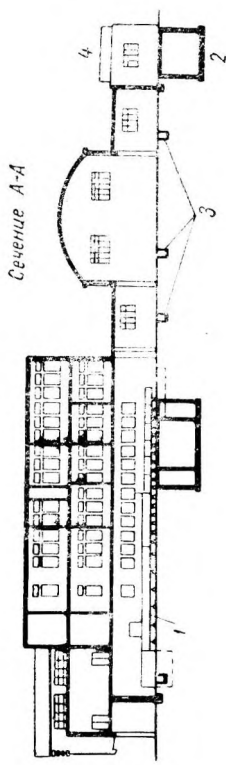
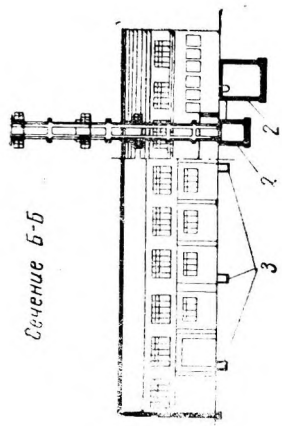


Рис. 19. План и сечение корпуса  
Института гидравлики Универси-  
тета в Палермо.

- 1 - экспериментальный лоток; 2 - резервуар;
- 3 - отводящие каналы; 4-напорный резер-  
вуар; 5-мастерские; 6 - насосная группа;
- 7-баллоны с сжатым воздухом; 8 - фотола-  
боратория; 9 - трансформаторы; 10 - гидро-  
вочный резервуар; 11-открытая площадка  
больших моделей.

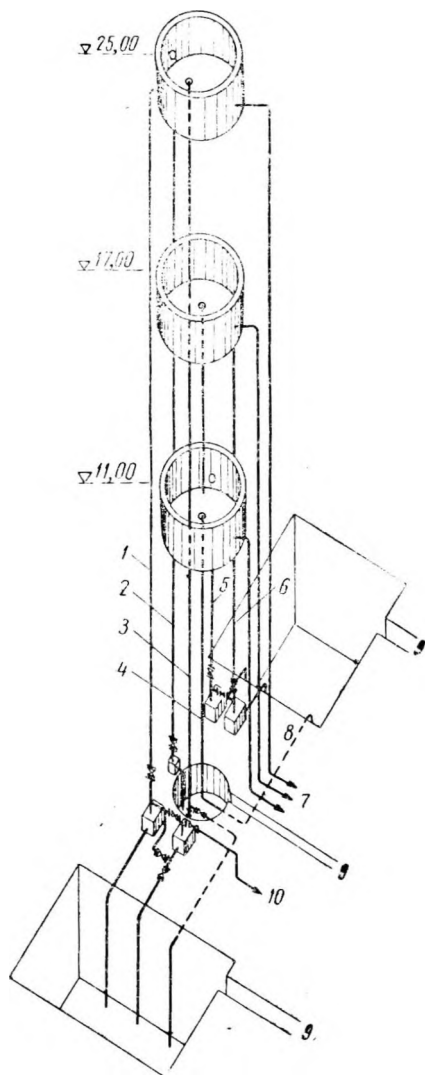


Рис. 20. Схема напорной башни и распределительных трубопроводов

1- подача воды в верхний резервуар; 2-установка для чистой воды; 3-поверхностный водосбор нижнего резервуара; 4-то же, среднего и нижнего резервуаров; 5-подача воды к нижнему резервуару; 6-подача воды к среднему резервуару; 7-главный трубопровод; 8-поверхностный водосбор; 10-трубопровод к баллонам со сжатым воздухом.

неправильную форму, наибольшая длина зала 96 м и наибольшая ширина — 44 м, что позволяет устанавливать сравнительно крупные модели, длина которых может достигать 70 м.

На втором и третьем этажах размещаются комнаты для научных работников, аудитория, библиотека, чертежная и администрация.

Рядом со зданием расположена открытая площадка размером около 1500 м<sup>2</sup>, на которой проводятся исследования на крупных моделях речных русел и гидроузлов.

Система водоснабжения лаборатории состоит из семи обособленных групп насосов, водонапорной башни с четырьмя резервуарами на различных отметках и двух баллонов сжатого воздуха. Максимальный статический напор циркуляционной системы равен 25 м, при включении баллонов со сжатым воздухом напор на отдельных моделях может быть повышен до 100 м.

Суммарный расход водопроводной системы при одновременной работе всех групп насосов равен 700 л/сек. Циркуляционные системы, благодаря нескольким группам насосов, обладают большой гибкостью и дают возможность получать на моделях и в лотках различные расходы и напоры. В самом экспериментальном зале расход для одной модели может быть равен 500 л/сек. На рис. 20 приведена схема водоснабжения лаборатории.

