

K-63

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА СССР
ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА
ГИПРОВОДХОЗ

Международная Комиссия
по Ирригации и Дренажу

III Конгресс - Вопрос 7 - Доклад I8

Ильто С.Д.Сезар Бланко
де Кордова

Облицовка каналов

Москва 1958г.

ОБЛИЦОВКА КАНАЛОВ

Ильмо Со. Л. Сэзар Бланко де Кордова

/ Испания /

КРАТКИЙ ОБЗОР

Орошение в Испании применяется с давних времен, восходящих к периоду римского владычества. Продолжая эти давние традиции, современные испанские инженеры стремятся к полному использованию водных ресурсов страны, чему благоприятствуют климат и почвы Испании, а также наличные возможности регулирования стока. Оценка этих благоприятных факторов содержится в приложениях 1, 2 и 3.

Выбор облицовки канала производится с учётом гидрогеологических и гидравлических условий его работы. В приложении 4 приводит расчётные данные, связанные с этими условиями. Приложение 5 устанавливает наиболее благоприятные соотношения размеров поперечного сечения канала.

Облицовка каналов производится в целях защиты их от фильтрационных потерь и от размыва. Автором рассматриваются основные требования, предъявляемые к противофильтрационным и противозерозионным облицовкам со ссылками на хорошо известные и обследованные сооружения, особенно на несколько примеров имеющих в Испании старинных сооружений.

В старину облицовка производилась исключительно из каменной кладки, причем последняя выполнялась из бутового, булыж-

ного /из известковом растворе/ или тесаного камня, или из кирпича. Обнаружено, что облицовка эта на устойчивых грунтах работает хорошо, даже при плохих условиях содержания, а иногда и при полном отсутствии ухода за ней.

Всегда успешно, даже при неустойчивых и меловых грунтах, применялись кирпичные облицовки, толщиной 14 см с покрытием из цементного раствора.

Изоляция меловых грунтов путем облицовки подсыпок из отобранных грунтов дает лучшие результаты, чем непосредственная облицовка меловых грунтов.

При наличии подходящих материалов, весьма рекомендуются каменные облицовки: они экономичны, содержание их просто, но они хороши при глинистых или песчано-глинистых подстилающих грунтах.

Современные бетонные облицовки при тщательном их выполнении всегда дают удовлетворительные результаты на устойчивых грунтах, которые должны быть также однородными, вне зависимости от толщины облицовки /8-10 см/. Прочность облицовки можно понизить, уменьшая ее толщину за счет улучшения качества.

Все неудачи, не зависящие от качества бетона, определяются особенностями подстилающего грунта, плохой его подготовки и от промерзания на глубины более 10 см.

Нужно соблюдать непрерывность и единообразие сопряжения облицовки с грунтом. Поэтому, где только возможно, следует применять стыки без несущих обсадок.

Сборная облицовка из готовых секций, воспроизводящих полное сечение канала, применяется на второстепенных каналах небольших размеров, слегка приподнятых над местностью. Для выемок она не рекомендуется, так как здесь предпочтительнее выполнять сплошную бетонную облицовку, сооружаемую на месте.

Сборная облицовка каналов среднего сечения требует вертикальной и горизонтальной стыковки; она дает положительные результаты на устойчивых грунтах, но не лучше, чем монолитная бетонная облицовка, выполняемая на месте, и дороже последней.

Асфальтовые облицовки в испанских гидротехнических сооружениях не находят применения: облицовки тяжелого типа не имеют преимуществ перед бетонными, более дороги и менее долговечны; облицовки же легкого типа плохо выдерживают климатические условия.

ОБЩИЕ СООБРАЖЕНИЯ

Важность рассматриваемого вопроса для ирригации в Испании

Облицовка оросительных каналов в Испании имеет большое значение и длительную историю.

В древности большинство построенных каналов предназначалось для орошения. Народы, их цивилизация и каналы, пересекающие их земли, насчитывают тысячи лет существования.

Римляне высоко зарекомендовали себя постройкой облицованных водоводов. Они создали ряд гигантских сооружений подобного рода. Разительные примеры их имеются в Испании в виде акведуков в Сеговии и Мериде / первое столетие /.

Испания является одной из стран, в историческом прошлом которых имеется длиннейший ряд попыток сохранения плодов земледельческого труда, составляющих основу нашего существования, путем строительства гидротехнических сооружений — водохранилищ, каналов, акведуков. История водного хозяйства имеет такие вехи, как действующее до настоящего времени водохранилище Прозерпины /I-й век/, орошаемые сады Кастилии и Валенсии, заложенные при римлянах, расширенные в период вестготского и завершенные в период арабского господства. К этим сооружениям принадлежат также ирригационные системы долин Кордовы и Гранады /9-14 века/, арочная плотина в Альмансо /14-й век/.

плотина Реллэ /15-й век/, плотина Тибби /16-й век/, Кастильский и Императорский Арагонский каналы, последний из которых начал обводнять земли вблизи реки Эбро, начиная с 1529 года. Так называемый "Хуэрта антигуа" - "Старый сад" - в Аранхуэзе /провинция Мадрид/, от которого берут свое начало знаменитые сады этого королевского поместья, относится к 1580 году.

Имея такие исторические традиции, Испания в настоящее время находится в передовых рядах по сооружению современных гидротехнических сооружений. Иригационному строительству в Испании благоприятствует также наличие всех необходимых для развития сельского хозяйства природных условий - водных, климатических и почвенных.

Климат всего средиземноморского побережья и умеренно низких долин Гвадалквивира и Эбро относится к южному типу; в некоторых частях этих областей, на юге и востоке, наблюдается почти полное отсутствие заморозков, а число солнечных дней в году чрезвычайно велико. Это подтверждается графиками, помещенными в приложении I, которые составлены на основе статистических данных за 1901-1950 годы и изобар, относящихся к 10-летнему периоду.

В наиболее солнечных районах солнце светит в течение 3000 часов в году, а в наиболее облачных - более 1700 часов; на большей части Испании имеется 2500 солнечных часов в году.

Вода имеется в изобилии, но распределена она неблагоприятно / для орошения/, вследствие наличия горных систем, окружающих речные долины: в Пиринеях / долина Эбро/ и Пенибетиских горах / долина Гвадалквивира/ имеются вершины высотой более 3400 м; в Кантабрийской горной цепи / долина Миньо/ есть вершины высотой более 2600 м, так же как в центральной системе / долины Дуэро и Тахо/; вершины, близкие к 2300 м, имеются и в Иберийских горах /долина Хукаро/.

Дожди выпадают неравномерно, что является результатом орографического строения страны и направления ветров, дующих с Атлантики. Наблюдается цикличность засушливых и влажных лет, причем величина цикла равняется 7-9 годам / данные наблюдений приведены в приложении 2/. При таких условиях мы вынуждены улучшать водный режим путем создания водохранилищ, из числа которых 138 закончены и действуют, а 41 находится в стадии строительства. Общая емкость построенных и строящихся водохранилищ составляет соответственно 10719 и 9519 млн. куб. м. Это дает возможность довести в ближайшее время суммарный объем водохранилищ Испании до 20238 млн. куб. м / средний зарегулированный объем 15000 млн. куб. м в год, см. приложение 3, таблица У/.

Наряду с этими возможностями имеется 1550 тыс. га освоенных орошаемых земель и 861 тыс. га, орошение которых предусмотрено последним планом гидротехнических работ. Таким образом, в ближайшем будущем общая площадь орошения составит 2411 тыс. га / приложение 3, таблица У1 /.

Уже построенные магистральные и второстепенные ирригационные каналы имеют общую протяженность 5135 км. Эта длина увеличится до 7236 км, когда начнет орошаться вся указанная выше площадь в 2411 тыс. га / приложение 3, таблица У1 /.

Обзор изложенных выше данных о водных ресурсах и пригодных для поливного земледелия площадях ясно показывает, насколько важен для Испании вопрос облицовки оросительных каналов и почему ему здесь издавна уделяется максимальное внимание.

▶
Основное назначение облицовки и необходимость
заботы об ее сохранности.

В общей стоимости каналов расходы на облицовку являются наиболее дорогостоящей статьей. К облицовке прибегают с целью предотвращения недостатков, присущих необлицованным каналам:

потерь воды на фильтрацию и размыва каналов водой. Конструкция облицовки зависит от того, какое из упомянутых выше требований к ней предъявляется.

Облицовка подвержена воздействию ряда факторов, которые всегда сокращают срок ее работы, а иногда ведут к раннему ее разрушению. Одной из основных задач является борьба с растительностью, которая появляется в стыках, с заилением недостаточно быстро текущей водой, с осмыливанием гальки с необлицованных берегов, насыпей и т.д. / см. фото таблицы I и II, Королевский канал Харама и канал Хенарес/. Облицовке должны быть приданы качества, защищающие ее от размывающего действия текущей воды / таблица фотографий I/, от трещин, появляющихся в результате температурных колебаний, переменного воздействия солнца или увлажнения и высыхания, чему благоприятствуют плохое качество облицовки или несоответствие ее местным условиям. Облицовка должна быть также защищена от грунтовых вод, если они агрессивны по химическому составу. Поэтому, необходимо тщательное изучение гидрогеологических условий основания облицовки и режима работы канала / таблицы фотографий III и IV/.

Влияние геологических условий на размещение трассы канала

Облицовка канала не должна рассматриваться проектировщиком изолированно. Напротив, он должен подходить к ней как к одному из основных вопросов. Вся работа на местности, предшествующая проектированию оросительной системы, должна исходить из основной цели — изыскания наилучшего пути для наиболее полного и выгодного использования имеющихся водных ресурсов. Поэтому, если решено часть или всю систему каналов строить с облицовкой, то необходимо изучить, как обеспечить ее сохранность во всех случаях.

Наряду с соображениями устойчивости и долговечности облицовки, должна приниматься во внимание и ее экономичность, однако ни в коем случае не в ущерб ее прочности и долговечности.

Проектировщик никогда не должен забывать, что ему может быть придется выполнять работу по строительству системы, а возможно будет поручена ее эксплуатация, или, по крайней мере, ремонт во время эксплуатации. При выборе трассы канала он должен избегать мест, затопляемых паводками естественных водотоков или таян, на которых химический состав грунта может привести к разрушению облицовки. Насколько это возможно, следует избегать оползней или тех грунтов, которые могут начать оползать в результате неизбежной фильтрации воды как из канала, так и из близлежащих почвенных слоев.

При проектировании участков канала, расположенных на весьма сыпучих песчаных грунтах, при отсутствии поблизости более устойчивых грунтов, следует по мере возможности избегать насыпных дамб. С другой стороны, на грунтах с переменным химическим составом, канал должен проходить в насыпных берегах, образованных устойчивой землей, доставленной с участков, где имеются грунты лучшего качества. При этом формирование банкетов канала должно производиться с предосторожностями, обеспечивающими их устойчивость. Эти предосторожности состоят в уплотнении, облегченной облицовке и устройстве дренажа у подошвы насыпей. Иногда, для того, чтобы сократить очень обильную фильтрацию из канала, изменяют принятое его сечение с целью понижения наполнения канала. Наконец, инженер, проектирующий ирригационную систему, должен знать и "чувствовать" геологию местности, а в случае сомнения — запросить совета эксперта-геолога.

Такая осторожность предотвратит многие неудачи, которые, хотя обычно и могут быть исправлены, но всегда связаны с расходами, зачастую весьма значительными, потому, что приходится

в разгаре эксплуатации выключать целые участки каналов /см. пояснения к таблицам фотографий III и У, относящихся к каналам Эстермера и Хараша/.

Размыв и заиление, их ограничение

Изучение оптимальных скоростей течения имеет большое значение для предотвращения размыва или заиления. Для проведения подобных исследований мы должны определить границы скоростей, между которыми указанные явления происходят: верхнюю границу, за которой возникает риск размыва облицовки канала и нижнюю границу, за пределами которой начинают оседать взвешенные в воде наносы / тонкие частицы/.

Наблюдения Скобея показали, что если текучая вода нормально проносит взвешенные частицы, то допустимая неразмывающая скорость течения для нее будет выше, чем для чистой воды. Исследования, проведенные в Университете Айовы, позволили вывести формулу для определения неразмывающих скоростей течения, как функции размера частиц, начинающих двигаться; эксперименты же, проведенные Кеннеди в Индии и Египте, позволяют нам определять минимальные допустимые незаиляющие скорости течения / приложение 4, таблица фотографий I/.

Кроме максимальной и минимальной скоростей течения, нужно знать коэффициенты шероховатости, соответствующие каждому виду облицовки. Эти данные требуются для гидравлического расчета каналов с учетом предложений и выводов по этому интересному предмету, сделанных на II-м Конгрессе по ирригации и дренажу. Необходимость облицовки откосов канала до полной их высоты, или только до верхней отметки уровня воды, зависит от характера его колебаний и капиллярных свойств грунтов, образующих берега канала / таблица фотографий 1, рис. I-4/.

Фильтрация воды из каналов

Температуры воды и грунта, влияющие на вязкость воды, вызывают большее проникновение воды через облицовку летом, чем зимой; но колебания эти чрезвычайно малы. Чистота воды имеет большое значение для степени инфильтрации: загрязненные воды со взвешенными коллоидными наносами уменьшают фильтрацию, отлагая на смоченную поверхность канала частицы этих наносов, которые заиливают ее и делают водонепроницаемой / таблица фотографий I, рис. 4 /.

Изучение вопроса потерь воды на фильтрацию, в предположении, что грунт, на котором уложена облицовка, совершенно устойчив, и все осложняющие обстоятельства отсутствуют, представляет большой интерес для инженеров-проектировщиков и строителей и должно проводиться в лабораториях и на опытных участках построенных каналов. Повсюду и всегда, начиная с самого возникновения ирригации, озабоченность, которую вызывали фильтрационные потери, изменялась пропорционально дефицитности наличных водных ресурсов. Уже в 1907 году д-р Элвуд Мид, разбирая проблемы орошения в Соединенных Штатах, указывал, что потери воды на фильтрацию являются не только потерями, но и причиняют тяжелый ущерб, насыщая водой подпочвенные горизонты, затопляя корни деревьев и травянистых растений и вымывая питательные вещества из поверхностных слоев почвы. В 1913 году другой инженер, И.Г. Хопсон высказал мнение о необходимости издания закона, обязывающего облицовывать каналы для устранения фильтрационных потерь. В 1946 году Бюро мелиораций США ^{x/} произвело измерения фильтрационных потерь на одной из ирригационных систем Соединенных Штатов и определило, что в пути теряется 23 процента проходящей по каналам

^{x/} U. S. Bureau of Reclamation.

воды; на некоторых же системах величина этих потерь достигла ² 35 процентов.

Либерализм, с которым Испанское государство предоставляет помощь лицам, использующим воду для орошения, независимо от того, организованы ли они в общества водопользователей или нет, основывается на принципе оптимального использования водных ресурсов, провозглашенном и закрепленном в Испанском Водном Законе от 13 июня 1879 года.

В соответствии с произведенными М. Интхемом экспериментами, фильтрация выражается функцией, прямо пропорциональной корню квадратному из глубины наполнения и от длины водотока. Девис и Вильсон считают, что эти потери должны быть прямо пропорциональны корню кубическому из указанной глубины и смоченному периметру, а также обратно пропорциональны корню квадратному из средней скорости течения. Влияние скорости течения, как видно из формулы Девиса / приложение 4/, очень мало.

С другой стороны, следует принять во внимание влияние самого грунта и профиля канала. Если просачивающаяся вода, увлажняя грунт, на котором уложена облицовка, может посредством капиллярности достигать испаряющей поверхности, то величина потерь будет зависеть от большей или меньшей легкости, с которой это явление будет происходить.

Экспериментальные исследования на типичных облицовках показали, что большинство видов облицовок обладают низкой проницаемостью, со скоростью фильтрации около 3 см в год. Факторы, препятствующие сохранности облицовки, увеличивают ее проницаемость. С другой стороны, проницаемость изменяется /увеличивается или уменьшается/, в зависимости от погоды. Если облицовка имела с самого начала высокую проницаемость, то последняя останется постоянной или увеличится; облицовки же с низкой начальной проницаемостью, с течением времени еще более понижают ее или сохраняют ее без изменения. Это явление в облицовках с довольно низкой проницаемостью можно объяснить только заиливанием.

ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ МАТЕРИАЛЫ И РАЗЛИЧНЫЕ ВИДЫ ОБЛИЦОВОК

Наиболее просто облицовки классифицировать по назначению, разделяя их на противофильтрационные и противозерозионные.

Облицовка, согласно определению, является защитой от фильтрации или от размыва, но сама она не представляет собой устойчивой и прочной конструкции. Поэтому необходимо принять некоторые меры предосторожности, чтобы обеспечить ее сохранность. Для предотвращения трещин, очень жесткая бетонная облицовка должна иметь такое же жесткое основание. С другой стороны, легкая и гибкая облицовка может следовать за небольшими деформациями подстилающего грунта, если это приспособление облицовки к просадкам грунта остается в разумных границах, а границы эти меняются с учетом особенностей выбранного типа облицовки. Однако использование легких и гибких материалов, применимых без очень жесткого основания, выдвигает другие проблемы, как например, предохранение облицовки от деформации или оползания ее к подошве откосов. Для предотвращения этого заложение откосов должно быть уменьшено. Надо также устранить прорастание растительности, которая через легкие облицовки пробивается легче, чем через более тяжелые. Поэтому, грунт должен быть очищен каким-либо из известных способов обработки. Наконец, для сохранности поперечного сечения канала и покрывающей его облицовки, нужно позаботиться о необходимом уплотнении подстилающего грунта.

С целью последовательного изложения предмета, типы облицовки сгруппированы ниже по роду материалов, используемых при их сооружении:

а/ Каменные облицовки, сооружаемые из бутового камня, тесовой кладки и из кирпича.

б/ Битумные облицовки, выполняемые в виде открытых и скрытых битумных экранов, облицовок из холодного и горячего асфальтобетона и облицовок из битуминозных тканей.

в/ Бетонные облицовки обычного типа из цементного бетона со стыками, или без них, тяжелого и легкого типов.

г/ Сборные облицовки, образуемые из сборных бетонных деталей или из сборных деталей, изготовленных из любых других материалов, пластикатов и т.д.

