

АРХИТЕКТУРА ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ КАК ВОПЛОЩЕНИЕ ПРОГРЕССИВНОЙ ИНЖЕНЕРНОЙ МЫСЛИ

П.Ф. Лунина

Московский архитектурный институт (Государственная академия), Москва, РОССИЯ

Человек всегда стремился поселиться ближе к воде, поэтому проблема защиты от наводнений и поиск различных способов защиты давно актуальны. На сегодняшний момент, учитывая повышение уровня воды в мировом океане, данная проблема обострилась. Из-за сложности и особенности природных, гидрологических и ландшафтных условий разных городов, благодаря современному научно-техническому прогрессу, появилась возможность разработок самого разнообразного ряда проектов подобных инженерных сооружений.

В районах с высокой вероятностью затопления (как правило, это прибрежные районы морей и океанов) не самую последнюю роль играют гидротехнические сооружения для защиты от потока воды, надвигающегося на прибрежные территории во время наводнений и штормов. При проектировании именно такого рода защитных сооружений инженерная мысль приобретает весьма интересную форму. В мире существуют различные, порой многозатратные, но весьма интересные с точки зрения научно – технического прогресса, проекты защитных дамб. Они являются не просто сложными инженерными сооружениями, но и архитектурными объектами, стимулирующими технические инновационные процессы и играющие важную роль в формировании морского фасада города. В данной статье из существующего мирового опыта рассмотрено несколько интересных и наиболее показательных сооружений для защиты от наводнений.

Как правило, такие проекты принадлежат тем странам, которые на протяжении всей своей истории подвергались довольно сильным наводнениям и затоплению: Нидерландам, Великобритании, Италии, России и др. В современных условиях такие проекты все более развиваются и совершенствуются с применением новейших строительных и компьютерных технологий.

При проектировании защитных сооружений учитываются различные факторы, наряду с их прямым назначением – защитой. В первую очередь учитываются условия судоходства, и, что немаловажно, сохранение существующих гидроусловий водной акватории, которая попадает в зону влияния дамб и гидротехнических сооружений. Эти объекты можно назвать объектами промышленного значения для городов. К тому же чаще всего они совмещают в себе и транспортную функцию (мосты-дамбы).

В Лондоне на протяжении многих столетий Темза, запертая ветром и нагонной волной, подтапливала целые районы. Решение защитить город от наводнений было принято в 1972 году. И уже в 1984 году комплекс защитных сооружений стоимостью в полмиллиарда английских фунтов был завершен. Были построены две плотины, сдерживающие и регулирующие напор воды.

Название плотины простое и ясное - Thames Barrier, чего не скажешь о форме плотины, полностью продиктованной инженерной мыслью (Рис.1 - Рис. 3). Ширина плотины (Thames Barrier) от берега до берега около 520 метров (1,700 ft.). Четверо главных ворот имеют ширину в свету 61 метр (200 ft.), высоту 20 метров (66 ft.), вес около 3,700 тонн и могут противостоять общей нагрузке более чем 9,000 тонн. Всего в Барьере 10 подвижных затворов (4 больших и 6 малых). В рабочем положении ворота лежат на дне реки, и суда проходят между опорами свободно (Рис. 4). При угрозе подъема воды все ворота поворачиваются на 90 градусов и становятся сплошной стальной стеной (Рис.5.).