В экспериментальном зале действуют две системы водооборота. Одна из них — система низкого давления по трубопроводу диаметром 250 мм, при напоре 6 м падает к моделям расход 200 л/сек и при напорах от 11 до 25 м — 150 л/сек. Трубопровод может быть перекрыт задвижками — возможна разобшенная работа отдельных участков системы. Суммарный расход, подаваемый на все одновременно работающие модели, равен 700 л/сек.

Система водооборота высокого давления состоит из насоса, трубопровода и баллона со сжатым воздухом. Диаметр трубопровода 250 мм, производительность насоса 75 л/сек при напоре 60 м. В экспериментальном зале таких систем две, они могут действовать разобщено и совместно. При совместной работе на стенд с моделью может поступать 150 л/сек с напором до 100 м. Оба баллона для сжатого воздуха выполнены из металла, емкость каждого из них равна 10,5 м<sup>3</sup>.

Открытая площадка имеет самостоятельную систему водооборота, состоящую из асбестоцементного трубопровода диаметром 350 мм и трех насосов: один производительностью 200 л/сек и два по 100 л/сек. Насосы качают воду в общий резервуар, находящийся на отметке 6 м.

Часть открытой площадки ограждена низкой кирпичной стенкой (огражденная площадь равна 1000 м<sup>2</sup>), и на ней установлено три мерных резервуара, от которых отходят переносные трубопроводы к отдельным моделям (рис. 21).

Все системы водоснабжения имеют водомеры, тарировка которых осуществляется в лаборатории в тарировочном резервуаре. Емкость резервуара 20 м<sup>3</sup> (2,80X3X20X1,5 м). Резервуар имеет

свой электронасос для откачки воды и градуированную рейку с нониусом 1 : 20.

Для измерения расходов, подаваемых на модель и отводимых от нее, применяются металлические переносные ящики с водосливами Томпсона.

В закрытых помещениях лаборатории имеется следующее стационарное оборудование.

1) Лоток прямоугольного сечения с неподвижным горизонтальным дном выполнен из железобетона, металла и стекла. Полезная

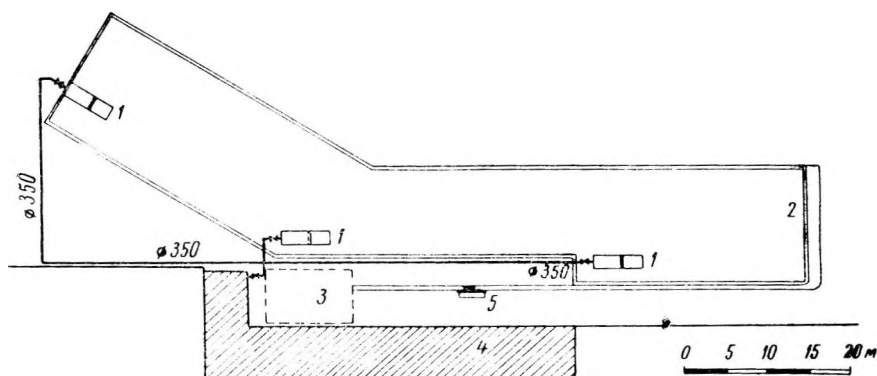


Рис. 21. Открытая площадка для больших моделей

1 - измерительные резервуары; 2 - канал-коллектор; 3 - резервуар; 4 - экспериментальный зал; 5 - сбросной канал.

длина его равна 30,0 м. Лоток состоит из трех участков: на первом железобетонном участке длиной 12 м имеются застекленные окна; второй участок длиной 6 м выполнен из металла; последний участок — стеклянный, с металлическим дном имеет длину 12 м. Ширина лотка на всей длине постоянна и равна 0,8 м, высота стенок на первых двух участках равна 0,9 м, на третьем — 0,6 м. В конце второго участка установлен плоский затвор с точной регулировкой (до 1 мм) подъема, такой же затвор поставлен в конце лотка.

Максимальный расход лотка 150 л/сек, вода поступает в лоток из успокоительного железобетонного резервуара, к которому вода подводится по трубе диаметром 300 мм из напорного резервуара, находящегося на высоте 11,0 м. Выпуск из трубы в успокоительный резервуар оканчивается водосливным порогом, гребень которого может изменять свое высотное положение с помощью специального приспособления из вертикальной телескопической трубы с герметическими прокладками и червячной передачи от электромотора.

2) Стенд для тарировки измерительной аппаратуры и приборов состоит из автономной циркуляционной системы, имеющей расход 5 л/сек и напор 25 м; двух труб (диаметр 100 и 50 мм), в которых

установлены счетчики-эталоны с паспортами Бюро стандартов Италии; тарировочного резервуара для объемного измерения расхода.