д/ Торкретные облицовки, сооружаемые по установленным правилам торкретирования с нанесением торкрета непосредственно по грунту или по какому-либо другому материалу.

е/ Земляные облицовки, выполняемые посредством уплотнения грунта, путем его наружной химической обработки или инъекции какими-либо химикатов, вяжущих веществ и т.д.; облицовки из привозных грунтовых покрытий, бентонита, монтмориллонитовых глин или смесей грунта и цемента, грунта и смол и т.п.

Ниже приводятся данные по облицовкам, выполненным в Испании Строительными управлениями, по старым облицовкам и, особенно, по облицовкам в районах орошения, в бассейне Тахо. Данные эти относятся преимущественно к типам облицовок, указанным в четырех первых пунктах приведенного перечня.

КАМЕННЫЕ ОБЛИЦОВКИ /СТАРЫЕ /

⁴
Облицовки из бутового камня. Долговечность их сомнительна, и, поэтому, они должны применяться там, где имеется в изобилии основной строительный материал - камень. Их сооружение протекает медленно, и стоимость рабочей силы является основной статьей расходов, так как работы по устройству облицовки откосов и дна канала производятся вручную. Однако эта облицовка дала очень хорошие результаты при низкой стоимости на канале Хенарес / Гвадалахара/, где ею покрыто свыше 30 километров

магистрального канала и 100 километров второстепенных каналов.

Облицовка располагается здесь на глинистом грунте с тенденцией к вспучиванию, вызывающему выпячивание облицовки. Поэтому требуется чтобы облицовка не была ^{очень} жесткой и могла следовать за подвижками грунта, защищая его от размывающего действия воды и от разрушений, производимых переменным увлажнением и высыханием. Водонепроницаемой облицовки здесь не требуется. Откосам придано заложение 1:1. Камень, после укладки его на грунт, закреплялся легкими ударами молотка. После этого производилось только грубое соединение цементным раствором, который набрасывался мастерком или порою просто наносился густой кистью. Облицовка, сооруженная в 1930 году, имеет вид, показанный на фотографиях 1-4 таблицы I. Её содержание просто, а устранение повреждений несложно. Повреждения эти возникают только в результате деятельности корневой системы растений, которые, появляясь местами, ослабляют облицовку при очистке канала.

Вода, содержащая минеральные взвешенные наносы, откладывает их в неровности облицовки в виде слоя, образующего как бы одежду, и сообщает облицовке водонепроницаемость и связь с грунтом. Это явление можно наблюдать на фотографиях 3-4 таблицы I.

Стоимость такой облицовки в 1930 году составляла пять пезет за кв.м, сейчас она достигает двадцати пезет.

Облицовка из тесаного камня в настоящее время почти полностью оставлена, потому что она дорога и требует много времени для строительства.

Когда карьер находится в самой выемке канала, стоимость такой облицовки может равняться стоимости облицовки из бетона / каналы Розарито, показанные на фототаблицах IУ и УШ/. На старых каналах, с облицовками этого типа, часто встречаются откосы с заложением 1:5 и 1:10 в превосходно сохранившемся состоянии. Рис 5 и 6 фототаблицы I и фототаблицы II изображают

каналы, облицованные карьерным известняком или бутовой кладкой; они действуют и в настоящее время. Облицовка относящегося к 16 веку канала в "Старом саду", который сейчас называется "Садом инфанта" /Аранхуэс, провинция Мадрид/, весьма интересна. Интерес представляют также фотографии, показывающие часть построенного в 1740 году Королевского канала Харамы /Мадрид/, а также канала Хенарес /Гвадалахара/, относящегося к 1865 году. В качестве исторического примера в этой же таблице приводится вид конструкции, сооруженной в канале Тахо Дайк /Мадрид/. Автором ее является знаменитый архитектор Хуан де Херрера, который спроектировал великолепный монастырь Эскури^аль. Изображенный на рисунках лоток для переброски ручья облицован плитами из тесаного камня, скрепленными металлическими скобами /1584 г./

Толщина облицовки этого типа сильно варьирует и зависит от давления грунта. На вышеупомянутых каналах Харамы и Хенарес, прорытых в гравийных и глинисто-песчаных грунтах, толщина облицовки колеблется в пределах от 30 до 40 см.

Кирпичная облицовка весьма широко использовалась и используется в Индии, где рабочая сила очень дешева, а материалы, необходимые для других типов облицовки, дороги. Канал Хавели в 1937 г. был покрыт двуслойной облицовкой из кирпича нормальных размеров и толщиной 6,3 см, общая толщина облицовки вместе с прокладкой из цементного раствора между двумя слоями кирпичной кладки, составила около 13 см. На Нижнем Рио Гранде применялись также но кирпичи меньшей толщины, равной 3,8 см; в этом случае облицовка была дополнительно покрыта цементным раствором, толщиной 6 мм.

Облицованные таким способом каналы хорошо работают, и этот тип облицовки очевидно весьма пригоден для небольших каналов. В Испании имеются облицовки этого типа, возведенные

по откосам 1,35:1 на гравийных, песчаных и глинисто-песчаных грунтах. Например, на Королевском канале Харама /Мадрид/, наряду с другими видами, имеются облицовки из пустотелых и из сплошных кирпичей нормального размера, выполненные этим способом / 14 см толщины/; облицовка покрыта слоем раствора толщиной 6-7 мм. Наиболее поздняя облицовка этого типа была сооружена в 1925 году с каменными обвязками, фиксирующими поперечное сечение канала через каждые 50 м. Состояние этих облицовок в настоящее время хорошее / таблица фотографий III/.

Кирпичные облицовки практически не подвержены влиянию температурных изменений; их коэффициент усадки вдвое меньше, чем у бетона и торкретбетона. Далее, наличие трещин, возникающих при обжиге кирпича, а также многочисленность швов обеспечивает получение сплошной облицовки, в которой устранены недостатки. С другой стороны, для сооружения кирпичных облицовок не нужно никаких специальных строительных приспособлений, и применение этого типа конструкций показано там, где в изобилии имеется дешевая рабочая сила, а также близко расположенные и легко доступные для изготовления кирпича глинистые и песчаные грунты. На III-й таблице фотографий видно, что эти облицовки хорошо выглядят после 35-летней службы.

БИТУМНЫЕ ОБЛИЦОВКИ

Этот вид облицовок применялся с самых отдаленных времен. Исторические упоминания о них относятся примерно к X столетию до нашей эры, когда по преданиям "иудейский битум" использовался в Вавилоне и на берега Нила. В поисках долговечных и недорогих облицовок в наше время проводились эксперименты во многих странах мира, среди которых опыты, выполненные в Соединенных Штатах с 1947 года, являются наиболее важными.

При помощи битумных продуктов можно достигнуть желательной степени непроницаемости облицовок, используя те качества

этих продуктов, которые отвечают требованиям каждого конкретного случая. Делая тонкие мембраны, можно достигнуть водонепроницаемости при низких строительных затратах. Битумные облицовки могут быть применены во всех случаях и при всех обстоятельствах, благодаря разнообразным качествам имеющихся битумных материалов.

На результаты применения этого вида облицовок решающее влияние оказывает подготовка подстилающего грунта. Асфальтобетон требует довольно плотного грунта, в то время как мембрана, как погребенная, так и всякая другая, может быть уложена на более мягкий грунт. Облицовка должна быть также предохранена от осадки или смещения по откосу под влиянием собственного веса. Поэтому её следует применять на пологих откосах/ с заложениями порядка 2:3 - 4:7/, которые вообще говоря, приближаются к естественному откосу грунта. Другой проблемой является борьба с прорастанием растительности через облицовку, которая легко пробивается растениями. С этой целью грунт должен быть стерилизован обычными химикатами.

В Испании нет достаточного опыта устройства открытых битумных экранов, а также и погребенных мембран, так как все материалы, применяемые для их изготовления и укладки, являются дефицитными и неэкономичными. То же можно сказать про различные битумы SC, MC и RC ^{X/}, употребляемые в качестве стабилизаторов грунта, а также относительно битумов Суфле и диатомовой земли, с которой они должны быть смешаны при температуре 60°C для предотвращения размягчения. Процесс, который связан с использованием между двух слоев, или покрытий, специального продукта в количестве до 7-8 литров на кв.м, повышает стоимость настолько, что исключает применение этого способа, по крайней мере, в настоящее время. Кроме того, открытые экраны деформируются под влиянием сильных изменений температуры; постоянное воздействие солнца на сухой канал разрушает их, так же как и прогон

по нему смета, что часто является неизбежным/. Все эти разрушительные влияния в климатических и почвенных условиях Испании действуют совместно, наряду с дороговизной, и делают попытки применения этого вида облицовок нецелесообразными.

Тем не менее, проводятся опыты с горячим асфальтобетоном, подобным тому, который используется для дорожных покрытий / в устройстве которых мы уже имеем известный опыт/, с некоторым приспособлением его к специфическим особенностям и задачам облицовок каналов. В настоящее время асфальтобетонные облицовки конкурируют с облицовками из обычного бетона и, как при всякой конкуренции, каждый из этих видов покрытий имеет свои преимущества и недостатки.

Преимуществом асфальтобетона является его способность в течение длительного времени сохранять гибкость и применяться к подвижкам грунта. Укладка его несложна. Любой дефект или повреждение легко исправляется, благодаря способности асфальтобетона настолько хорошо соединяться со старой кладкой, что нередко ямочный ремонт обычного бетона производится битумными видами бетона. Эти преимущества асфальтобетона снижаются его меньшей стойкостью против эрозии, меньшими допустимыми скоростями течения и разрушением от старения.

Стоимость обоих видов бетона — обычного и битумного — можно сравнивать, но в Испании обычно применяется первый из них, поскольку здесь имеется местный дешевый цемент хорошего качества, в то время как битум приходится импортировать, благодаря чему применение его оказывается дорогим. Поэтому к битумным облицовкам прибегают только в специфических случаях, когда другие виды их оказываются мелопригодными. Результаты практического применения битумных облицовок до настоящего времени не были особенно хорошими — возможно из-за того, что трудно получить как раз тот вид

битума, который требуется в каждом отдельном случае, а может быть и благодаря отсутствию надежного специального оборудования для его разогрева, обработки, укладки и разравнивания.

Необходимый состав асфальтобетона зависит от грунта, на котором он укладывается. Если по характеру грунта бетон этот должен быть водонепроницаемым, то гранулометрический состав его минеральной части делается по возможности плотным, а содержание битума — достаточно высоким для того, чтобы отвечать поставленным условиям. Если основной задачей облицовки является ее неразрываемость и если желательно, чтобы она была несколько пористой, потому что подстилающий грунт очень глинистый, и следует опасаться взвешивающего давления на облицовку при незаполненном канале, то асфальтобетон по гранулометрическому составу инертных должен быть более пористым, а по содержанию битума — более бедным. Нормы, которых следует придерживаться, должны быть для каждого конкретного случая определены опытным путем на основе лабораторных испытаний имеющихся материалов.

Повреждения построенных нами экспериментальных облицовок объясняются, с одной стороны, слабостью подстилающего грунта, которая вызывала деформации и оползни, а с другой стороны, воздействием растительности, прораставшей сквозь облицовку. Стоимость асфальтобетонной облицовки несколько выше стоимости облицовки из обычного бетона; одной из причин этого является необходимость производить тщательную стерилизацию подстилающего грунта для того, чтобы подавить растительность или создать такое положение, при котором возможность ее прорастания была бы сильно уменьшена. Если, преследуя цели экономии, стерилизации грунта не делать или свести ее к минимуму, за счет усиления жесткости облицовки, то мы сталкиваемся с недостатками, присущими обычному бетону, не получая

взамен никаких компенсирующих преимуществ.

БЕТОННЫЕ ОБЛИЦОВКИ /МОНОЛИТНЫЕ /

Процессы, применяемые при строительстве бетонных облицовок, различны и зависят от того, каким способом укладывается бетон. По этому признаку различаются:

а/ монолитные облицовки, сооружаемые при помощи непосредственной укладки бетона вручную или машинами на дно и откосы канала;

б/ облицовки, собираемые из сборных бетонных плит со стыками, покрываемыми битумными продуктами;

в/ облицовки, сооружаемые путем пневматического набрызгивания / торкретирования/.

Независимо от того, укладывается ли бетон вручную без опалубки или машиной в предварительно установленную опалубку, он должен удовлетворять всем правилам, которые обеспечивают хорошее приготовление и укладку бетона, в строгом соответствии с техническими и прочими договорными условиями строительства.

Поэтому, вопрос гранулометрии, соотношения различных компонентов, водного фактора, процесса смешивания, укладки и наконец, выдержки бетона, представляет большой интерес, потому что обычно приходится иметь дело с облицовками малой толщины, которые должны быть достаточно водонепроницаемыми и иметь гладкую поверхность с минимальным коэффициентом шероховатости.

В Испании редко прибегают к высокой степени механизации работ и использованию автоматов, позволяющих проводить непрерывное бетонирование. Машины обычно используются до момента укладки бетона в сооружения, куда бетон заливается вручную или в опалубку или же так, как это обычно делается

и показано на УП-ой фототаблице.

Обычно считается, что хорошо построенная бетонная облицовка при тщательном надзоре может прослужить 50 лет; эта оценка относится к тонкостенной облицовке /8-10 см/. При большей толщине и прочих равных условиях, срок службы облицовки удлинится, так как имеется возможность отремонтировать ее внешнюю поверхность. Наши старые облицовки сделаны из крупного буттового и тесаного камня. Фототаблицы I и II показывают цементное покрытие, нанесенное поверх этого камня; оно сохраняется в хорошем состоянии после тридцати лет службы.

Основным достоинством бетонных облицовок является их способность хорошо противостоять размыву, в особенности, если вода не содержит сколько-нибудь опутительного количества взвешенных кремнистых частиц. Однородная или гладкая поверхность, в сочетании с указанной устойчивостью, допускает скорости течения, недостижимые при других типах облицовки. В связи с этим, получается экономия от возможного уменьшения сечения каналов. Если принять также во внимание, что бетонные облицовки легко восстанавливаются, то станет ясным, что применение их предпочтительно перед другими типами облицовок. Потери воды через промоины / свищи / обычно являются результатом отдельных дефектов проектирования, которые чаще всего возникают вследствие недостаточного изучения трассы канала и геологии грунтов. Иногда они также имеют место из-за недостатков в выполнении работ, неправильного использования материалов или плохого надзора за вызреванием бетона.

Наряду с указанными преимуществами бетонные облицовки обладают существенным дефектом; они страдают от температурных колебаний / в том случае, если они тонкие /, вследствие большой разницы нагрева противоположных поверхностей облицовки, что может иметь место в очень жаркие и солнечные дни, особенно при частых наполнениях и опорожнениях канала. Кирпичные обли-

цовки выдерживают эти условия лучше.

На очень глинистых грунтах часто наблюдается вспучивание основания облицовки, вследствие медленно происходящей через нее фильтрации. Просачившаяся влага частично удаляется за счет испарения, по мере того, как она поднимается капиллярными путями на поверхность банкетов канала. Остальная же часть ее создает взвешивающее давление, которое уравновешивается жесткостью самой облицовки и нагрузкой воды в канале. Если последняя нагрузка исчезает, в связи с внезапным уходом воды из канала, то равновесие нарушается, и облицовка может быть повреждена. По этой причине произошел ряд аварий на оросительных системах в долине бассейна Эбро, на каналах Нижний Арагон, Серос и Монегрос.

Чтобы избежать этих неприятных явлений, прибегают к устройству более толстой облицовки /15-20см/, с более непроницаемым составом бетона и достаточно часто расположенными поперечными дренами, соединенными с идущим по дну продольным коллектором для отвода воды. Если увлажнение вызвано влажностью самого грунта, то для отвода излишней влаги, во многих случаях оказывается достаточным сделать небольшие отверстия в облицовке канала на высоте одной трети наполнения, считая от подошвы откоса. Среди других каналов бассейна Тахо, это было успешно проведено на канале Розарито.

Холод также причиняет значительный ущерб бетону, если он наступает тогда, когда бетон еще недостаточно схватился. Но это риск общего порядка, и есть способы его устранения. Если бетон сравнительно порист, с крупными частицами, заморозки для него чрезвычайно вредны. В таких случаях следует выбирать более водонепроницаемый бетон и применять облицовку большей толщины. В этих случаях кирпичные облицовки, даже с покрытиями, дают плохие результаты / фототаблица III /.

Облицовка, выбранная только потому, что она дешева, вне зависимости от того, подходит ли она, в конечном счете всегда обходится дорого. Иногда увеличивают толщину за счет понижения качества работы. Это является грубой ошибкой, не только потому, что большая толщина не решает вопроса, но также и потому, что плохое качество снижает износостойчивость бетона и увеличивает стоимость содержания облицовки.

Бюро мелиораций США допускает толщину от 8 до 10 см для каналов большого сечения и 5 см — для малых каналов. Когда откос канала близки к естественному откосу подстилающего грунта, толщина принимается еще меньше. Этчевери упоминает об одной облицовке в Калифорнии, толщина которой составляла 1,5 - 2 см и была достаточной. В этом случае облицовка сведена к покрытию раствором; но такие особые случаи встречаются только там, где грунт и климат исключительно благоприятны.

В рассматриваемых облицовках необходимо устраивать температурные швы, расположенные в поперечном сечении канала. Продольные швы не нужны, ввиду ограниченной высоты / приложение 5/. Размещение швов является вопросом, требующим тщательного изучения. Имеется тенденция применять меньшее количество швов, следуя старой теории: "шов — враг сооружения". Идеальным было бы использование таких бетонов, которые мало или совсем не изменяются при схватывании, но такого рода бетоны обычно медленно схватываются, а также не обладают необходимыми строительными качествами. В виде общего правила, установлено, что расстояние между швами должно в 20-100 раз превышать толщину облицовки / в среднем в 50 раз/, если бетон не армирован. Так, например, для толщины бетона в 10 см, рекомендуемое между швами расстояние составит 5 м. Если облицовка армирована, швы устраиваются на большем расстоянии.