3) Установка для получения сжатого воздуха и подачи его на модели высоконапорных сооружений состоит из баллонов, компрессора, труб со специальным, и съемными фланцами с отверстиями, позволяющими придать симметричную форму струе, выходящей из этих отверстий.

4) Стенд для изучения и демонстрации студентам колебания массы жидкости в напорных трубопроводах имеет трубу диаметром 100 мм, два пьезометра, быстродействующую задвижку на конце трубы и систему управления задвижкой.

5) Металлический прямоугольный лоток со стеклянными стенками предназначен для изучения и демонстрации общих законов движения потока со свободной поверхностью. Длина лотка равна 5 м, ширина 0,25 м, глубина 0,30 м.

Для измерения различных величин в лотках и на моделях лаборатория располагает большим количеством разнообразной аппаратуры; микровертушками диаметром 30 и 50 мм, трубками Пито, насадками, водосливами с тонкими стенками, дифференциальными манометрами, тестерами и пр. В последнее время лаборатория успешно применяет электронную аппаратуру для измерения давления, пульсации и т. д.

При лаборатории находится метеорологическая станция Университета, входящая в единую метеослужбу Сицилии. Станция имеет все необходимое для определения испарения влаги почвой, солнечной инсоляции, транспирации растений с целью установления орисительных норм.

Лаборатория Палермского Университета систематически публикует результаты своих научно-исследовательских и экспериментальных работ в трудах Академии наук, периодической печати Италии, в трудах различных конгрессов. С 1958 г. сотрудники лаборатории опубликовали 65 статей и докладов.

*Научно-исследовательская деятельность.* До 1961 г. учебная работа со студентами являлась основной деятельностью, поскольку помещения и оборудование лаборатории не позволяли широко развернуть теоретические и экспериментальные исследования.

После перехода в новые помещения научная работа в лаборатории значительно расширилась. К наиболее интересным исследованиям общетеоретического характера, осуществленным в последние годы, можно отнести следующие.

1. Исследования пограничного слоя потока проводились при замедленном движении жидкости вдоль плоского наклонного дна и имели целью определить тормозящее влияние дна на поток. В этой работе учитывались современные воззрения на турбулентность потока и характеристики его, обусловленные шероховатостью стенки, вдоль которой движется поток. Опыты установили, что величины изменения количества движения, полученные теоретическим расчетом

по формулам (-например, Грушвитца), находят хорошее опытное подтверждение.

2. Исследование напорного двухфазного потока с целью выявления закономерностей переноса твердых взвешенных частиц при движении потока проводилось на специальном стенде с замкнутой системой водооборота. Стенд состоял из горизонтальной трубы диаметром 0,1 м и длиной 80 м, на которой была размещена различная измерительная аппаратура. Труба наполнялась смесью воды и силикатного однофракционного песка (исследовался поток с фракциями крупностью 0,88 мм, 0,41 мм и 0,30 мм). Для каждого размера, песка в опытах менялась концентрация смеси от 0 до 9% и скорость потока от 2 до 5 м/сек.

В результате было установлено, что по мере возрастания концентрации смеси, независимо от размеров фракций, потери напора возрастают. Разность между потерями напора в потоке со взвесью и в потоке чистой воды возрастает с увеличением размера частиц песка и уменьшается при увеличении скорости. Для песка крупностью 0,41 и 0,30 мм этой разностью можно пренебречь, если скорость порядка 5 м/сек и выше. При одинаковой концентрации смеси и одной и той же скорости потока распределение скоростей по сечению для смеси и для чистой воды отличается тем больше, чем больше диаметр фракции. При одинаковых концентрациях и размере фракций разность в потерях напора уменьшается, если средняя скорость потока возрастает. При самой мелкой фракции и средней скорости потери напора не имеют заметных изменений по сравнению с потерями напора для потоков с чистой водой.

3. Исследованию движения воды в грунтах различной плотности (определение положения свободной поверхности, величины фильтрационного расхода и т. п.) лаборатория уделяет большое внимание. Они проводятся на специальном приборе с применением вместо воды минеральных масел значительной вязкости. Применение этих масел обеспечивает получение результатов исследований, вполне сопоставимых с натурой. В настоящее время проводятся исследования по определению характеристик движения грунтового потока вне границ действия закона Дарси.

Цилиндрическая горизонтальная труба диаметром 300 мм заполнена пористым материалом определенного фракционного состава. Разность напоров на концах трубы равна 100 м; расход, подаваемый в трубу, 43 л/сек, скорость движения 0,6 м/сек. Резуль-

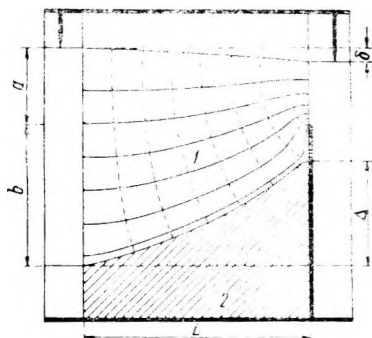


Рис. 22. Поперечный разрез прибора для исследования фильтрации  
1—масло; 2—вода.



таты испытаний позволят выяснить величину сопротивления при движении воды сквозь толщу пористого материала (рис. 22).

В лаборатории проводятся также теоретические исследования гашения энергии при выходе потока из напорного тоннеля с горизонтальным дном; потока, выходящего из отверстий в стенках трубы, погруженной в воду; гашения энергии на рисберме сооружений и т. п.

В последнее время по заказам различных фирм выполнены крупные исследования следующих сооружений.

1) Сброс водохранилища Гуадалама. Гидравлические исследования проводились на модели в масштабе 1 : 25. Модель воспроизводила поверхностный водосброс с максимальным расходом 135 м<sup>3</sup>/сек и донный водосброс с максимальным расходом 35 м<sup>3</sup>/сек. Модель водосброса приведена на рис. 23. В результате исследова-

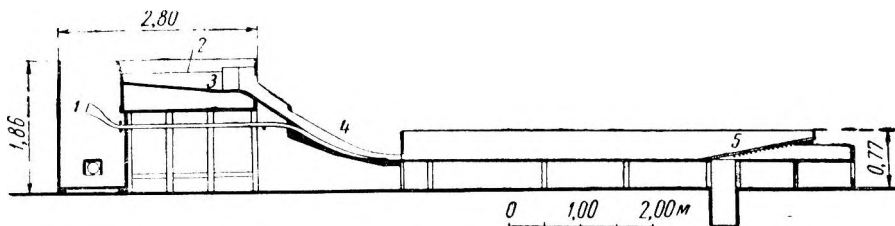


Рис. 23. Разрез модели водосбросов водохранилища Гуадалама

1—водозаборное отверстие донного водосброса; 2—сливной порог поверхностного водосброса;  
3—канал-коллектор; 4—быстроток; 5—донная решетка.

ний было установлено, что сооружение, выполненное по проекту, работает нормально. Примененный тип гасителя в виде решетки, наклоненной к движению потока под углом 21°, является экономичным и может быть рекомендован для сооружений на потоках, не имеющих ледохода.

2) Сбросы башенного типа. Комплекс водосбросных сооружений состоял из двух поверхностных водосливов башенного типа с максимальным расходом 425 м<sup>3</sup>/сек каждый, и одного донного водослива. Модель была выполнена в масштабе 1 : 60 и включала оба водосброса. Для уточнения работы водосбросов были созданы еще одна модель одного башенного водосброса в масштабе 1 : 40 и модель гасителя в масштабе 1 : 50. В результате исследований было установлено, что башенные водосбросы работают вполне удовлетворительно, а конструкция гасителя должна быть изменена путем увеличения его размеров, изменения положения его оси и размещения вдоль оси двух длинных разделяющих поток стенок и зубьев в конце рисбермы.

3) Сброс водохранилища на р. Комуелли. Сооружение состоит из поверхностного водослива, имеющего в плане форму V, и канала с гасителем на конце из ряда поперечных стенок, отстоящих друг от друга на расстоянии 5 м. Стенки создают интенсивное перемешивание воды и в значительной степени гасят энергию

потока. Гидравлическая модель сооружения была выполнена в масштабе 1 : 40.

В результате исследований определили коэффициент расхода водослива, равный 0,340—0,420, при напоре, увеличивающемся от 0,57 до 2,75 м. Так как в проекте был принят более высокий коэффициент расхода, оказалось необходимым увеличить длину водосливного фронта. Кроме того, была несколько изменена конструкция гасителя и соединительного участка.

4) Действующий водобойный колодец на водозаборном сооружении, которое было построено несколько лет назад. Сразу же после пуска в эксплуатацию было установлено, что ниже сооружения дно размывается. Водоприемник имеет три отверстия по 20 м в свету каждое; отверстия перекрыты плоскими затворами, напор на сооружении равен 6,5 м, максимальный расчетный расход равен 480 м<sup>3</sup>/сек. Цель исследований — разработка необходимых изменений в конструкции, которые устранят размыв в нижнем бьефе.

Исследования проводились на двух моделях. Одна модель в масштабе 1 : 50 воспроизводила все элементы сооружения и участок русла длиной 150 м, вторая — в масштабе 1:35 воспроизводила половину сооружения между осью симметрии и правым берегом с участком русла на 100 м ниже сооружения.

Первая модель служила для выбора типа водобоя и разработки программы необходимых исследований для второй, более крупной модели. Обе модели с размываемым дном, но материал, из которого сделано русло, еще не окончательно подобран. Работа продолжается.