Были испытаны все виды швов: ласточкин хвост, швы с шпательными и кордами, швы, сделанные внахлестку и впритык, сварные и полукруглые. Обычные швы, покоящиеся на направляю-

ших ребрах, допускают лучшее распределение бетона облицовки. Однако жесткость, придаваемая ей по длине шва, не улучшает ее. Поверхность направляющих, соприкасающаяся с облицовкой, сглаживается настолько возможно, и на нее наносится тонкий слой водонепроницаемого вещества, в виде пленки. Швы облицовки устраиваются по центру направляющих, имеют гладкие края и заполняются битумным веществом или глиной.

Часто вместо холодных или горячих битумных материалов применяется ткань или картон, пропитанные битумными веществами; преимуществом их, вообще говоря, является большая устойчивость в условиях жаркого климата. Однако всегда нужно наблюдать за тем, как колебания температуры окружающего воздуха влияют на изоляционный материал швов.

На рис. 4 фототаблицы XI показаны два типа швов, наиболее часто применяемых в Испании. Способ бетонирования изменяется в зависимости от наличия или отсутствия опалубки. Толщина облицовки отражается на размещении стыков. Если при определении расстояния между ними пользоваться соотношением $D = nE$ / мы принимаем $n = 40$ /, то для тонких облицовок / 8 - 10 см / эти расстояния будут меньше, а для толстых / 15-20 см / - больше.

Ниже приводится описание двух указанных типов облицовки. Облицовка первого типа, со швами без направляющих ребер, имеет 10 см толщины, швы через каждые 4 м и бетонятся без опалубки. Толщина облицовки второго типа, с направляющими ребрами под швами, принята равной 15 см, швы расположены через 6 м, бетонировка производится с опалубкой. Автор называет эти типы соответственно: "тип каналов Розарито" и "тип каналов Альберче".

Первый тип нашел широкое применение на сильно разрушенных гранитах, на каменистом грунте с песком и глиной, или с

рыльной глиной, в зависимости от местных грунтовых условий.

Обычное сечение канала имеет трапециoidalную форму с откосами 1:1 и 10 см облицовкой из бетона, содержащего 250 кг цемента на кубометр кладки. Облицовка имеет температурные швы через каждые 4 м; швы треугольного сечения, без направляющих ребер / таблица УИ/. На дно швов нанесена битумная мастика и они заполнены бетоном, с содержанием 300 кг цемента на кубометр. Максимальный размер фракций инертных для бетона облицовки - 35 мм, а для бетона, заполняющего швы - 20 мм. Последние заполняются через восемь дней после укладки полос облицовки; в результате этой меры предосторожности, а также различных коэффициентов усадки, стык отчетливо виден и не отслаивается при усадке.

Бетон укладывается от дна вверх по откосам вручную без опалубки и придавливается деревянными мастерками. Формы, отмечающие швы, используются в качестве указателя для равномерной укладки бетона. После уплотнения, бетон разравнивается мастерками, если раствор не затвердел. Если же, напротив, смесь слишком суха, на откос осторожно набрасывают лопатой некоторое количество раствора и затем уже выравнивают поверхность облицовки.

Рванный камень и песок получают иногда непосредственно из выемки канала, раздробляя излишне крупный камень до нужных размеров. В этом случае бетон менее хорош и требует очень тщательной обработки поверхности. Все эти технологические процессы можно видеть на фотографиях таблицы УИ. Для коротких каналов, проходящих в выемках с каменистой почвой, применяется также четырехугольное сечение с облицовкой из каменной кладки.

Описанная облицовка во всех случаях дала хорошие результаты. Меры предосторожности, в виде оставляемых в бетоне отверстий, глубиной 10 см и диаметром 2 см, применялись в

тех случаях, когда более или менее плотные глинистые или глинисто-песчаные почвы подвержены фильтрации, и возникающее в связи с этим давление угрожает сохранности облицовки. Ни на одной полосе облицовки не было замечено никаких трещин.

Как правило, эти каналы проходят в косогорных условиях по важному склону горной цепи Гредос. Параллельно каналу, с насыпной стороны, проложена пешеходная тропа; для ее устройства использованы грунты, извлеченные из выемки канала, и она служит также для защиты и укрепления насыпной стороны. Глубокие ложбины сьерры с бурными потоками перекрыты димерами-акведуками, тип которых показан на фотографиях.

В канале Нижний Альберче грунт песчаный, смешанный с большим или меньшим количеством глины. Принятое сечение трапециoidalное с откосами 1:1, облицованным бетоном того же качества, как и в ранее описанном случае, но толщиной 15 см. Швы расположены на бетонных направляющих ребрах, поверхность которых покрыта тонким слоем смазки из битумных веществ. Они устроены на расстоянии 6 м друг от друга, с опалубкой из 15 см досок на всю толщину облицовки. Доски убирались через несколько часов после начала схватывания бетона. В связи с тем, что в середине полосы была замечена трещина и для облегчения работы с опалубочными досками, последние изготовлялись длиной в 3 м, и бетон укладывался дополнительными полосами, так что температурные швы оставались на одном и том же расстоянии друг от друга, а между ними были некоторые, сделанные впрыск, рабочие швы, расположенные по середине полосы облицовки откоса. Эти швы были ясно видны во время процесса схватывания, но не причинили вреда облицовке и не дали утечки благодаря хорошему качеству подстилающего грунта / таблица УШ, рис. 6 /.

Расстояние между стыками было сокращено до четырех метров, но несмотря на это в середине полос или вблизи напра:

лящих ребер появились небольшие трещины; но это наблюдалось не во всех случаях. Причину их появления следует искать в подготовке подстилающего грунта и в конструкции швов. Если поддерживающие направляющие ребра не дают возможности краям плиты сползать, то это создает более или менее неравномерные условия сопряжения ее с основанием, и плита ломается по линии, идущей близ границы более жесткой и надежной, то есть менее податливой, части основания /каковой, в частности, являются направляющие ребра/.

Отсюда можно сделать вывод, что облицовка ломается независимо от ее толщины, если разрушающее усадочное напряжение образуется на поверхности контакта плиты с грунтом, или локализуется у ребра, поддерживающего плиту; на более гладких сланцеватых грунтах появлялись две трещины: по одной у каждого стыка. Следует стремиться к равномерному сопряжению плиты с грунтом путем особо тщательной подготовки грунта выемки и устранения направляющих ребер, где это допустимо по условиям водопроницаемости грунта и стыковки швов. При этом значение " n " в формуле $D = n\varepsilon$ можно считать приблизительно равным минимальному / $n = 100$ /.

Когда проницаемость грунта требует принять некоторые меры предосторожности, рекомендуется прибегать к соединениям впритык со срезанными кромками и треугольным сечением заполнения шва с углами в 60° / "тип каналов Розарито"/. В этом случае значение " n " можно приблизительно принимать равным 50.

В тех случаях, когда грунт весьма проницаемый, и его увлажнение угрожает сохранности облицовки, треугольные швы могут оказаться недостаточно надежными, особенно при небольшой толщине облицовки. Тогда, для увеличения пути фильтрации, нужно устраивать направляющие ребра. При сооружении этих ребер требуется особая тщательность, а значение " n " должно быть уменьшено.

Большое внимание следует уделять надлежащей выдержке бетона, и тем большее, чем меньше толщина плиты. Из числа применяемых приемов такого ухода, строительная практика наиболее рекомендует постоянное смачивание поверхности бетона в течение семи дней легкой поливкой, а еще лучше путем поливки мешковиной, которой укрывается смачиваемая поверхность бетона. Такой прием продлевает действие поливки и является настолько эффективным, что даже последствия быстрого высыхания могут быть устранены новым смачиванием бетона, который при этом восстанавливает свои свойства прочности и низкой усадки.

Горизонтальные трещины не должны появляться, так как они свидетельствуют о плохой подготовке подстилающего грунта и об отсутствии однородности основания. В канале, проходящем целиком в выемке или целиком в насыпи, избежать продольных трещин легко; в каналах, проходящих по косогору, трещины довольно часто появляются в местах сопряжения нетронутого естественного грунта с насыпью. Иногда, если естественное залегание пород представлено различными видами грунтов, по линии их контакта также могут образоваться трещины. В таких случаях должна применяться более гибкая облицовка. Решением вопроса может быть применение тонких облицовок из не очень крепкого бетона с мелкозернистыми инертными. В тех случаях, когда приходится опасаться очень неравномерной осадки, предпочтение должно быть отдано сборной облицовке / таблица IX, рис. 6 /.

СБОРНЫЕ ОБЛИЦОВКИ

Сборные бетонные и железобетонные облицовки в Испании начали применяться недавно, и использование их, все еще находясь в экспериментальной стадии, сосредоточено в руках немногих коммерческих фирм, которые на них специализируются. Первые, широко поставленные, испытания этих облицовок в

Европе проводились в 1936 году, то-есть в то время, когда Испания не могла начинать подобных мероприятий. Это задерживало испытание сборных облицовок в Испании.

Эксперименты со сборными плитами проводились в 1928 году на канале Харама / провинция Мадрид/, в поисках гибкой облицовки, которая могла бы приспособливаться к осадкам грунта. Здесь было проведено два опыта с плитами толщиной 8 см и площадью 60 см x 80 см, которые укладывались на слегка меловой глинисто-песчаный грунт, причем в одном случае швы заполнялись цементным раствором, а в другом - асфальто-битумом. Однако удовлетворительных результатов получено не было, благодаря неполной водонепроницаемости швов и меловому характеру подстилающего грунта. В 1940 году облицовка была исправлена, и ее нижняя часть была защищена однослойной кирпичной кладкой / таблица II, рис. 4 /.

С тех пор нами изучались и испытывались способы сборки плит и материал, делающий облицовку водонепроницаемой. Изучались также специальные детали и рекомендации итальянских, французских, португальских и других европейских строительных фирм, применяющих эти облицовки с 1936 г. и располагающих соответствующим формовочным, вибрационным, отливочным и др. оборудованием. Преимущества сборных плит и массового производства их очевидны; однако сборная облицовка стоит дорого, а процесс ее укладки - деликатен. Поэтому она не находит применения на больших каналах, но используется на средних каналах; предпринимаются попытки уменьшения числа стыков. Рис. 6 таблицы IX показывает два опытных типа облицовки, примененный на каналах Аранхуэза.

Применение готовых полно-секционных деталей более практично. Поэтому они гораздо шире используются на небольших каналах, причем, соединение деталей производится с применением

пластичных материалов, с приданием необходимой жесткости стыкам.

По экономическим соображениям желательно полное устранение риска поломки деталей при их доставке и укладке на место. Поэтому стремятся к максимальной прочности секций, сечениям их придается полукруглая и пол^уэллиптическая форма, они снабжаются легкой и простой арматурой. Таблица фотографий IX показывает сечение, которое может применяться для устройства лотков пропускной способностью до 160 литров в секунду, без какого-либо укрепления их стенок. Сечение было запроектировано с расчетом на рабочие нагрузки в нормальных условиях без металлической арматуры, но, учитывая способ изготовления деталей и транспортировку их в неблагоприятных условиях, было признано целесообразным поставить по дну сечения два продольных прутка диаметром 6 мм.

Такая сборная облицовка для каналов, расположенных в выемке, не рекомендуется, так как она не имеет преимуществ перед монолитной бетонной облицовкой, а стоит вдвое дороже / рис. 2, таблицы IX/. Однако сооружение лотков из таких готовых железобетонных отрезков, взамен постройки небольших каналов в насыпях, является технически и экономически целесообразным. Оно сокращает до минимума площадь отчуждения под каналы, устраняет повреждения канала переходящими через канал животными и защищает его от зарастания; надлежащее содержание швов облегчается, так как они доступны для осмотра. Такая конструкция может быть с успехом использована на слегка меловых почвах при условии соблюдения необходимых предосторожностей в местах размещения опор.

ОБЛИЦОВКА ИЗ ТОРКРЕТА И ЗЕМЛЯНЫЕ

Для облицовки земляных русел ирригационных каналов торкрет не применяется, но он используется для улучшения и вос-

становления старых неармированных облицовок с целью устранения старых неармированных облицовок с целью устранения (филтрационных) потерь или защиты от размыва. Торкретирование применяется также с легкой и очень редкой арматурой из проволоочной сетки, диаметром 1,5 - 2 мм, как это было сделано, например, на каналах системы Харамы /Мадрид/ при ремонте трещин в бетоне, возникших в результате легкого оседания грунта. В качестве защиты для других материалов торкрет всегда давал положительные результаты.

Специальных "земляных" облицовок на каналах в Испании не делается. Однако улучшение старых земляных облицовок каналов применяется: их покрывают бетоном, а иногда каменной или кирпичной кладкой / Королевский канал Хунар, Валенсия; каналы Аранжуэза в провинции Мадрид/. При этом производится также уплотнение грунта, служащего основанием сооружаемых облицовок, которое в процессе строительства этих облицовок или после его окончания выполняется посредством механизированного гидравлического или химического воздействия на грунт.

В дальнейшем изложении автор приводит отчетные данные по некоторым особым случаям строительства облицовок в трудных условиях, описывая примененные решения и достигнутые результаты. Эти сведения могут послужить уроком и помочь решению сходных вопросов в других практических случаях.

НЕКОТОРЫЕ ДАННЫЕ ПО ОБЛИЦОВКЕ КАНАЛОВ В ТРУДНЫХ ГРУНТОВЫХ УСЛОВИЯХ

Меловые грунты

Бассейн р. Гвадалкививир

Канал Гвадалкасивир. Участок канала трапециевидального сечения с 10 см бетонной облицовкой, откосами 3:2 и температурными швами через каждые 4 м; облицовка защищена лежащим

под ней 40 см глиняным экраном; дренажных устройств нет. Наблюдаемые повреждения вызваны фильтрацией воды через облицовку и выносом частиц глины; рано или поздно этот процесс достигает мелового грунта.

Участок канала такого же сечения и с такой же облицовкой; стыки через каждые 4 м, с просмоленной водонепроницаемой прокладкой; глиняного экрана нет; вместо него под облицовкой уложен всухую слой "полых" кирпичей; он собирает просачивающуюся воду, которая отводится продольной кирпичной дренажной, устроенной под дном канала. Облицовка сооружена в 1946 году и находится в прекрасном состоянии.

Участок канала с таким же сечением и такой же облицовкой; стыки через 4 м, с просмоленной водонепроницаемой прокладкой, без дренажа. Облицовка выполнена из водонепроницаемого бетона с "гидролом", внесенным с водой, идущей в замес. Легкие смещения подстилающего грунта вызвали трещины в облицовке и фильтрацию, которая повреждает облицовку.

Бассейн р. Обро

Канал Лодоза. Участок канала трапециoidalного сечения, с откосами 1:1 и 12-сантиметровой сплошной кирпичной облицовкой на цементном растворе; нет никаких швов, защитных экранов и дренажных устройств. Облицовка сооружена в 1935 году и не имеет повреждений; однако, кирпичная поверхность чувствительна к заморозкам, и на ней развивается растительность.

Туннельный участок канала, пройденный в рыхлом песке и гравии, залегает на "меловом" основании. Массивная бетонная облицовка с устойчивым контуром без швов и дренажа просачивающейся из канала воды. С целью сбора фильтрационных вод, которые всегда имеют место на грунтах этого рода и вызывают смачивание песка, построена доступная для осмотра, облицованная бетоном, галерея. Вода с откосов разрушает галерею, что

ведет к частичным просадкам грунта.

Для надлежащей сохранности туннеля требуется устройство нескольких дрен небольшого сечения, построенных из неразрушающихся материалов / кирпич /.

Канал Лас Барденас. Туннельный участок канала построен в меловом грунте. Нижняя часть сечения туннеля имеет трапециoidalную форму с откосами 1:10; сверху оно замыкается полукруглым сводом. Кирпичная облицовка туннеля, выполненная на известковом растворе, имеет толщину 24 см; со стороны воды она защищена 16 см облицовкой из бетона, содержащего в кубометре 350 кг цемента, который составлен из смеси равных частей обычного портланд-цемента и естественного цемента / зимайя/, с добавкой усиливающего водонепроницаемость вещества в воде, идущей в раствор. Температурные швы устроены через каждые 5 м с водонепроницаемой прокладкой из глины и битумных продуктов. Дренаж осуществляется через продольный центральный коллектор в траншее, заполненной измельченным камнем. Сооружение выполнено в 1946 году, работает прекрасно.

Канал Виолада. Участок трапециoidalного сечения построен с откосами 1:1 в мергелях и песчанике, перемежающихся со слоями мела; 20-сантиметровая бетонная облицовка; температурные швы через 8 м с водонепроницаемой битумной прокладкой; боковые дренажи через 4 м со сливным устройством по дну; все - из крупного камня /25 см/. Сооружен в 1953 году; до сих пор инцидентов не было.

Каналы Арагон и Каталония. Участок прямоугольного сечения в глинистом грунте с меловыми прослойками; бетонная облицовка, толщиной 20 см, с высоким содержанием цемента и достаточно армированная для того, чтобы противодействовать усадочным напряжениям при схватывании; никаких швов и

дренажных устройств нет. Сооружение выполнено в 1922 году, работает без аварий.

Бассейн р. Хукер

Канал Альгар. Участок трапециoidalного сечения построен в чистом меловом грунте, с откосами 2:3, облицовка кирпичная, толщиной 24 см, без швов; дренажные устройства сделаны для отвода фильтрационных вод из самого грунта. Сооружение выполнено в 1948 году, работает удовлетворительно и находится в сохранном состоянии.

Бассейн р. Тахо

Каналы Харама и Эстремера. Достаточные сведения об этих двух сооружениях приведены в таблицах фотографий I, II, III и IV.

Грунты, подверженные оползням и пучению

Бассейн р. Гвадалквивир

Канал Гвадалкасин. Участок канала в миоценовых глинах и мергелях; трапециoidalное сечение с откосами 1:1; 10-сантиметровая бетонная облицовка с температурными швами через каждые 4 м, без водонепроницаемых прокладок в швах и без дренажа. Сооружена в 1925 году; имеется одна продольная трещина, вызванная смещением грунта.

Участок канала, построенный в пластичной глине, имеет прямоугольное сечение с 30-сантиметровой массивной бетонной облицовкой, без железобетонных плит по верху стены; нет никаких температурных швов и дренажных устройств. Сооружение 1946 года; превосходно работает.