5) Водоприемник системы водоснабжения г. Мессины. Он должен подавать в городской водопровод питьевую воду (расход 595 л/сек) и отводить остальную воду в ирригационную систему. Модель была выполнена в масштабе 1 : 5. В результате исследований была установлена необходимость изменения конструкции узла.

6) Исследование устойчивости откоса земляной плотины на р. Комуелли. При быстром опорожнении водохранилища через донный водопуск необходимо было установить положение депрессионной кривой на верховом откосе плотины. Исследование проводилось на специальном фильтрационном приборе.

7) Водосбросные сооружения водохранилища. Они включают в себя поверхностный водосброс с прямолинейным водосливом длиной 91 м, канал, сброс и лоток, оканчивающийся водобойным колодцем, глубина которого 2,45 м. В колодце заканчивается и донный водосброс. Поверхностный водосброс рассчитан на максимальный расход 770 м<sup>3</sup>/сек; донный водосброс на пропуск максимального расхода 200 м<sup>3</sup>/сек. Гидравлическая модель всего комплекса сооружений выполнена в масштабе 1 : 50. Исследования находятся в процессе выполнения.

8) Регулировочные сооружения по выправливанию р. Симего от створа Понте Джаретта до устья. Подлежащий рассмотрению

участок р. Симето имеет длину около 30 км и находится в основном на равнине Катанья. На рассматриваемом участке река принимает два крупных притока. Цель исследований — разработать мероприятия по предохранению равнины Катанья от затопления и занесения аллювиальными отложениями.

Лаборатория предполагает провести это исследование на гидравлической модели всего участка реки. Модель будет изготавливаться с размываемым дном в масштабе 1 :200. Кроме того, предполагается в процессе работы создать ряд более крупных моделей.

Приведенные примеры научной деятельности показывают, что объем исследований быстро увеличивается, и лаборатория в состоянии выполнять крупные заказы производства.

## **Глава V. ГИДРАВЛИЧЕСКАЯ ЛАБОРАТОРИЯ ПОЖАРНОЙ ШКОЛЫ В г. РИМЕ**

В августе 1941 г. в Риме была открыта школа по подготовке командных кадров пожарных дружин и подразделений ПВО. В составе лабораторий школы была открыта и Гидравлическая лаборатория, задачей которой кроме учебной работы являлись исследования и проверка нового противопожарного оборудования.

Первые годы лаборатория имела одно отделение, которое впоследствии было названо Отделением низких давлений. В 1953 г. было принято решение о создании и второго отделения — Отделения высоких давлений.

Отделение низких давлений размещается в специальном двухэтажном павильоне, объем которого равен 1650 м<sup>3</sup>. На первом этаже (общая площадь 200 м<sup>2</sup>, ширина 8,6 м, длина 23,4 м, полезная площадь 160 м<sup>2</sup>) расположена насосная группа, состоящая из двух насосов производительностью по 55 л/сек каждый и с манометрическим давлением 9,5 м. Под полом первого этажа проходит магистральный трубопровод диаметром 300 мм и сборный коллектор. Кроме того, под полом первого этажа находятся главный резервуар емкостью 28 м<sup>3</sup> и тарировочных резервуар, разделенный на три сообщающихся друг с другом отсека, общая их емкость равна 14 м<sup>3</sup>. Высота зала первого этажа равна 4,4 м. Вдоль потолка на первом этаже проложен распределительный трубопровод.

Полезная площадь зала на втором этаже несколько больше, чем на первом, благодаря отсутствию на втором этаже каких-либо стационарных установок. Высота помещений второго этажа 3,5 м. Для того, чтобы иметь возможность проводить исследования на моделях или стендах большой высоты, в междуэтажном перекрытии сделаны люки, закрываемые деревянными крышками.

На втором этаже находится напорный резервуар, в котором поддерживается постоянный уровень воды, для чего вдоль внешнего контура резервуара сделан водослив с общей длиной сливного фронта 20 м. При высоте переливающегося через гребень водо-

слива слоя воды в 2 см может быть сброшен в отводящий трубопровод весь поступающий в резервуар расход. Геометрический напор резервуара над полом зала первого этажа равен 6,9 м.

На рис. 24 приведен план первого этажа, продольный и поперечный разрезы павильона. Для подачи воды к отдельным экспе-

Сечение А-А

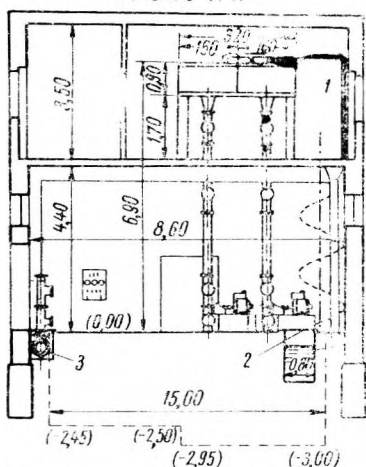
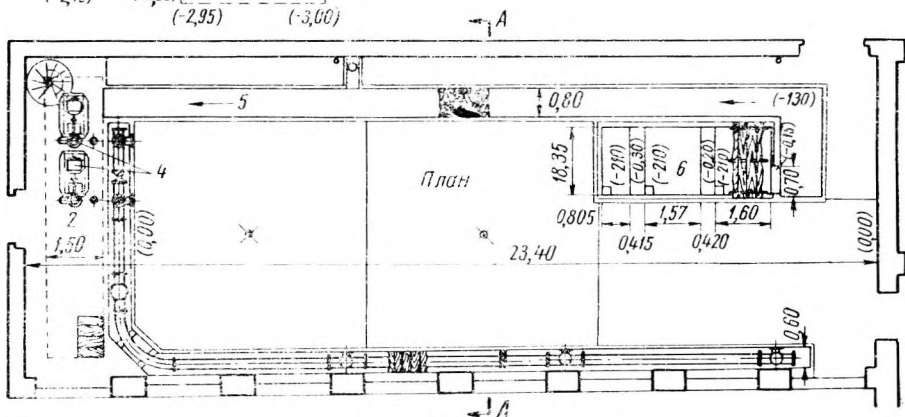


Рис. 24. План и размеры павильона Отделения низких давлений

- 1—напорные баки; 2—запасной резервуар;  
3—насос; 4—насосы; 5—коллектор; 6—та-  
рировочные резервуары.



риментальным стендам и установкам от магистрального трубопровода отходят три Т-образных стояка с задвижками. Пополнение запасов и смена воды в резервуарах происходит из городского водопровода.

Пол и стены обоих залов покрыты гидроизоляционным материалом, полам придан уклон от середины к стенам. Поэтому можно проводить опыты со струями воды, выходящими из различных насадок, не опасаясь разрушения стен и полов.

Отделение низких давлений располагает разнообразной измерительной аппаратурой. Кроме обычных расходомеров и уровнемеров в лаборатории имеется щит с дифференциальными манометрами,