Бассейн р. Эбро.

Канал Лас Барденас. Туннельный участок канала в мягкой глине и мергеле с илом; нижняя часть сечения имеет откосы 1:10 и бетонную облицовку, толщиной 0,70 м у основания и 0,40 м по верху; сверху сечение перекрыто загрузленным сводом из того же материала; все сечение покоится на пласте подстилающего мергеля с неустойчивым основанием; имеется дренаж из камня / под дном / и каменный центральный коллектор. Сооружение 1942 года, работает хорошо.

Бассейн р. Гвадалорке / Южная Испания /

Ирригационные каналы Гвадалорке. Участок канала в трещинных грунтах, имеющих тенденцию к образованию оползней, вызываемых наличием влаги; трапециoidalное сечение канала, с откосами 1:4, имеет облицовку, толщиной 0,55 м у основания, 0,80 м — по верху и 0,20 м — по дну; швы сделаны через 5 м; водонепроницаемость их достигнута применением глины; дренаж склона осуществляется через гравий, расположенный за облицовкой и при помощи продольного коллектора, сделанного в виде траншеи, заполненной гравием. Сооружение работает хорошо.

Бассейн р. Хунар

Канал Альгар. Участок канала в мергелистых грунтах с меловой прослойкой в нагорном откосе выемки; из этой прослойки просачивается вода, по контакту с мергелем. Сечение канала трапециoidalное, с откосами 2:3; бетонной облицовке придана толщина 25 см; водонепроницаемость швов, расположенных через 4 м, достигнута применением битумных продуктов. Сооружение 1948 г.; в результате отсутствия дренажа в облицовке появились разрывы; этот дефект был устранен укладкой под дно канала основательного дренирующего слоя камня.

Бассейн р.Тахо

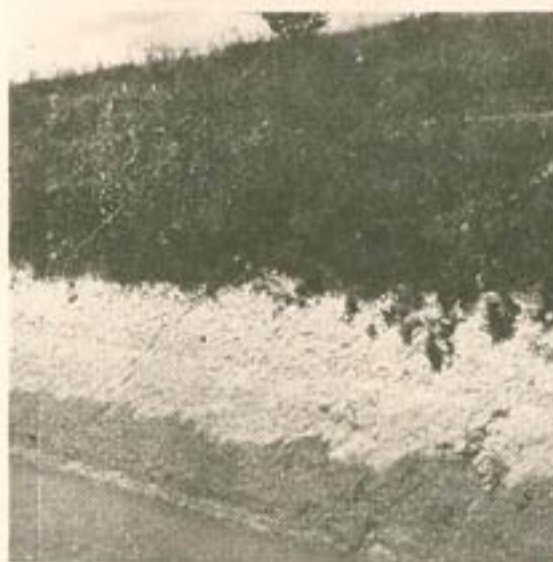
Каналы Розарито. На стр.15 и на рис.3, фототаблицы УШ, автор упоминает о предосторожностях, принятых для того, чтобы избежать бокового давления, в связи со вспучиванием грунта.



1



2



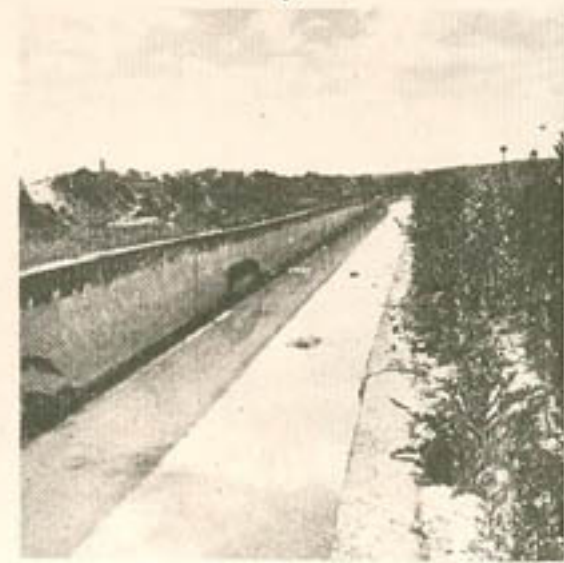
3



4



5



6

ТАБЛИЦА ИЛЛЮСТРАЦИЙ I

КАМЕННЫЕ ОБЛИЦОВКИ СТАРЫХ КАНАЛОВ, ПРОХОДЯЩИХ В ПЛОТНЫХ ПЕСЧАНО-ГЛИНИСТЫХ ИЛИ ГРАВЕЛИСТЫХ ГРУНТАХ

1. Канал Хенарес. Облицовка из бутового камня, уложенного непосредственно на глинистый грунт. Берега покрыты растительностью, повреждающей верхнюю часть облицовки откосов. На участках с наибольшей скоростью течения воды / свыше 2,00 м/сек / наблюдается некоторая эрозия облицовки, усиливающаяся вспучиванием глинистого грунта. Ремонт в этих случаях несложен и недорог. Облицовка сооружена в 1930 году на канале, построенном в 1875 году в земляном русле.

2. Канал Хенарес. Такая же облицовка. Поверх каменной облицовки видна корка. Она образуется из твердых частиц взвешенных наносов на тех участках, где скорость течения не достигает 1,00 м/сек; корка способствует водонепроницаемости и защищает облицовку. Облицовка сооружена в 1930 году и действует до сих пор при небольших эксплуатационных затратах.

3. Канал Хенарес. Такая же облицовка. Видны повреждения, нанесенные растительностью и обнаруженные после ее удаления.

4. Канал Хенарес. На участках, со скоростью течения ниже 1,00 м/сек, откладываются значительные пласты ила на берегах и дне канала. Фотография показывает, как выглядел канал после очистки, проведенной путем увеличения скорости течения; ясно заметен уровень, которого достигала вода при промывке наносов.

5. Канал Харама. Облицовка каменной кладкой из крупного бутового камня, сооруженная в 1740 году в гравелистом грунте, с некоторой примесью песка. Отремонтирована в 1933 году и покрыта 15-миллиметровым слоем бетона.

6. Канал Харама. Облицовка из известняка на известковом растворе; глинисто-песчаный грунт со значительным содержанием, на некоторых участках, меловых грунтов, образованных продуктами эрозии, отделяющимися со склонов. Облицовка из известняка на известковом растворе произведена в 1740 году; поверх неё в 1927 году нанесен слой цементного раствора и сделан бетонный парапет.



1



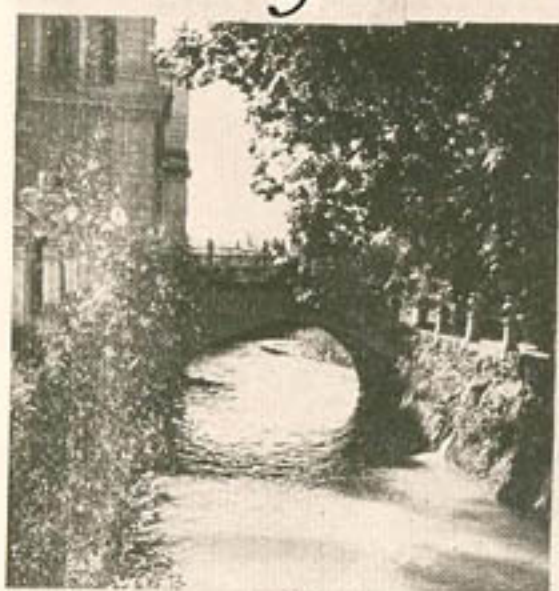
2



3



4



5



6

ТАБЛИЦА ИЛЛЮСТРАЦИЙ II
КАМЕННЫЕ ОБЛИЦОВКИ СТАРЫХ КАНАЛОВ

1. Канал Хенарес. Облицовка из каменной кладки с парапетом из тесаного известняка, сооруженная в 1875 году в слабоуплотненном конгломерате из камня с большим содержанием мелкого и глинистого песка. Стены покрыты растительностью, но со времени своего сооружения облицовка не требовала никакого ухода, кроме периодической очистки.

2. Оросительные сооружения Аранхуэза. Детали облицовки сбросного лотка для ручья на канале; сооружена в 1584 году знаменитым архитектором деном Хуаном Херера, автором изумительного монастыря Эскуриал. Обратите внимание на металлические скобы, скрепляющие каменные плиты.

3. Канал Хенарес. Деталь облицовки, описанной выше, в п.1. Обратите внимание на крупные глыбы известняка, проложенные галькой и имеющие вид сухой кладки, благодаря разрушению раствора в швах кладки.

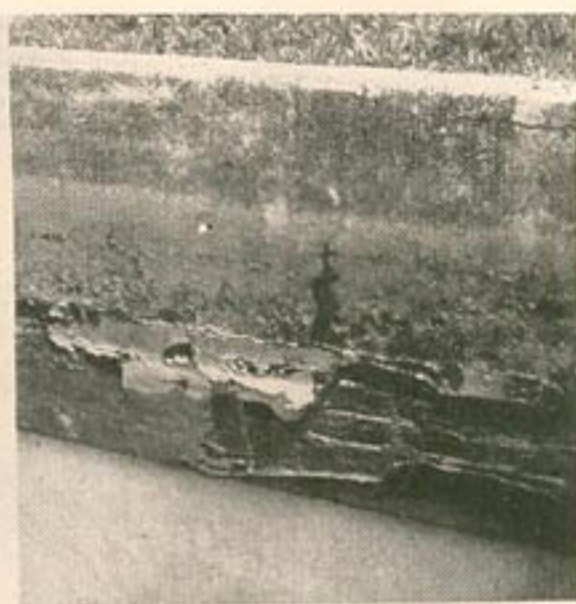
4. Оросительные сооружения в Аранхуэзе. Общий вид конструкции сбросного лотка, пересекающего канал / см. 2 /

5. Оросительные устройства в Аранхуэзе. Канал с облицовкой из каменной кладки, сооруженный в 1580 году в части, известной ранее под названием "Уэрта Виеха", а теперь именуемой "Уэрта дель инфанте". Плотные глинистый и суглинистый грунты.

6. Канал Карамы. Часть старого канала с облицовкой из каменной кладки построенного в 1740 году в чисто меловом грунте. Оставлен в 1958 году, в связи с наличием многочисленных вымоин, поглощающих воду и требующих дорогостоящего ремонта. Этот участок канала без замены другим каналом, проходящим по такому же грунту, с бетонными стенами, температурными швами через каждые четыре метра и с глиняным экраном в местах соприкосновения с естественным грунтом; этот новый участок находится в сохранном состоянии.



1



2



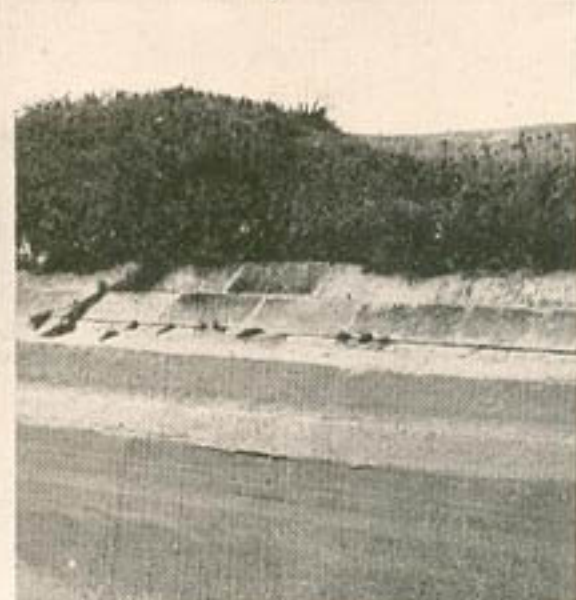
3



4



5



6

ТАБЛИЦА ИЛЛЮСТРАЦИЙ III

КИРПИЧНЫЕ ОБЛИЦОВКИ СТАРЫХ КАНАЛОВ, ПРОХОДЯЩИХ В РЫХЛЫХ ИЛИ МЕЛОВЫХ ГРУНТАХ

1. Канал Харама. 14-сантиметровая облицовка из кирпича, уложенного по отношению 1,35:1; сооружена в 1925 году на рыхлом гравии с песком. В 1953 году она добавочно покрыта цементным раствором. В облицовке нет температурных швов; имеются только каменные направляющие пояски через каждые 50 м. Созданная таким образом конструкция работает хорошо, несмотря на обильную растительность на берегах, близ верховой кромки облицовки откосов.

2. Канал Харама. Деталь описанной в п.5 облицовки, показывающая отслаивание цементного покрытия, вызванное разрушением и морозами.

3. Канал Харама. Облицовка из пустотелых кирпичей, толщиной 14 см, с покрытием, толщиной 11 мм, при заложении откосов 1,35:1; расположена на гравийных и песчаных грунтах. Это - деталь к рис.1, показывающая разрушение покрытия действием сильной растительности, развивающейся в верхней части стен.

4. Канал Харама. Облицовка из бетонных плит, толщиной 8 см, сооруженная в 1928 году на глинисто-песчаном грунте, слегка мелового характера. Построенная конструкция оказалась неудовлетворительной, из-за большого числа швов между плитами и из-за того, что не были приняты меры, обеспечивающие их водонепроницаемость. В 1935 году она была дополнительно покрыта слоем кирпича, толщиной 7 см. Однако сохранность ее недостаточна, из-за большого числа образованных фильтрацией свищей, пропускающих воду и вызывающих растворение и вымывание подстилающего мелового грунта.

5. Канал Харама. Кирпичная облицовка, толщиной 14 см на бетонной подготовке, сооруженная в 1934 году, с покрытием из цементного раствора, толщиной 6 мм. Грунт, на котором она покоится - глинисто-песчаный и слегка меловой; температурных швов нет, имеются только каменные направляющие пояски через каждые 50 м. Конструкция работает удовлетворительно за исключением нескольких мест, где наблюдается отслоение и разрушение цементного покрытия, что ведет к ослаблению кирпичной кладки, в то время как остальная часть конструкции устойчива.

6. Канал Харама. Деталь рисунка 4.



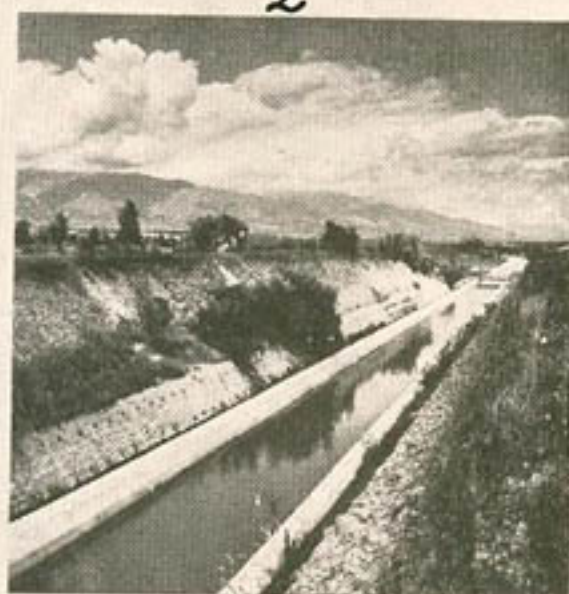
1



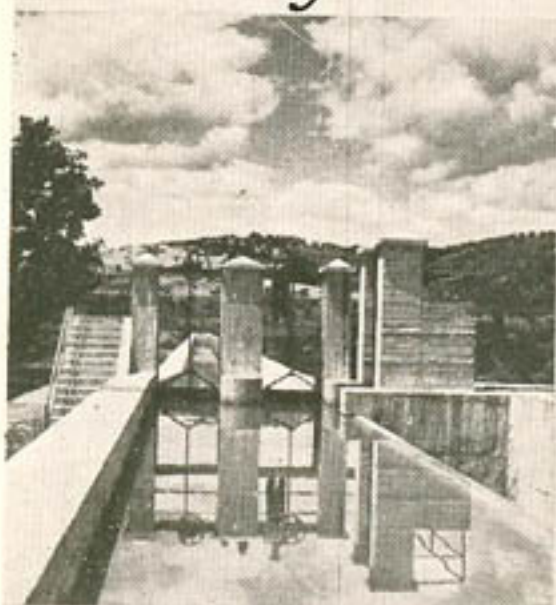
2



3



4



5



6

ТАБЛИЦА ИЛЛЮСТРАЦИЙ IУ

СТАРЫЕ ОБЛИЦОВКИ ИЗ ТЕСАНОГО КАМНЯ И НОВЫЕ БЕТОННЫЕ ОБЛИЦОВКИ В ПЛОТНЫХ ГРУНТАХ

1. Оросительные сооружения в Аранхуэзе. Облицованный тесаным камнем канал в королевском поместье Аранхуэзе, в так называемом "Саду принца", сооруженный в 1760 году. Глинистые и суглинистые грунты.

2. Канал Хенарес. Водозаборная плотина; начало канала Хенарес, показано на таблице иллюстрации I. Мергелистый и песчаный грунты.

3. Канал Эстремера. Обычная облицовка в местах с пологими откосами покрывается отлагающимися частицами взвешенных в воде наносов. Это препятствует фильтрации воды в подстилающий меловой грунт. На тех участках, где этот защитный процесс не происходит, в облицовке часто возникают промоины / свищи / образуемые фильтрацией.

4. Каналы Розарито. Прямоугольная стена нормальной толщины, расположенная на гравийном и песчаном грунте; на откосе выемки наблюдаются сдвиги и сдвиги, вызываемые просачиванием воды с верхней террасы. Стена дамбы дренирует грунт и отводит просачивающуюся воду, защищая таким образом стену канала.

5. Каналы Розарито. Деталь сооружения на канале, в головной части акведука через глубокое ущелье в Гредос Горди.

6. Канал Нижний Альборче. На высокой дамбе, с дренажным устройством для пересечения ложины, устройство это было разрушено паводком; обычная облицовка канала, изготовленная из 15-сантиметрового бетона, без повреждений прослужила в течение всего времени, потребовавшегося для ремонта.



1



2



3



4



5



6

ТАБЛИЦА ИЛЛЮСТРАЦИЙ У
ПОВРЕЖДЕНИЯ КАНАЛОВ, ПРОХОДЯЩИХ ПО ГРУНТАМ
С БОЛЬШИМ СОДЕРЖАНИЕМ МЕЛА

1. Канал Харама. На одном из участков канала, показанном на рис. 4 таблицы иллюстраций III, образуются глубокие прорывы; их зачастую удавалось ликвидировать только путем сооружения настоящих акведуков, с фундаментами из известняка на известковом растворе, с асфальтовым экраном. На этих фундаментах возведены кирпичные колонны, которые воспринимают нагрузку легкой конструкции, поддерживающей стену канала /см. фото /.

2. Канал Эстремера. В чрезвычайно богатом мелом грунте средней плотности, образованном аллювиальными осадочными отложениями из грунтов близрасположенных склонов меловых формаций, получают свищи при простом смачивании грунта, который вначале растворяется, а затем выносится из подстилающих слоев, образуя каверны, в конечном счете разрушающие канал.

3. Канал Эстремера. В процессе, начало которого описано в п. 2, дно и стенки канала дают просадки, и ни дренажная прослойка, ни защитный глиняный экран не оказывают никакого защитного эффекта, поскольку процесс вызывается не фильтрацией из канала, а влагой, попадающей в грунт при выпадении дождей в количестве, достаточном для того, чтобы привести к неблагоприятным последствиям.

4. Канал Эстремера. Деталь и фотографии 2 и 3.

5. Канал Эстремера. Различные оттенки бетонных плит, заметные на фотографии, свидетельствуют о разновременном произведенных работах по восстановительному ремонту и о частых случаях разрушений, вызываемых промывками / свищами /.

6. Канал Эстремера. Канал в выемке, показанный на предыдущей фотографии был заменен каналом в насыпи из песчано-глинистого грунта, введенным в эксплуатацию без облицовки во время поливного сезона; облицовка была сооружена в следующем сезоне из бетона с обычными температурными швами с направляющими ребрами.



1



2



3



4



5



6

ТАБЛИЦА ИЛЛЮСТРАЦИЙ У1

СОВРЕМЕННЫЕ ОБЛИЦОВКИ ИЗ НОРМАЛЬНОГО БЕТОНА И БЕТОНА
С СОДЕРЖАНИЕМ 200-250 кг ЦЕМЕНТА НА 1 КУБ.М

1. Канал Харама. Новый канал, построенный в 1954 году взамен старого оставленного участка /см.п.6, таблица иллюстраций II/. Облицовка изготовлена из сплошного бетона с обычным уплотнением грунта, защищена 20-сантиметровым глиняным экраном, температурные швы размещены через каждые 6 м; грунт с чрезвычайно большим содержанием мела.

2. Канал Харама. Бетонная облицовка, расположенная на гравийном и песчаном грунте, со швами шпритки через каждые 6 м; на этом участке, построенном в 1932 году, вода течет со скоростью 2,5 м в сек. и выше; заметны повреждения облицовки.

3. Каналы Розарито. Упомянутый в п.5 таблицы иллюстраций IV акведук через глубокое ущелье в Гредос Горди, построенный из массивного бетона. Обратите внимание на мост на теперешней дороге и на римский мост, находившийся на старом шоссе.

4. Канал Харама. Деталь облицовки упомянутой выше / п.2 / после 24 лет эксплуатации.

5. Водохранилище Энтреньяс-Буэнида. Отводящий канал с 20-сантиметровой бетонной облицовкой с температурными швами на направляющих ребрах из того же материала; сооружен в 1954 году. Пропускная способность составляет 180 м³/сек.

6. Водохранилище Энтреньяс-Буэнида. Тот же канал в туннеле.



1



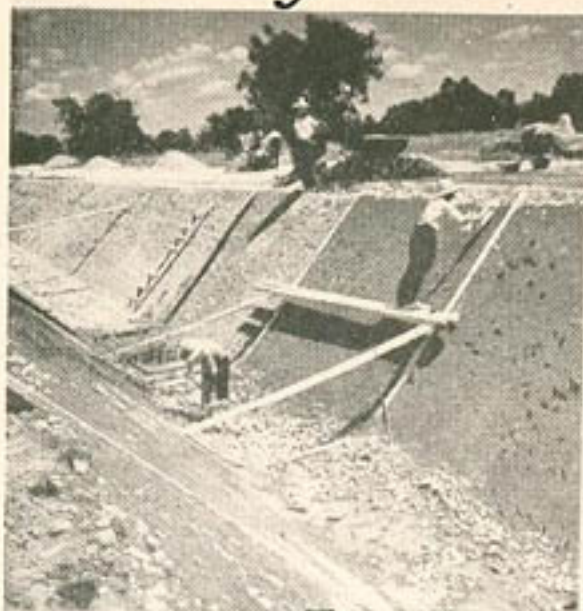
2



3



4



5



6

ТАБЛИЦА ИЛЛЮСТРАЦИЙ УП

СОВРЕМЕННЫЕ ОБЛИЦОВКИ НА ПЛОТНЫХ ГРУНТАХ

Эта таблица иллюстраций изображает различные стадии работы по устройству облицовки на каналах Розарито. Облицовка, толщиной 10 см, укладывалась вручную. Температурные швы расположены через каждые 5 см. Они образованы скошенными под углом в 45° кромками, пространство между которыми заполняется цементно-гравийным бетоном с содержанием 250 кг цемента на кубометр бетона.

1. Профилировка берегов канала в естественном грунте с откосом 1:1. Обратите внимание на размещение направляющих, которые должны образовать бетонный стержень стыка.

2. Укладка бетона вручную с помощью деревянного ручного инструмента, которым бетон разбивается и разравнивается.

3. Деталь участка канала на кривой во время строительства.

4. Проверка ровности поверхности облицовки при помощи правила, приложенного к направляющим.

5. Эта фотография показывает гнезда гравия в бетоне, которые должны быть заделаны; не было уделено должного внимания размерам крупных частиц в составе инертных.

6. Законченная облицовка в работе. Обратите внимание на тщательность отделки температурных швов.

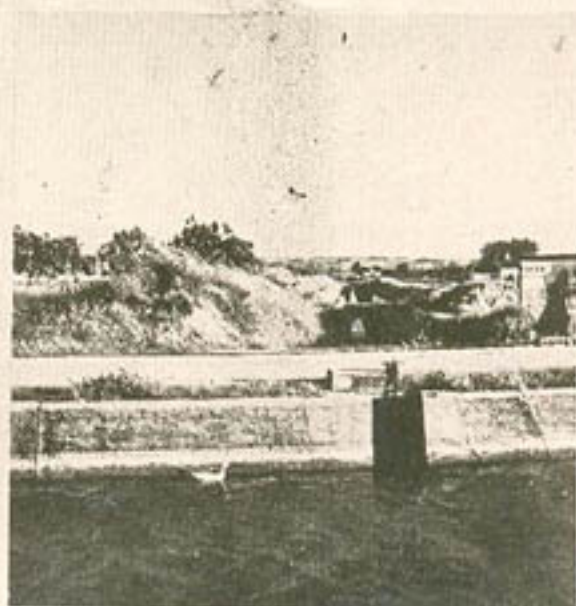
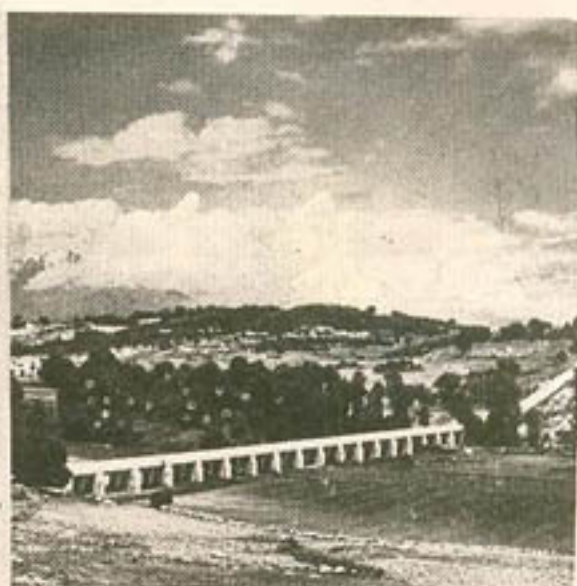
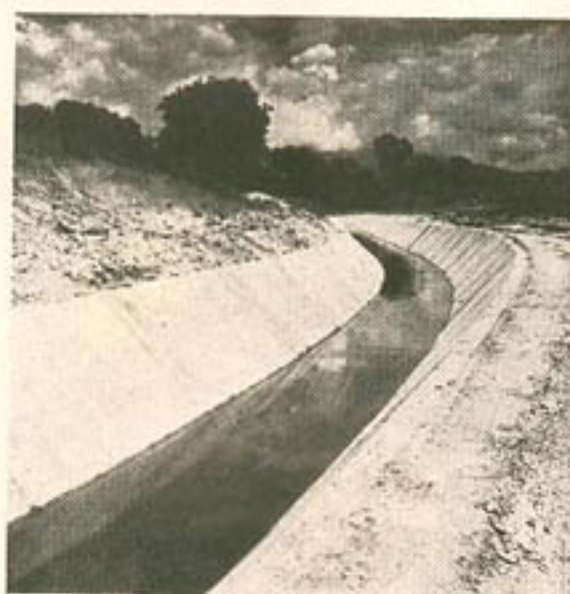


ТАБЛИЦА ИЛЛЮСТРАЦИЙ УШ

БЕТОННАЯ ОБЛИЦОВКА, СООРУЖЕННАЯ НА ДВУХ КАНАЛАХ РОЗАРИТО И НА НИЖНЕМ КАНАЛЕ АЛЬБЕРЧЕ

Каналы Розарито. Типичный пример канала, проходящего по косогору с облицовкой, построенной вручную способом, показанным в таблице фотографий УП. Сооружен в чрезвычайно разрушенном гравийном грунте, состоящем из камня с песком или с глиной, или с рыхлой глиной, в зависимости от участка. Обычное трапециoidalное сечение с откосами 1:1 и 10-сантиметровой облицовкой. Канал проходит вдоль южных отрогов Сьерры де Гредос; параллельно ему с насыпной стороны идет пешеходная тропа.

Нижний канал Альберче. Типичный пример равнинного канала с бетонной облицовкой, уложенной с опалубкой. Грунт песчаный с небольшим количеством суглинка и глины. Сечение трапециoidalное с откосами 1:1; толщина бетона 15 см.

1. Каналы Розарито. Трапециoidalное сечение канала наполовину зарезанное в косогор с насыпным банкетом, с температурными швами через каждые 4 м; швы треугольного типа без направляющих.

2. Каналы Розарито. Сифонный акведук, пересекающий одно из больших ущелий в отрогах Гредос.

3. Каналы Розарито. Канал прямоугольного сечения, расположенный в плотном глинистом и глинисто-песчаном грунте; в бетонной облицовке устроены дренажные отверстия.

4. Нижний канал Альберче. Канал в низких насыпных берегах.

5. Нижний канал Альберче. Трапециoidalное сечение с 15-сантиметровой бетонной облицовкой со швами на бетонных направляющих ребрах через каждые 6 м.

6. Нижний канал Альберче. Деталь температурных швов, расположенных через каждые 6 м с промежуточным швом, сделанным впритык без направляющего ребра; последний стал виден после усадки бетона.



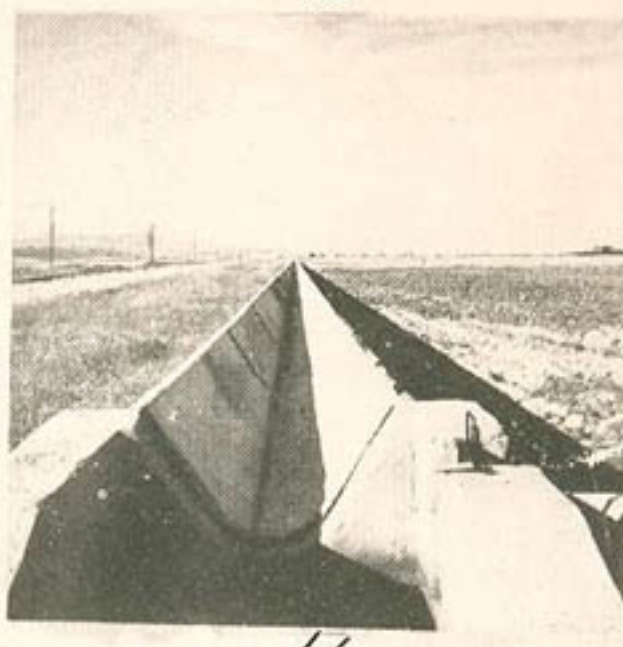
1



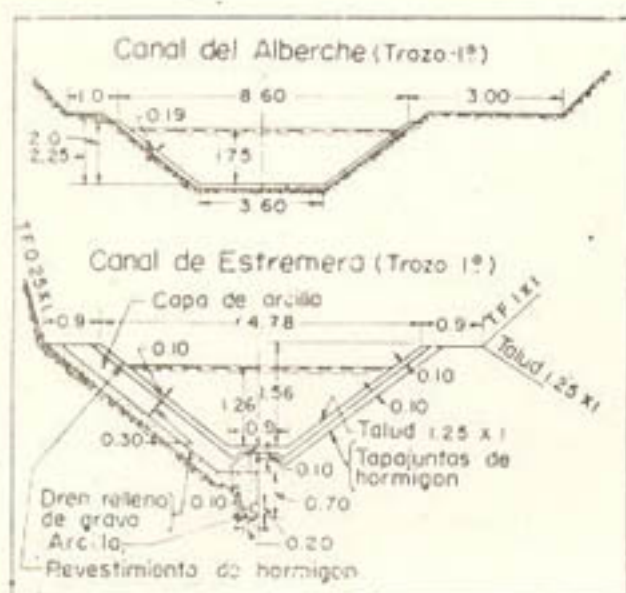
2



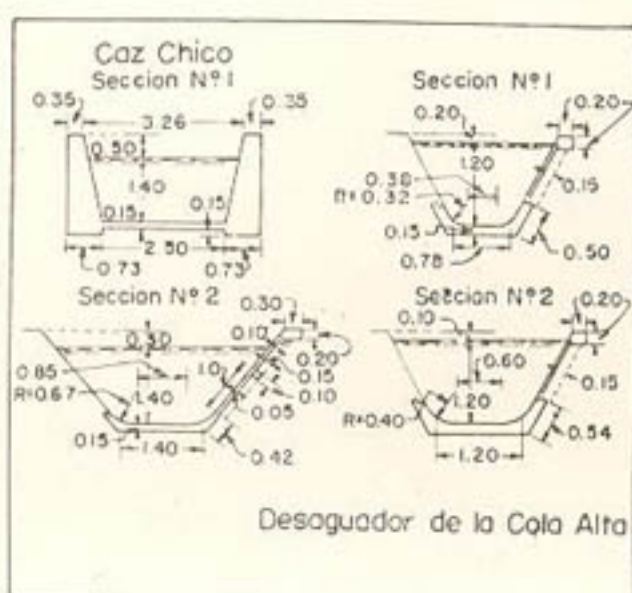
3



4



5



6

ТАБЛИЦА ИЛЛЮСТРАЦИЙ IX
СБОРНЫЕ ОБЛИЦОВКИ

Для оросителей небольшого сечения, расходом до 160 литров в секунду, детали представляют собой полные сечения, покоящиеся на соединительных стыках / только поперечные стыки /; для больших сечений несколько деталей соединяются вместе, образуя поперечное сечение / поперечные и продольные стыки /.

1. Нижний канал Альберче. Канал сооруженный в насыпи с обычной 10-ти сантиметровой бетонной облицовкой, откосами 1:1 с пересечением дороги сифоном.

2. Нижний канал Альберче. Канал, построенный из сборных деталей из вакуум-бетона; готовые отрезки облицовки по 4,5 м длиной, уложены на естественный грунт. Эта облицовка не обнаружила никаких преимуществ перед обычной монолитной бетонной облицовкой и, кроме того, оказалась более дорогой и менее удобной в эксплуатации.

3. Нижний канал Альберче. Канал, сооруженный из сборного вакуумированного бетона, отрезками по 4,5 м. длиной и 55 см толщиной; облицовка сильно армирована по откосам, в днище же ее арматура ограничивается двумя продольными прутками, диаметром в 6 мм. Облицовка удобна в эксплуатации.

4. Нижний канал Альберче. Тот же канал в части, проходящей по акведуку; пластиковые стени - на опорах. Более экономичен, чем канал в насыпи, дает возможность избежать необходимости "занимствовать" почву с ценных обрабатываемых земель.

5. Нижний канал Альберче и канал Эстремера. Типовые сечения облицовки каналов, показанных на рис. 5 и 6 таблицы иллюстраций УШ и на рис. 2 и 5 таблицы У.

6. Каналы Аранхуэза. Типичные сечения сборной облицовки / за исключением показанного на чертежах "Сечения № 1 *Canal Chisco*", которое выполняется обычным способом /, изготовленной из вакуумированного бетона без арматуры, со стыками по бетонным направлениям, с применением битумных материалов. Дорогостоящая, деликатная облицовка, вызывающая затруднения в эксплуатации.



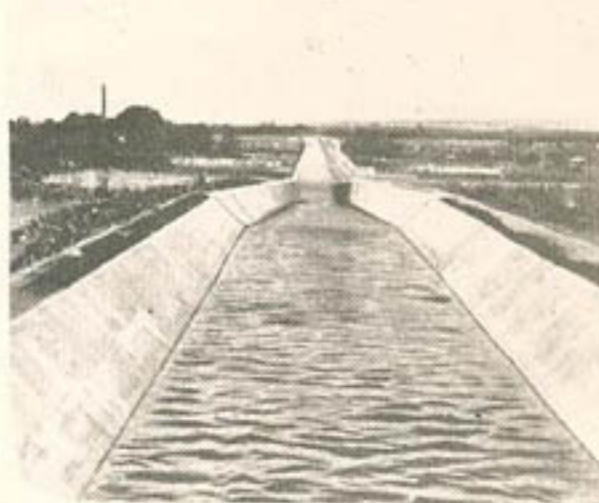
1



2



3



4



5



6

ТАБЛИЦА ИЛЛЮСТРАЦИЙ X

СООРУЖЕНИЯ В БАССЕЙНАХ р.р. ХУКАРА, ГВАДИАНЫ, ЭБРО^{х/}

1. Бассейн Хукара, королевский канал Хукар. Канал сооружен в де-
лловиальном грунте на максимальный расход $25 \text{ м}^3/\text{сек.}$ Бетонная обли-
цовка с температурными швами через каждые 10 м, расположена по
откосам 1:10; стыки ее устроены с асфальто-битумной изоляцией. Канал
орошает посевы риса в провинции Валенсия; с 1942 г. находится в
хорошем состоянии.