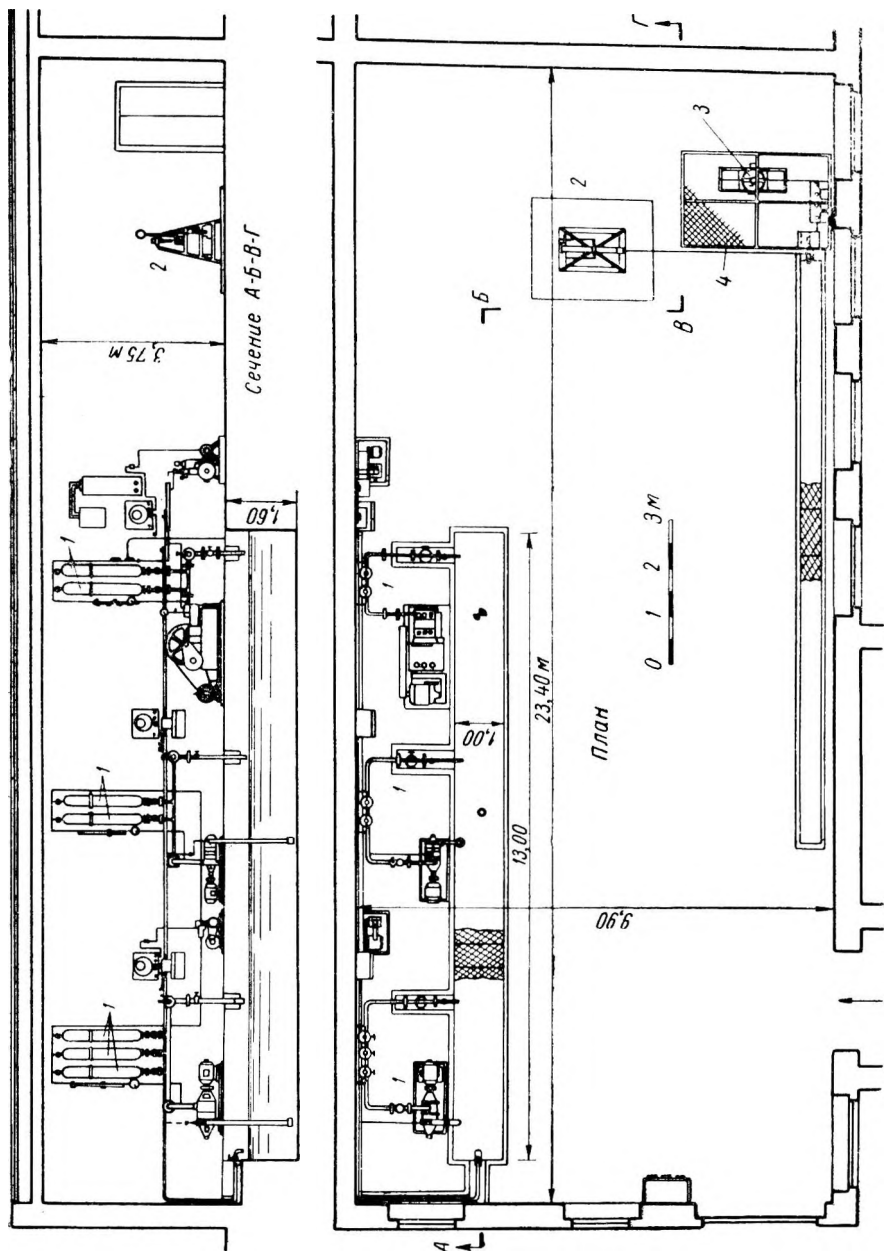


Рис. 25. План и разрезы павильона Отделения высоких давлений насосы; 2—стенд для испытания гибких труб; 3—насос высокого давления; 4—защитная решетка; 5—лоток для испытания насадок.

переносные щиты с пьезометрами, переносные водосливы Томпсона и Вольтмана.

Наладка и тарировка всего оборудования заняла почти два года, затем помещения лаборатории были заняты немецкими войсками, которые перед своим уходом сильно разрушили как само помещение, так и оборудование. Нормальной работой Отделение низких давлений смогло заняться лишь в 1951 г., после окончания восстановительных работ.

Как указывалось выше, решение о создании Отделения высоких давлений было принято в 1953 г., а к концу пятидесятых годов работы по оборудованию этого отделения были завершены.

Отделение высоких давлений расположено в специальном зале (площадь 232 м<sup>2</sup>, ширина 9,9 м, длина 23,4 м). Стены и пол зала покрыты метлахскими плитками и гидроизолирующим составом, что позволяет испытывать пожарную аппаратуру и приборы непосредственно в помещении, не опасаясь фильтрации воды в соседние комнаты. Для обеспечения оттока воды полу придан уклон от центра к стенам, вдоль которых проложены сборные канавки (рис. 25).

В зале установлено три группы насосов.

**Характеристика насосов Отделения высоких давлений**

Х» группы	Количество насосов	Производительность одного насоса, л/сек	Напор, м	Мощность электромотора, квт	Количество баллонов со сжатым воздухом	Тип насоса
1	1	8-12	12-8	20	3	Центробежный
2	1	4-6	20-14	15	0	-
3	1	1	100	18,5	2	Поршневой горизонтальный

Под полом зала у стены, где расположены группы насосов, находится резервуар для воды емкостью 20 м<sup>3</sup>. Пополнение запасов воды в резервуаре происходит непосредственно от городского водопровода, от которого подается вода и на отдельные установки лаборатории.

В зале установлены два стенда. На одном из стендов проводятся исследования струи, вытрасываемой из брандспойтов различной формы и под различным давлением. Кроме того, на этом же стенде проводятся исследования по определению слоя осадков, выпавших из брандспойтов на определенную площадь и равномерность распределения слоя по этой площади.

На другом стенде изучаются вопросы водопроницаемости отдельных элементов противопожарного оборудования при больших

давлениях воды (гибкие шланги, огнетушители, соединительные муфты и пр.).

Научная деятельность Гидравлической лаборатории Пожарной школы слишком специфична и не выходит за пределы сравнительно узких задач, о которых было сказано выше.

Возможность исследовать различную аппаратуру при напоре до 100 м открыла перед лабораторией большую область сравнительно мало изученных еще вопросов, а именно: распыления струи, создания равномерного дождя, тумана из водяной пыли и т. п. К сожалению, сведений о результатах проводимой в лаборатории работы авторы не имеют.

В настоящее время Лаборатория совместно с Миланским политехническим институтом проводит экспериментальное исследование по определению потери напора в гибких трубопроводах с зависимости от упругих деформаций, свойственных таким трубопроводам.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Приведенные описания гидравлических лабораторий Италии неодинаковы как по объему, так и по содержанию в них фактического материала. Такая неравномерность материала объясняется тем, что многие интересующие нас данные не публикуются в доступной для авторов литературе. Однако анализ материалов, приведенных в настоящей брошюре, позволяет сделать следующие выводы.