2. Бассейн Гвадианы, канал Монтихо. Канал сооружен в илловом
грунте; имеет пропускную способность $20 \text{ м}^3/\text{сек.}$ Бетонная облицовка
с температурными швами через 5 м, уложена по откосам 1:1. Облицовка
имеет толщину 15 см, построена с помощью опалубки и с применением
битумных материалов в стыках. Канал орошает плодородную долину в
провинции Бадахос.

3. Бассейн Эбро, канал Мопегрос. Канал сооружен в глинистом и
песчаном мергелистом грунте на некоторых участках с меловыми прос-
лойками. Пропускная способность равна $53 \text{ м}^3/\text{сек.}$ Бетонная облицовка,
толщиной от 12 до 25 см, уложена по откосам 1:1 / в рыхлых грунтах/
и 1:3 / в более плотных грунтах/; на меловых грунтах она защищена
20-сантиметровым глиняным экраном и дренами, расположенными через
каждые 5 м.

4. Бассейн Эбро, канал Лодоза. Сооружен в весьма различных грун-
тах, наиболее старая часть сооружена в 1925 г., в глинистом грунте.
Пропускная способность равна $20 \text{ м}^3/\text{сек.}$ Бетонная облицовка имеет
15 см толщины; стыки ее / с битумом и глиной/ сделаны через каждые
6 м; откос 1:1.

5. Южный склон Пиринеев, каналы Гвадалкорсе. Канал проходит по
косогору; пропускная способность его $8 \text{ м}^3/\text{сек.}$ Пересеченность мест-
ности вызвала необходимость постройки акведуков, вроде показанного,
который выполняет также роль пешеходного моста.

6. Южный склон Пиринеев, канал Гвадалтеба. Канал проложен по
косогору; пропускная способность его $10 \text{ м}^3/\text{сек.}$; он подает воду из
водохранилища на р. Гвадалкорсе.

х/ Предыдущие фото-таблицы относятся к сооружениям, расположенным
в бассейне р. Тако

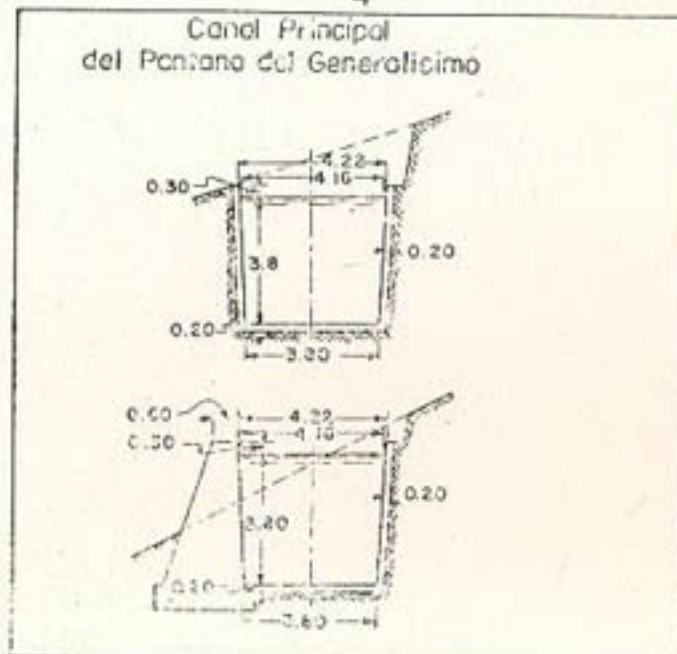
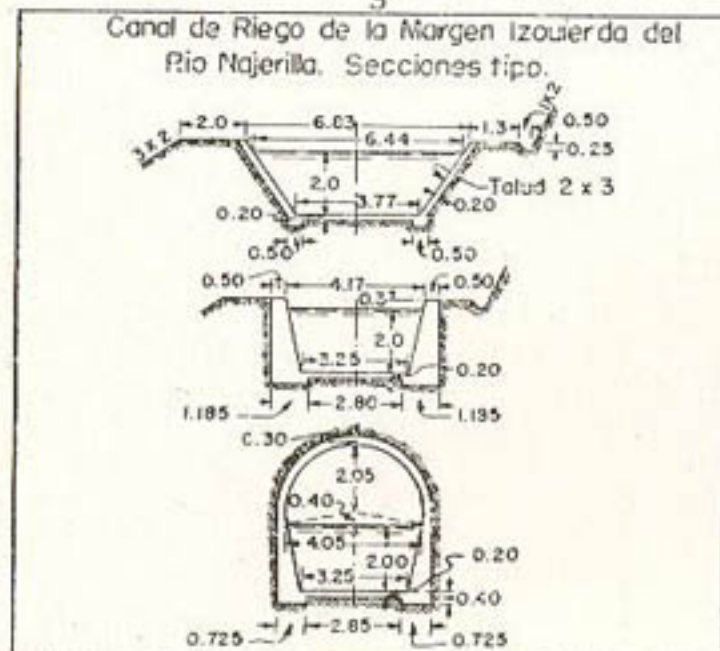
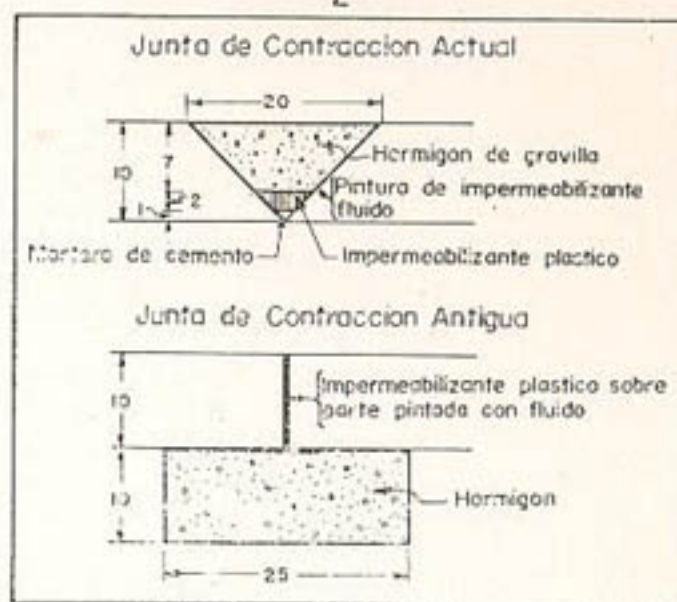
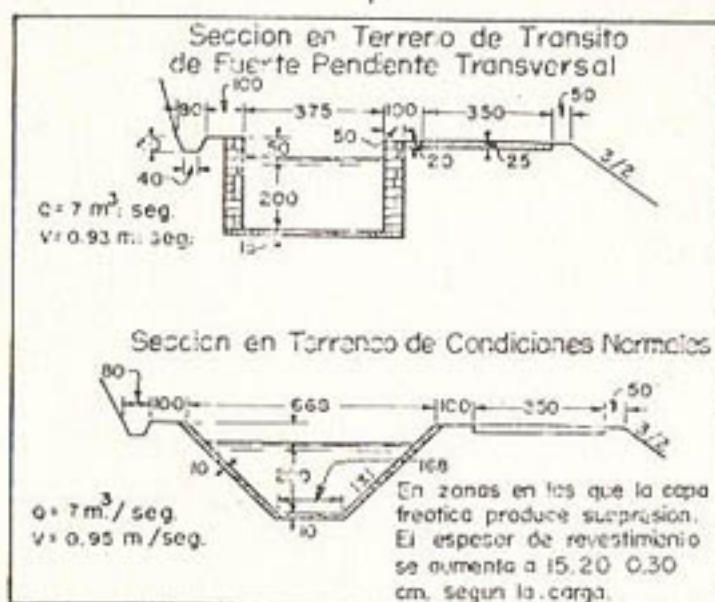
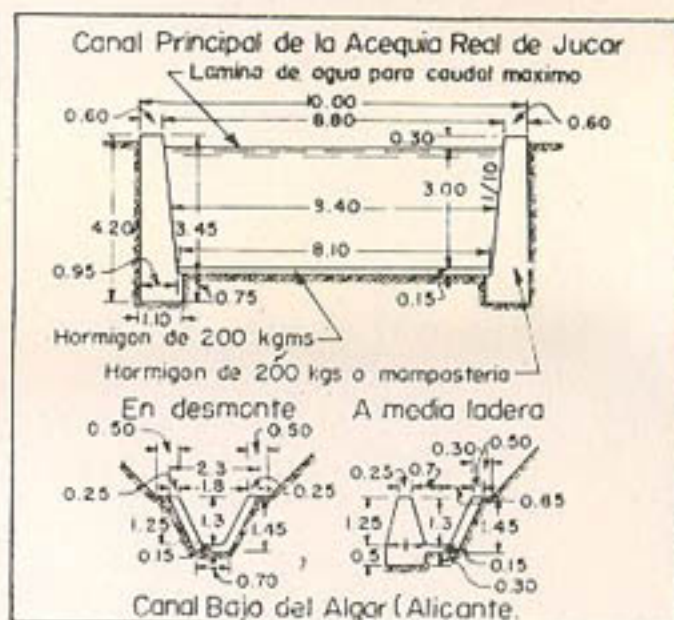
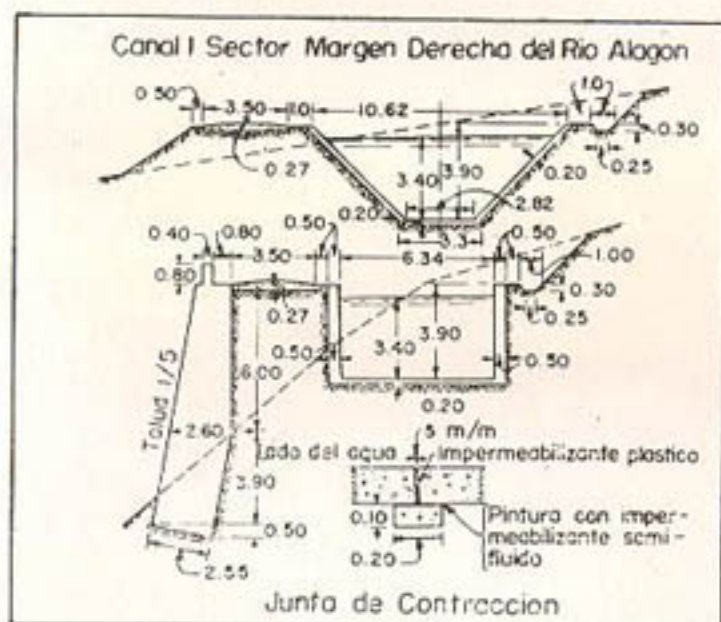


ТАБЛИЦА ИЛЛЮСТРАЦИЙ XI СТАНДАРТНЫЕ СЕЧЕНИЯ ОРОСИТЕЛЬНЫХ КАНАЛОВ

1. Каналы Арраго / бассейн Тахо/. Трапециoidalное сечение пропускной способностью $20 \text{ м}^3/\text{сек}$. Бетонная облицовка, толщиной 15 см; стыки через 6 м; стоимость 1 м^2 облицовки — 77 пезет. Прямоугольное сечение с каменной облицовкой, расположенное на косогоре; пропускная способность — та же.

Оба сечения недавно сооружены.

2. Королевский канал Хукар / бассейн Хукара/. Сечение канала, показанного на рис. I таблицы X. Облицован бетоном с использованием крупного рваного камня.

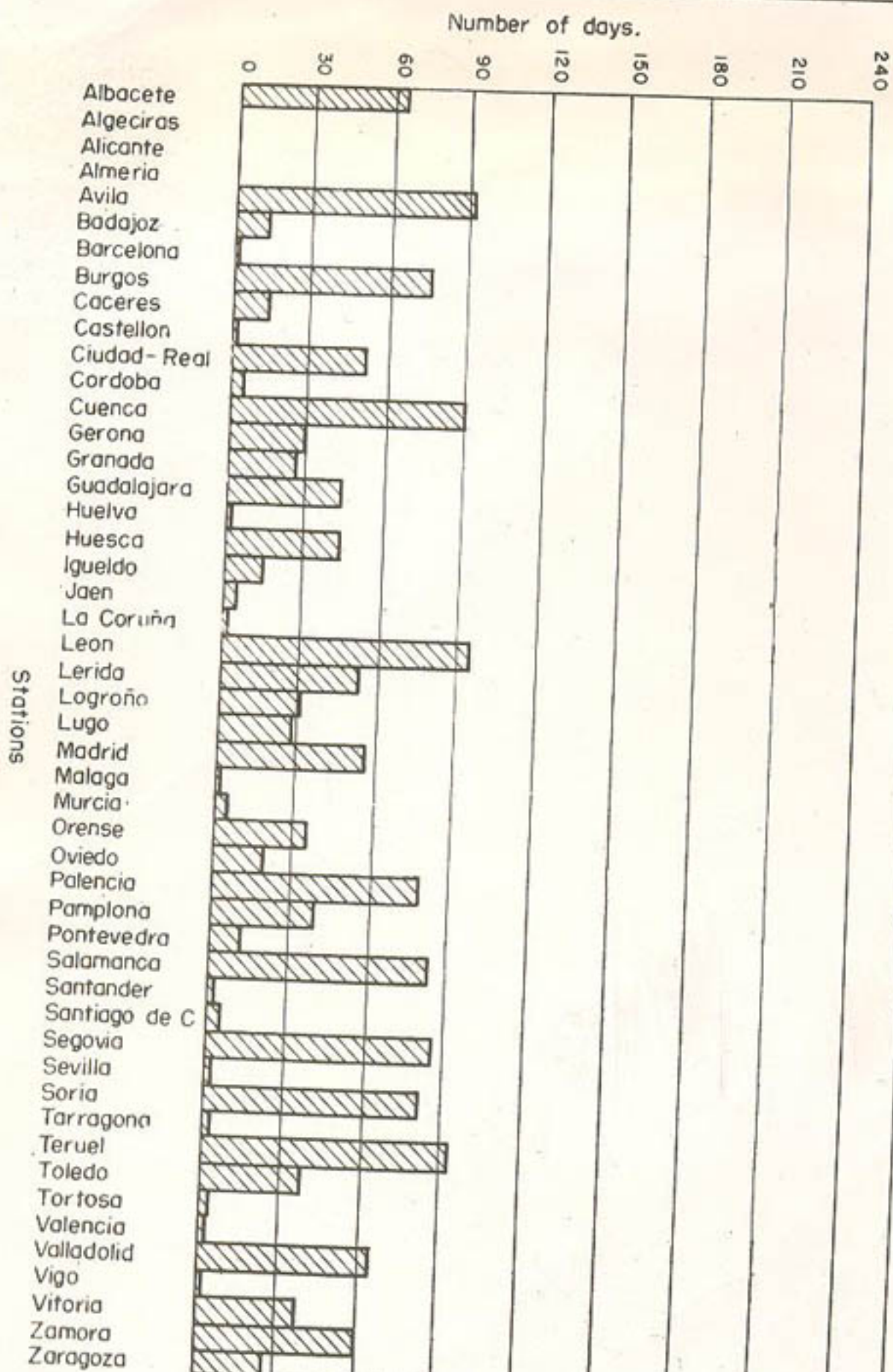
Канал Альгар / бассейн Хукара/. Сечения канала в мергелистых меловых четвертичных грунтах. Бетонная облицовка для мергелистых грунтов, с размещенными через 8 м температурными швами, водонепроницаемость которых достигается при помощи асфальто-битумной изоляции. Участки, расположенные в меловых грунтах, сооружены из кирпичных или каменных конструкций на известково-цементном растворе. Построен в 1948 году.

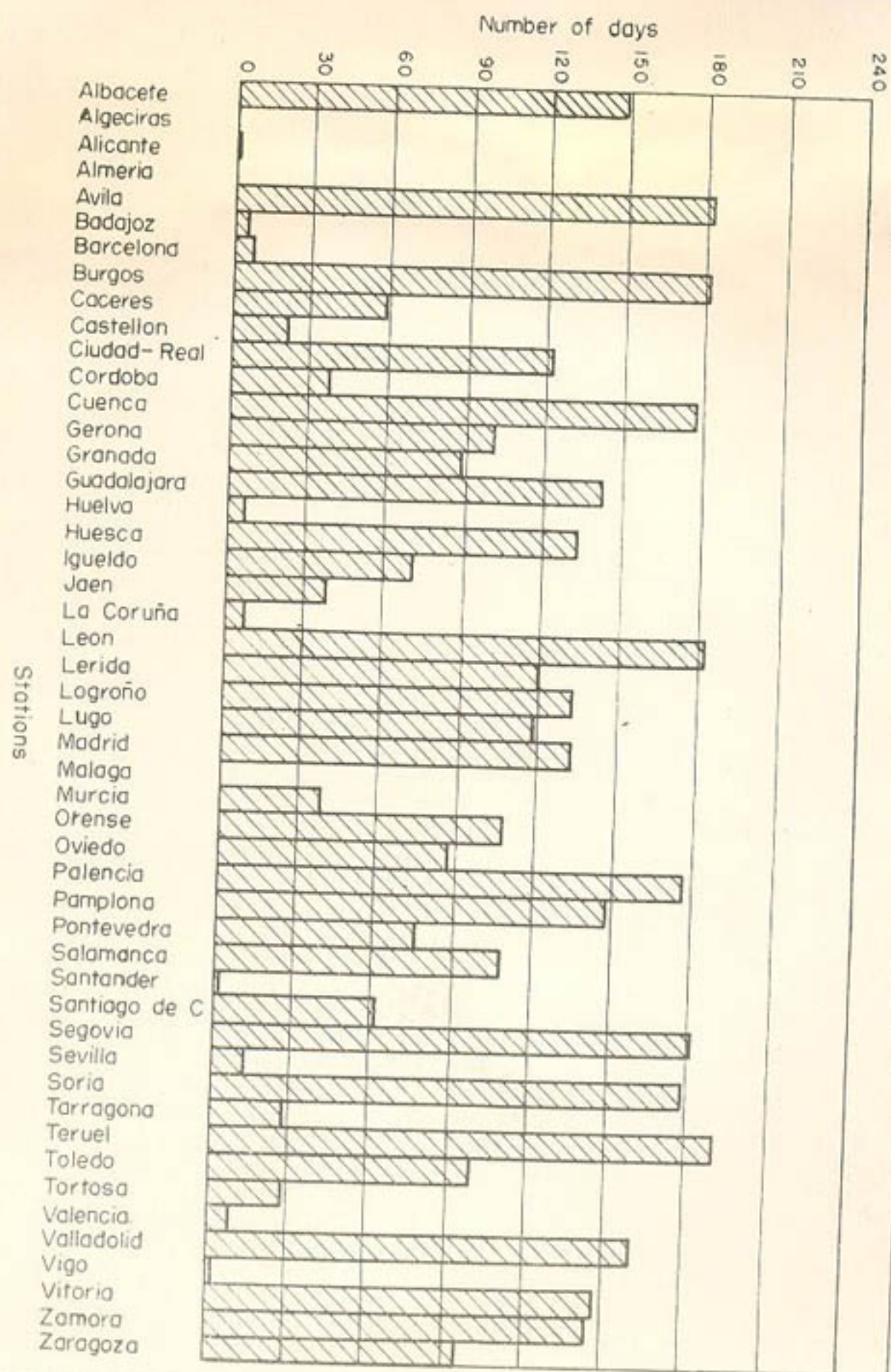
3. Каналы Розарито / бассейн Тахо/. Сечения каналов, показанных на рис. I и 3 таблицы иллюстраций VIII. Расчетный расход $7 \text{ м}^3/\text{сек}$. Стоимость бетонной облицовки трапециoidalного сечения, при толщине 10 см, составляет 34 пезеты за кв. ярд.

4. Каналы Розарито / бассейн Тахо/. Типы температурных швов.

5. Оросительные каналы Нахерилья /бассейн Эбро/. Сечения канала расходом $15 \text{ м}^3/\text{сек}$, проходящего в твердом песчаном и гравийном грунте. Сечение трапециoidalное с откосами 3:3. Толщина бетонной облицовки 20 см, температурные швы расположены через 6 м.

6. Каналы Генералиссимуса / бассейн Хукара/. Сечение пропускной способностью $25 \text{ м}^3/\text{сек}$, сооруженные в юрском известняковом грунте. Бетонная облицовка, содержащая 200 кг цемента на кубометр гладки. На участке в выемке ее толщина принята равной 20 см; температурные швы, с асфальтовой водонепроницаемой изоляцией, размещены через 8 м. Постройка недавнего времени.





Приложение I

КЛИМАТИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ / ТЕМПЕРАТУРА И
КОЛИЧЕСТВО СОЛНЕЧНЫХ ЧАСОВ /

Рис. А и Б. За основу приняты минимальные дневные температуры, зарегистрированные в течение периода 1901-1950 г.г. Для каждой зимы делалась отметка о первом и последнем днях, когда температура падала до 0°C , и подсчетом дней были получены данные о частоте этого явления. Установлены средние "количества морозных дней в году" и средние "продолжительности зимы" за рассматриваемый период, принимая "продолжительность зимнего периода" равным количеству дней между первым и последним днями с нулевой температурой.

Первые заморозки в Испании наблюдаются в октябре, а последние - в мае, за исключением нескольких отдельных случаев, когда заморозки были отмечены в сентябре и июне. Но наиболее часто начало и конец заморозков, даже для самых холодных мест, приходится соответственно на третью неделю октября и третью неделю апреля. Самый ранний заморозок 0°C / был зарегистрирован станцией Бургос 16 сентября 1903 года; Саламанка зарегистрировала заморозок 25 декабря / ? / 1931 года; самый поздний заморозок был отмечен в Куэнсе 10 июня 1914 года.

Что касается среднего количества морозных дней в году, то наибольшее количество их приходится на Теруэль / 97 дней /, Леон / 95 /, Авила / 93 / и Куэнсу / 92 /. Альмерия совершенно не имеет зарегистрированных заморозков; в Малаге заморозки имели место только для 9% лет наблюдений; в Алжесирасе - для 14%, в Аликанте - для 30%. Средняя продолжительность зимнего периода, то-есть, количество дней между первым и последним днями каждой зимы, в которые были зарегистрированы заморозки, составляет менее 10 дней для Кадиса, Аликанте, Альмерии, Бадахоса, Уэльвы, Хаена, Коруньи, Малаги, Сантандера, Понтеведры. В Кастельон Севилье и Таррагоне этот период длится менее 30

дней. Для 40% пунктов наблюдений он насчитывает более 90 дней, а в Авилае, Бургосе, Леоне, Сеговии и Теруэле он длится немногим более 180 дней.

Рис. В показывает распределение количества солнечных часов за год на полуостровной /континентальной/ части Испании. При составлении его использованы данные 58 станций за 1945-1954 г.г. При нанесении "изолиний" автор учитывал влияние рельефа на климат. Рис. В дает достаточно ясное представление о распределении солнечного света в Испании, являясь первой попыткой решения этой задачи.

В наиболее солнечных районах солнце светит в течение более 3000 часов в год, в самых облачных - более 1700 часов. Большая часть Пиринейского полуострова насчитывает 2500 таких часов, что является своего рода рекордом. Максимальное количество солнечных часов зарегистрировано в Сан-Фернандо /Кадис/, где оно составляет 3316 часов; минимальное количество их в Гимоне /Астурия / - 1727 часов.

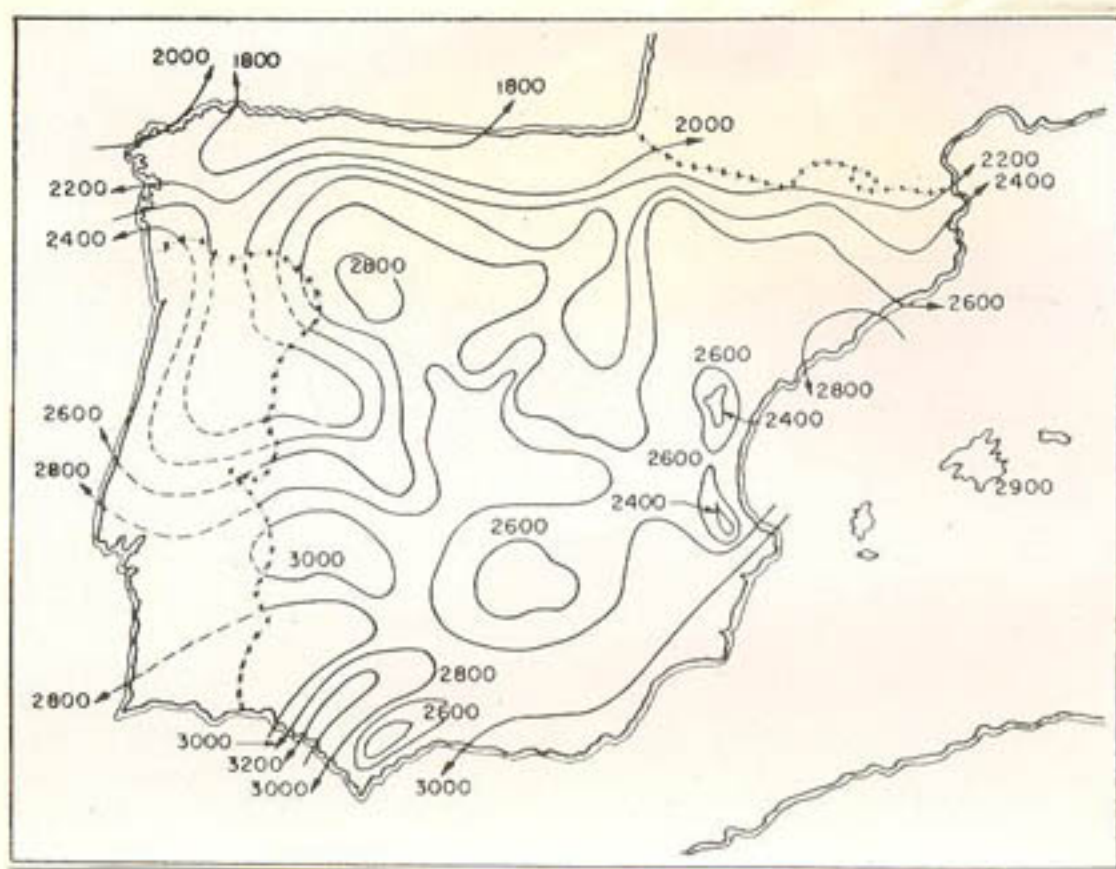


Рис. В - Среднегодовое количество солнечных часов в Испании за 1901-1950 гг.

ВЫВОДЫ:

1. Отсутствие заморозков в третьей декаде апреля до конца октября обеспечивает безопасность вегетации для всех видов весенних и летних культур, даже имеющих длительный цикл развития.

2. 2500 часов солнечного света, получаемые в среднем на большей части полуострова и верних 3000 часов в более теплых частях его, наряду с отсутствием заморозков в этих последних, дают возможность выращивать по два и даже по три урожая в год.

Приложение 2

КЛИМАТИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ / осадки/

Наблюдения. Изучение данных о минимальных количествах осадков / таблица II/ за период 1945-1953 г.г. показывает, что в засушливые годы только в семи провинциях были годовые осадки, превышающие в сумме 760 мм; в тридцати четырех провинциях годовые суммы их не достигали 400 мм; в пяти провинциях - Вальядолид, Альбасете, Сарагоса, Мурсия и Альмерия - годовые суммы осадков были менее 205 мм. Первой отличительной чертой дождей в Испании является их неравномерное распределение по территории и по периодам, судя по показаниям станций за один и тот же год. С другой стороны, в засушливые годы, Испания ощущает недостаток осадков.

Предварительное изучение данных таблицы III показывает, что за 68 лет / с 1881 по 1948 год/ годовые суммы осадков не концентрируются или группируются вокруг своего среднего значения; они рассеиваются в направлении к крайним точкам. Случаи отклонений за пределы / $M \pm 6$ / составляют 20-39%, согласно показаниям станций, принятым за опорные. Второй отличительной чертой выпадения осадков в Испании является большая изменчивость их по годам.

Таблица IV показывает, что, в среднем для Испании, среднее годовое количество осадков за период с 1881 по 1948 год является приемлемым.

Следует различать три области, а именно:

а/ Влажная область, включающая провинции Северной Испании, Атлантическое побережье и побережье Бискайского залива: Понтеведра, Берунья, Луго, Астурия, Сантандер, Бискай, Гвипускоа, включая Алав. Она занимает общую площадь 45,625 кв.км, составляющую 9,7% всей территории полуострова. В этой области годовые осадки всегда выше 600 мм. Среднемноголетняя годовая сумма

за 1881-1948 гг. колеблется, в зависимости от районов, между 830 и 1386 мм, причем имеются много отдельных лет с суммами, превышающими 2000 мм.

б/ Засушливая область включает четырнадцать провинций в центральной и юго-восточной Испании, образующих 32% общей площади /158458 кв. км/. Среднегодовые осадки за рассматриваемый период /1881-1948 / были ниже 390 мм, а в некоторых частях, в засушливые годы, падали до 100 мм.

в/ Остальная часть полуостровной территории Испании включает районы со среднегодовыми осадками от 481 до 584 мм за рассматриваемый 68-летний период. Она включает 25 провинций, занимающих 288.928 кв. км, или 58,3% общей площади.

Выводы. Среднегодовое количество осадков, выпадающих на земли полуострова, может считаться удовлетворительным, но имеет следующие неблагоприятные особенности:

1. Распределение осадков по областям и сезонам очень неравномерно.

2. Количество осадков из года в год сильно меняется, наблюдаются частые засушливые годы, когда малое количество дождей делает невозможным ведение сельского хозяйства обычными методами.

ТАБЛИЦА I

Суммы осадков в мм за сельскохозяйственные годы

за период с 1945 по 1953 г.г.

Станции	1945- 1946	1946- 1947	1947- 1948	1948- 1949	1949- 1950	1950- 1951	1951- 1952	1952- 1953
I	2	3	4	5	6	7	8	9
Дз-Дорунья	1023	1398	929	749	989	1301	890	976
Понтеведра	3710	2996	1215	853	1648	2282	1758	1035
Дуго	1007	1490	1070	741	1035	1300	961	956
Оренео	1007	1490	1070	741	1025	1300	961	621
Овиедо	767	1028	878	752	843	1133	1125	1013
Сантанлар	966	970	1105	769	1223	1736	1415	1158
Визкая	851	1087	1271	1084	1262	1610	1057	1366
Сан-Себастьян	1080	1149	1271	1119	1760	2045	1532	1564
Леон	486	614	606	336	526	527	530	466
Сальера	362	614	606	336	526	527	530	328
Наласия	491	483	440	270	500	426	384	229
Бургос	485	573	440	355	512	598	810	418
Ория	587	694	694	424	574	681	444	467
Вальдолина	393	449	334	214	313	341	389	185
Саламанка	659	417	444	273	324	457	405	253
Боговия	503	459	444	273	324	626	624	392
Авила	455	336	444	377	324	626	624	392
Мадрид	482	563	392	279	343	584	539	275
Гвадалахара	482	563	392	279	301	399	503	254
Толедо	448	470	371	266	641	309	385	254

Куэниа
Салла-Рэаль
Альбасете
Вазерес

Балахос
Витерия
Дорроньо
Памплоне

Уэска
Сарагоса
Теруэль
Герона

Лерида
Барселона
Таррагона
Настольон

Валенсиа
Аликанте
Мурсия
Севилья

Кордова
Хаэн
Гранада
Уэльва

Кашис
Малага
Альморин

588	357	521	350	480	663	740	290
422	506	451	310	250	531	642	237
411	424	358	311	250	371	338	161
508	534	463	290	424	503	593	290
476	535	551	293	481	394	486	329
653	685	763	591	1017	1092	388	701
454	394	388	383	479	484	409	378
628	678	383	333	479	484	409	378
571	554	432	333	382	482	516	394
520	333	252	161	319	424	323	289
420	484	364	286	349	427	450	203
718	466	951	767	500	735	747	684
706	375	951	767	500	735	747	684
496	333	648	517	361	693	803	553
636	349	648	517	577	413	766	322
569	382	346	542	465	350	848	243
394	422	425	495	278	513	437	268
335	402	337	464	318	321	319	359
329	429	379	653	213	403	346	203
751	711	641	313	599	602	700	489
615	837	779	271	365	602	514	333
593	1010	749	277	474	665	316	340
556	621	497	268	313	468	538	247
533	621	616	456	704	470	737	654
790	616	600	357	598	489	585	440
564	455	455	387	364	369	477	364
316	406	270	407	146	236	414	123

ТАБЛИЦА II

Максимальные, минимальные и средние суммы осадков в мм за соответствующие годы, за время с 1945 г. по 1953 г.

Станции	Максимумы		Минимумы		Среднюю годовую сумму
	Годы	Кол-во осадков	Годы	Кол-во осадков	
I	2	3	4	5	6
Ла-Корунья	1946-1947	1338	1948-1949	749	1025
Понтеведра	1945-1946	3710	1948-1949	853	1924
Луго	1946-1947	1490	1948-1949	741	1069
Оренсе	1946-1947	1490	1948-1949	741	621
Омiedo	1950-1951	1132	1948-1949	752	948
Сантанлер	1950-1951	1736	1948-1949	769	1168
Визкая	1950-1951	1610	1945-1946	851	1199
Сан Себастьян	1950-1951	2045	1945-1946	1080	1464
Леон	1946-1947	614	1948-1949	386	511
Самора	1945-1946	362	1952-1953	328	345
Паленсиа	1949-1950	500	1948-1949	270	400
Бургос	1951-1952	810	1948-1949	355	529
Сория	1946-1947	694	1948-1949	424	570
Вальядолид	1946-1947	449	1952-1953	185	327
Саламанка	1945-1946	659	1952-1953	253	404
Беговия	1950-1951	626	1952-1953	392	521
Авила	1945-1946	455	1946-1947	386	389
Мадрид	1950-1951	584	1952-1953	275	483
Гвадалахара	1951-1952	508	1952-1953	254	364
Толедо	1949-1950	641	1948-1949	266	418

Куэнка	1946-1947	857	1952-1953	290	561
Салад-Росаль	1951-1952	642	1952-1953	237	418
Альба-сете	1946-1947	424	1952-1953	161	339
Касерес	1951-1952	593	1952-1953	290	451
Балеарос	1947-1948	551	1948-1949	293	443
Витория	1950-1951	1032	1948-1949	391	811
Догроньо	1950-1951	484	1948-1949	333	415
Намплона	1946-1947	678	1945-1946	628	653
Уэска	1945-1946	571	1946-1950	382	476
Сарагоса	1945-1946	520	1948-1949	161	326
Теруэль	1946-1947	484	1952-1953	203	373
Герона	1947-1948	951	1946-1947	466	696
Лерида	1945-1946	706	1946-1947	375	541
Барселона	1951-1952	803	1946-1947	333	551
Та-рагона	1951-1952	766	1952-1953	322	510
Кастельон	1951-1952	848	1952-1953	243	468
Валенсия	1950-1951	513	1952-1953	268	410
Аликанте	1948-1949	464	1949-1950	318	357
Мурсия	1948-1949	653	1952-1953	203	370
Севилья	1945-1946	751	1948-1949	313	592
Кордова	1946-1947	837	1948-1949	271	531
Хабн	1946-1947	1010	1948-1949	277	615
Гранада	1946-1947	621	1952-1953	247	439
Уэльва	1949-1950	704	1950-1951	470	603
Мадрид	1945-1946	790	1948-1949	357	557
Малага	1945-1946	564	1952-1953	364	429
Альмерия	1951-1952	414	1952-1953	128	291

ТАБЛИЦА III

Характерные изменения и пределы колебаний годовых осадков по II опорным метеостанциям за 1881-1948 г.г.