1. Тематика общетеоретических проблем гидравлики и гидромеханики, являющихся предметом исследований гидравлических лабораторий Италии, отражает те задачи, которые ставит перед исследователями современное гидротехническое строительство:

а) исследование гидравлического режима на высоконапорных сбросных сооружениях (шахтные водосливы, донные водосбросы, напорные деривационные тоннели и т. п.);

б) исследование рассеивания гидравлической энергии потока в нижних бьефах высоконапорных сооружений;

в) исследование высокоскоростных аэрированных потоков;

г) изучение гидравлики двухфазных жидкостей (вода+твердая фаза);

д) изучение неустановившегося движения открытых потоков, в частности, изучение деформаций речного русла в результате пусков воды из бассейнов суточного регулирования, из крупных водохранилищ и в строительный период, когда русло стеснено перемычками;

е) исследование морских волн и их воздействие на портовые сооружения;

ж) конструирование новых измерительных приборов и аппаратуры.

2. Организация и методика экспериментальных исследований в гидравлических лабораториях Италии имеет следующие особенности:

объединение в одной лаборатории различных по своим целям работ: учебной, теоретической и практической (такое объединение позволяет использовать в полной мере оборудование, квалифицированных специалистов и иметь вспомогательный состав из числа аспирантов и студентов);

хорошая оснащенность лабораторий приборами, аппаратурой и специальным оборудованием;

применение для строительства моделей новых пластических материалов и тщательное изготовление самих моделей;

проведение исследований на крупномасштабных гидравлических моделях (фрагментов сооружений в масштабах 1:5—1:10, гидроузлов в масштабах 1:30—1:40, речных русел и акваторий портов—1:50—1:100) с использованием на открытых площадках больших расходов воды;

значительный объем натурных исследований, проведение которых предусматривает размещение на строящемся объекте необходимой измерительной аппаратуры по проектам лаборатории;

широкая публикация результатов научной работы в специальных выпусках, в периодической печати и в докладах- научных съездах и конференций.



## ЛИТЕРАТУРА

1. Notizie sull'organizzazione e sull'attività dal 1942 al 1964, Istituto di Idraulica e Costruzioni Idrauliche del Politecnico di Milano. 1964. Milano.
2. L'Istituto di Idraulica e Costruzioni Idrauliche del R. Politecnico di Milano e il Centro Lombardo di Ricerche Idrauliche del Consiglio Nazionale delle Ricerche. "L'Energia Elettrica" 1941, N 5, Milano.
3. Il Centro Lombardo di Ricerche Idrauliche, Attività svolta durante gli anni 1941 — 1961, Estratto da „La Ricerca scientifica”, Roma, 1943—1963.
4. Memorie e studi dell'Istituto, Elenco dei fascicoli pubblicati dal 1932, Istituto di Idraulica e Costruzioni Idrauliche del Politecnico di Milano, 1957, Milano.
5. L'inizio del funzionamento del nuovo Laboratorio di idraulica del Politecnico di Milano, "L'Energia Elettrica", N 6, 1939.
6. Impianto sperimentale idraulico di Voltabarazzo, "Giornale del Genio Civile", N 3, 1957.
7. Notice concernant le laboratoire de l'Institut d'Hydraulique de l'Université de Padoue (Italie), 1964.
8. Le Laboratoire d'Hydraulique de l'Université de Pisa (Italie), 1964.
9. Franco Sassoli, Trasporto solido nelle correnti in pressione, anche con concentrazioni notevoli, "Acqua", N 6, 1963.
10. Vincenzo Marini, Processi di efflusso su traverse a tetto, "L'Energia Elettrica", N 2, 1957.
11. Franco Sassoli, Ricerca sperimentale sugli sfioratori laterali in canali a sezione circolare, VIII Congresso di idraulica, Pisa, 1963.
12. Franco Sassoli, Di un particolare tipo di sifone autoinnescante a carico variabile, "L'Energia Elettrica", N 9, 1961.
13. Corrado Ruggiero, Un type particulier de brise-lame pour la defence cotiere, IAHR Congress, London, 1963.
14. Michele Auterio, Distribuzione delle pressioni sulle traverse a tetto, VIII Convegno di idraulica. Pisa, 1963
15. Ferdinando Paderi, Sulla chiamata di sbocco in canale a fondo acclive, "L'Energia Elettrica", 1959, N 10, Milano.
16. Ferdinando Paderi, Misuratore di portata a chiamata di sbocco, Atti del V° Convegno di Idraulica, Torino, 1957.
17. Ignazio Melisenda, Il Laboratorio di Idraulica dell'Università di Palermo e le sue ricerche "L'Energia Elettrica", N 4. 1964.
18. Istituto di Idraulica dell'Università di Palermo, Elenco delle pubblicazioni, Palermo, 1963.
19. Mario Marchetti, Il Laboratorio d'Idraulica delle Scuole Centrali Antincendi in Roma. "Vigili del Fuoco", N 8, 1943.
20. Mario Marchetti, Il Reparto Alta Pressione del Laboratorio d'Idraulica Anticendi in Roma, "Anticendio e protezione civile", N 34, 1961.

Цена 21 коп.