Опорные станции	Среднегодовые осадки за период		Значения σ	Пределы годовых осадков / $M - \sigma$ / / $M + \sigma$ /	% случаев, выходящих за пределы
	1945-1954 гг	1881-1948 гг			
Сан Себастьян	1465	1386	333	1053-1719	20
Корунья	1025	830	222	608-1052	39
Кадис	557	584	163	417-747	30
Сория	571	551	120	432-671	29
Барселона	551	554	130	424-684	27
Уэска	476	535	163	372-698	24
Бадажос	443	507	157	350-664	21
Мадрид	433	431	91	340-522	27
Вальядолид	327	389	101	288-490	33
Аликанте	357	324	127	197-451	39
Мурсия	370	316	122	194-438	26

M - среднее арифметическое ряда;

σ - среднее квадратическое отклонение, равное частному от деления квадратного корня из суммы квадратов отклонений значений ряда от M на квадратный корень из числа значений.

Опорные станции связаны с другими станциями - аналогами следующим образом:

Сан Себастьян	Бискай и Понтеведра
Корунья	Луго, Сантандер, Овиедо и Витория
Кадис	Хабн, Уэльва и Севилья
Сория	Куэнка, Оренсе, Памплона и Герона
Барселона	Барид, Таррагона и Кастильон
Уэска	Леон, Сеговия и Бургос
Бадажос	Касерес, Гранада и Кордова
Мадрид	Саламанка, Толедо и Логроньо
Вальядолид	Авила, Гвадалахара и Паленсия
Аликанте	Малага, Валенсия, Теруаль и Сарагоса
Мурсия	Альмерия, Альбасете, Сьюдад-Реаль и Самора

ТАБЛИЦА IY

Среднегодовой объем воды, выпадающей в виде осадков на Пиринейский полуостров

Опорные станции и провинции, охватываемые ими	Площадь в кв. км	Среднего- довой осадки в мм	Среднеге- довой объем в млн. куб. м
<u>Сан Себастьян, Бискай и Понте- ведра</u>	8441	1386	11700
<u>Корунья, Луго, Сантандер, Овиедо и Витория</u>	37184	830	30863
<u>Кадис, Хаэн, Уэльва и Севилья</u>	45184	584	26387
<u>Сория, Куэнка, Оренсе, Помпелона и Герона</u>	50712	551	27942
<u>Барселона, Лерида, Таррагона и настольби</u>	32736	554	18169
<u>Уэска, Леон, Сеговия и Бургос</u>	51669	535	27643
<u>Бадахос, Касерес, Гранада и Кордова</u>	67864	507	34487
<u>Мадрид, Саламанка, Толедо и Логроньо</u>	40703	431	17543
<u>Вальядолид, Авила, Гвадалахара и Паленсия</u>	36844	389	14333
<u>Аликанте, Малага, Валенсия, Горгуэль и Сарагоса</u>	56304	324	18242
<u>Мурсия, Альмерия, Альбасете, Сьюдад-Реаль и Самора</u>	65310	316	20638
Всего	493011		247867

ТАБЛИЦА У

Регулирование стока

/ Данные Технического отдела Электротехнического
управления общественных работ за 1956 г. /

Назначение водохранилищ	Объемы в млн. куб. м			
	Построен- ные	Строя- щиеся	Проекти- руемые	Итого
Орошение	352	311	740	1403
Орошение и энергетика	9438	8243	3334	21014
Орошение и водоснабжение	44	100	120	264
Орошение, энергетика и водоснабжение	885	865	308	2058
	10719	9519	4502	24739
Водоснабжение	172	6	30	208
Энергетика	2652	1140	8216	12009
Энергетика и водоснаб- жение	121	387	50	553
Всего	13664	11152	12798	37514

Выводы

Построенные водохранилища имеют емкость 13664 млн. куб. м, из которых 10719 млн. куб. м приходятся почти полностью на орошение. Емкость водохранилищ, находящихся в процессе строительства, составляет 11052 млн. куб. м, из которых 9519 будут почти полностью использоваться для орошения. В целом, в ближайшем будущем, общая емкость водохранилищ, предназначенных для орошения, будет равняться почти 20000 млн. куб. м

ТАБЛИЦА УІ

Ирригационные системы в Испании
/ Поливные площади в тыс. га /

І. Действующие и улучшаемые

иригационные системы

Системы, построенные госу-
дарством или с его помощью.... 523

Старые системы, защищенные
работами, выполненными за счет
государства..... 322
845

Старые системы, построенные
частными лицами:

а/ Мероприятия по улучшению
систем, осуществляемые
за государственный счет,
находятся в стадии под-
готовительных работ... 299

б/ Мероприятия по улучше-
нию, намеченные к произ-
водству за счет государ-
ства, запроектированы.. 244

в/ Все мероприятия произво-
дятся исключительно за
счет частных лиц..... 162

406

705

Северный район и І
Средиземномор-
ский район..... 638
Атлантический
район..... 206

845 /

Северный район.. 4 /
Средиземномор-
ский район..... 186 /
Атлантический
район..... 109 /

299 /

1550

406

705

ІІ. Запроектированное ирига-
ционное строительство, на-
меченное к производству за
счет государства или с его
помощью

а/ Улучшение старых систем 244

б/ Новые площади орошения 861

1105

Северный район.. 10
Средиземномор-
ский район..... 508
Атлантический
район..... 587

1105

861

Всего

2411

ТАБЛИЦА УП

Длина облицованных каналов в км

Районы	Главные каналы		Оросительная сеть	
	Построенные	Действующие	Построенная	Действующая
Склоны Восточных Пиринеев	54	54	35	35
Бассейн Эбро	615	583	286	276
— " — Хукара	165	142	66	66
— " — Сегуры	17	—	—	—
Горные склоны в Южной Испании	52	43	88	88
Бассейн Гвадалquivира	737	380	565	556
— " — Гвадианы	129	62	171	118
— " — Тахо	244	235	518	518
— " — Дуэро	463	329	880	608
Горные склоны на севере Испании	14	13	36	36
Всего	2490	1841	2645	2301

ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ КАНАЛОВ

Допустимые скорости течения

Максимальная скорость. Опыты Скобеля /"Течение воды в каналах", 1939 г./ дают следующие максимально допустимые скорости: для слоистых пород - 2,4 м/сек; для твердых пород 4 м/сек; для бетона - 4,5 м/сек.

В необлицованном или облицованном землей канале максимально допустимая скорость, выраженная в м/сек, зависит от характера воды, который различается по следующим трем видам:

а/ чистая вода;

б/ вода со взвешенными коллоидными наносами;

в/ вода, несущая неколлоидные наносы /песок /.

Скорости для этих видов воды	а/	б/	в/
Мелкий песок / неколлоидный /	0,45	0,75	0,45
Супесь / неколлоидная/	0,50	0,75	0,60
Осадочная глина /неколлоидная/	0,60	0,90	0,60
Речные отложения / неколлоидные/	0,60	1,10	0,60
Плотная глина	0,75	1,10	0,70
Вулканический туф	0,75	1,10	0,60
Плотная пластичная глина / высококоллоидная/	1,15	1,50	0,90
Смесь глины, песка и гравия	1,15	1,50	1,50
Коллоидные речные отложения	1,15	1,50	0,90
Смесь глины, песка и гравия с коллоидными элементами	1,20	1,70	1,50
Аллювиальные отложения с ледниковыми остатками	1,20	1,80	2,00
Конгломераты	1,50	1,60	2,00

Если вода несет взвешенные коллоидные частицы, то допустимые скорости выше, чем для чистой воды.

Проведенные университетом в Айове опыты определили скорость, при которой начинают двигаться зерна песка, выразив ее посредством следующей формулы / *Engineering News Record-Sept. 1935* /:

$$v_0 = \frac{0.13}{2} d^{\frac{4}{9}} (S-1)^{\frac{1}{2}},$$

где:

v_0 - скорость, выраженная в м/сек;

d - диаметр зерен песка в мм;

S - удельный вес зерен.

Минимальная скорость. Эксперименты Кеннеди в Индии и Египте дают следующую формулу для определения минимальных допустимых незаилающих скоростей:

$$v_1 = \beta h^{0.64} \quad / \text{ в метрических единицах } /;$$

где:

h - глубина воды в канале;

β - коэффициент, изменяющийся в зависимости от характера взвешенных наносов, который имеет следующие значения:

0,40 для логных глин и очень мелкого песка;

0,55 для мелкого песка / 0,4 мм диаметром /;

0,63 для среднезернистого песка / 1 мм /;

0,67 для достаточно крупного песка / 1,5 - 2 мм /;

0,90 для крупнозернистого песка / 2-3 мм /

На основе формулы Маннинга

$$v = \frac{1}{n} \tau^{\frac{2}{3}} i^{\frac{1}{2}},$$

принимая $\tau = h$, получаем $\frac{1}{n} h^{\frac{2}{3}} i^{\frac{1}{2}} = \beta h^{0.64} = \sim \beta h^{\frac{2}{3}}$,

Таким образом, имеем приблизительное равенство: $i = (p h)^2$

Это уравнение дает нам первое приближение для установления формы канала при $z = h$, определяя уклон как функцию коэффициентов β и n .

Исследования Конти / *Annali dei Lavori Pubblici* 1931-1932гг, продолжающие работы Кеннеди и Ласея, дают формулы для определения скорости течения и уклона. В них, помимо значений C и R , соответствующих общей формуле $v = C \sqrt{R i}$, введены также коэффициенты ρ , ϕ , ϕ' и ϕ'' . Первый из них ρ является отношением твердого расхода взвешенных наносов к общему расходу канала; $\phi = 743$; ϕ' и ϕ'' — коэффициенты, изменяющиеся в зависимости от диаметров c' и d' частиц, несомых водой и составляющих русло канала. Эта формула употребляется редко, ввиду ее сложности.

Коэффициенты шероховатости

В приведенной ниже таблице даны коэффициенты, входящие в формулы Базина, Маннинга, Куттера и Гоклер-Стриклора для всех видов облицовок, в соответствии с последней системой классификации:

Формула Базена: $v = c \sqrt{z i}$; $c = \frac{87}{1 + \frac{y}{\sqrt{z}}}$

Формула Маннинга: $v = \frac{1}{n} z^{\frac{2}{3}} i^{\frac{1}{2}}$

Формула Куттера: $v = \frac{100 \sqrt{z}}{m + \sqrt{z}} \sqrt{z i}$

Формула Гоклера и Стрикклора: $v = K z^{0.67} i^{0.50}$

Характер поверхности	Ф о р м у л ы			
	База на <i>y</i>	Маннин- га <i>n</i>	Кутте- ра <i>m</i>	Стриклера и Гоклера <i>k</i>
Хорошо выполненная цементная штукатурка. Сборные детали с хорошо подогнанными и закрытыми стыками. Длинные участки каналов с чистой водой	0,06	0,010	0,10	90
То же, но на каналах с кривизной среднего радиуса и мутной водой	0,10	0,011	0,18	87
Обычная цементная штукатурка. Сборные плиты с обычными стыками без заливных устройств. Тесаный камень. Открытые битумные экраны. Каналы с кривизной среднего радиуса и чистой водой	0,16	0,012	0,20	85
Цементное покрытие с небольшими неровностями. Сборные плиты с грубой стыковкой. Асфальтобетонные облицовки на прямых участках каналов и на каналах с кривизной большого радиуса	0,26	0,013	0,25	80
Обычный бетон без штукатурки. Хорошо выполненная обычная каменная кладка. Торкретная облицовка	0,30- 0,40	0,014	0,30-0,50	75

Характер поверхности	Ф о р м у л ы			
	Базена <i>y</i>	Манинга <i>n</i>	Куттера <i>m</i>	Стрикленда и Тоулера <i>k</i>
Хорошо выравненное покрытие из уплотнённого грунта. Обычная каменная кладка на растворе из камня средних размеров.....	0,45-0,60	0,017	0,60	70
Подвергшийся размыву или разрушению бетон., Неровная каменная кладка. Обычная сухая кладка. Покрытие из неуплотнённого грунта или гравия и песка.....	0,85-1,00	0,020	0,75-1,25	60
Облицовки, подобные перечисленным в предыдущем пункте, но заброшенные и частично покрытые растительностью	1,30	0,025	1,50	50

На практике значения коэффициентов принимают выше приведенных в таблице.

ФИЛЬТРАЦИЯ ^{из} КАНАЛОВ

В развитие многочисленных экспериментов, проведенных в Пендабе, М. Ингхем предложил следующую формулу:

$$P = 0,55 \ C \frac{W^2 L}{1.000.000} \sqrt{d}$$

где:

P — потери от фильтрации в м³/сек на протяжении L м канала;

d — глубина воды в м;

W — ширина канала по урезу воды в м;

C — коэффициент, в среднем, равный 4,5.

Дэвис и Вильсон дают следующую формулу:

$$P = 0,45 \ C \frac{x L}{4.000.000 + 3650 \sqrt{v}} \sqrt[3]{d}$$

где:

P — потери на фильтрацию в м³/сек на длине канала, равной L м;

d — глубина воды в м;

x — смоченный периметр поперечного сечения канала в м;

v — средняя скорость течения в м/сек;

C — коэффициент, равный для облицованных каналов:

$C = 1$ при бетонных облицовках толщиной 100 мм;

$C = 4$ при облицовках из мягкой глины /"сахетар"/ толщиной 150 мм;

$C = 5$ при легких битумных облицовках;

$C = 8$ при облицовках из заглаженной глины /"сахетада" толщиной 76 мм;

$C = 10$ при битумных облицовках при облицовках из цементного раствора /"торкрет"/

СЕЧЕНИЯ С МИНИМАЛЬНОЙ СТОИМОСТЬЮ

ВЗАИМНАЯ СВЯЗЬ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА СТОИМОСТЬ ОБЛИЦОВАННОГО КАНАЛА

Земляные каналы, облицованные или необлицованные, почти всегда имеют трапециoidalную форму, с заложением откосов, зависящих от угла естественного откоса грунта, по которому они проходят. Это заложение изменяется от 1:5 до 3:2.

Общий случай

Предположим, что в рассматриваемом поперечном сечении канала угол поверхности земли с горизонтальной плоскостью равен β ; предположим, что $\operatorname{ctg} \beta = p$

Заложение откосов канала назовем m

Примем, что горизонт воды не возвышается над поверхностью земли, что для каналов, построенных на горных склонах, является обычным.

Угол, образованный облицованным откосом с горизонтальной плоскостью, обозначим через α . Глубина воды будет характеризовать форму сечения / для $m = \operatorname{ctg} \alpha$ /, если принять ширину канала по дну за единицу, то есть предположить $b = 1$. При этом получим:

площадь живого сечения $S_h = h + mh^2; \dots$

ширина его по верху $B = 1 + 2mh \dots$

Общая площадь сечения выемки канала составит:

$$D_h = \frac{1}{2} \left[h + (1 + 2mh) \frac{1 + (p+m)h}{p-m} \right],$$

/ 1 /

Смоченный периметр равен

$$x_h = 1 + 2h\sqrt{1+m^2}$$

/ 2 /

Можно задаться требованием сократить фильтрацию до минимума, но этот расчетный случай не представляет интереса для определения облицовки каналов, потому что фильтрация невелика, а качество облицовки может быть сделано таким, чтобы фильтрация могла со временем уменьшаться или, по меньшей мере, не увеличивалась.

Поэтому, будем исходить из условия получения минимальной стоимости, определяя ее как функцию стоимости куб.м земляных работ и кв.м облицовки, цены которых обозначим соответственно через d и r .

Общая стоимость P_h одного пог.м канала будет равна сумме стоимостей земляных работ и облицовки, которые соответственно обозначим через P_{dh} и P_{rh} . Зная размеры сеченно-го периметра и площади сечения внешии, находим:

$$P_h = X_h r + D_h \cdot d,$$

в которой X_h и D_h имеют значения, выраженные выше как функции h, m и p .

Приводим гидравлические формулы, опуская пока уклон канала i и рассматривая пропускную способность, соответствующую единице уклона. Рассматриваемый таким образом канал определяется как "типичный канал", и протекание потока в нем выражается отношением:

$$C_h = \frac{Q}{V i} = \frac{1}{n} R_h^{\frac{2}{3}} \cdot S_h \quad \text{/формула Маннинга /,}$$

/ 3 / в котором

$$R_h = \frac{S_h}{X_h} = \frac{h(1+mh)}{1+2h\sqrt{1+m^2}}$$

Коэффициент подобия между таким "типичным каналом" /с шириной по дну, равной единице/ и каналом, который должен быть построен /с некоторой шириной по дну b и пропускной способностью c /, на каждую единицу уклона будет следующим:

$$L_h = \left[\frac{c}{C_h} \right]^{\frac{3}{8}} \quad (4)$$

Стоимость канала, выраженная в зависимости от размеров смоченного периметра и площади сечения внешней будет равна:

$$P_h = L_h x_h \cdot z + L_h^2 D_h \cdot d,$$

/ 5 /

где: $x_h = \xi(h, m)$; $D_h = \psi(h, m, p)$.

Приведенная выше формула дает цену как функцию известных в каждом случае величин: уклона поверхности участка, заложения откосов канала, стоимости 1 куб.м внешней и 1 кв.м облицовки. Определение наиболее экономичной формы сечения и, в конечном счете, ширины канала по дну, производят подбором, задаваясь значениями h и последовательно применяя формулы /3/, /4/, /1/, /2/ и /5/. Габаритными размерами искомого сечения будут: ширина по дну L и глубина наполнения, равная $L \cdot h$. Последовательно вычислим живое сечение, смоченный периметр, гидравлический радиус и скорость течения. После этого должна быть введена опущенная переменная i .

Решение описанной выше задачи весьма трудоемкое и практически обычно не применяется.

Частный случай

Если принять поверхность местности за горизонтальную, что обычно имеет место на равнинах, то можно будет применить следующую формулу:

$$\frac{h}{\sqrt{S}} = \frac{1}{\left[\xi \frac{1}{2^n} + \frac{S^n}{H^{2n}} \right]^{\frac{1}{2}n}}$$

С другой стороны, n служит показателем, характеризующим скорость, с которой h приближается к H / и предельной глубине, допустимой на практике при увеличении сечения/;