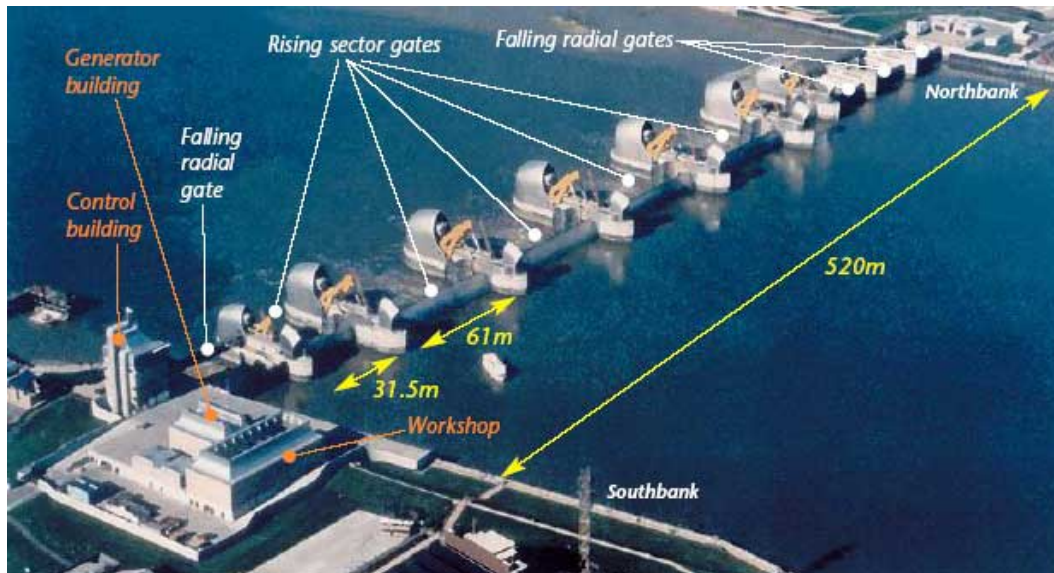


Рис. 1. Плотина Thames Barrier (1984 г.). р.Темза, г.Лондон, Великобритания



Рис. 2. Перспективное изображение Thames Barrier



Рис. 3. Панорама Thames Barrier



Рис. 4. Проход судов через Thames Barrier

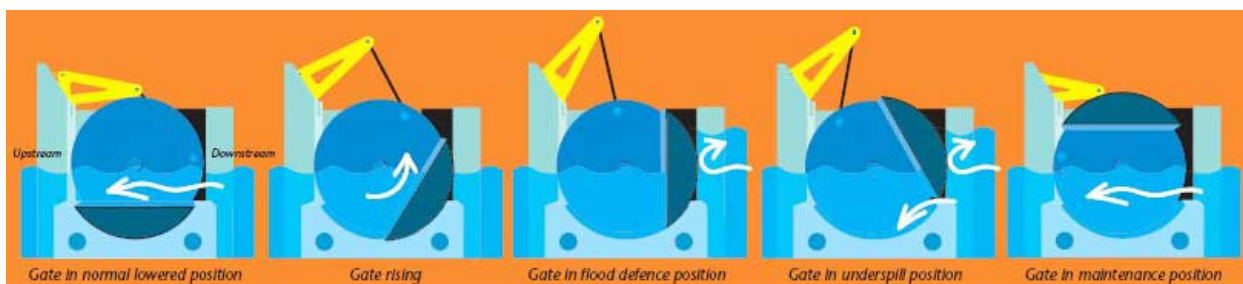


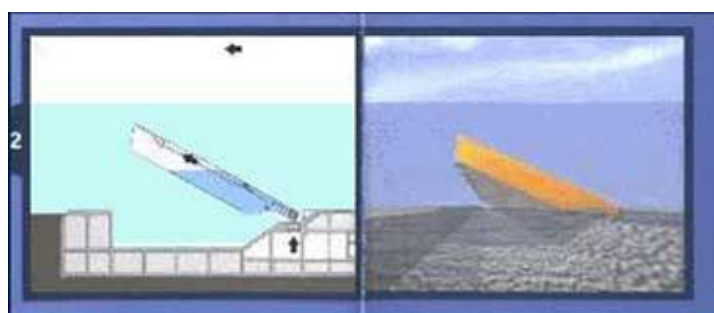
Рис. 5. Схема работы Thames Barrier

В Венеции после трагических событий 1966 года, когда под угрозой затопления оказался весь город с его памятниками архитектуры, был создан специальный консорциум, в который вошли известные итальянские строительные компании, - Consorzio Venezia Nuova. Так появилась структура Mo.S.E. ("Моисей"), состоящая из специальных подвижных плотин. Mo.S.E. (Modulo Sperimentale Elettromeccanico) - "Экспериментальный Электромеханический Модуль" работает по принципу заграждений, которые поднимаются на железнодорожных переездах, чтобы автомобили даже при всем желании нетрезвых водителей не смогли выехать на рельсы.

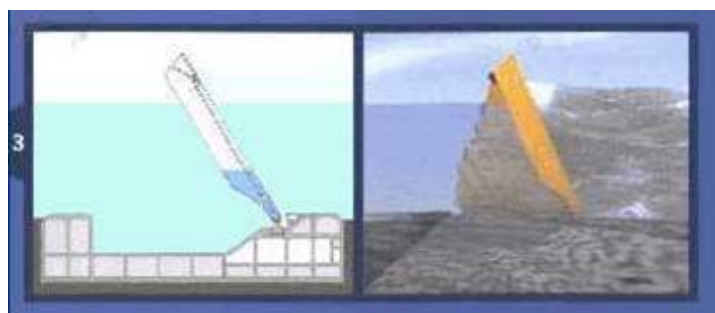
Когда уровень прилива превысит отметку в один метр, они поднимутся и отгородят Венецианскую лагуну от Адриатического моря (Рис. 6(а-с)). Внутренняя часть барьеров в обычном положении заполнена водой. При угрозе наводнения вода вытесняется сжатым газом (воздухом) и барьеры всплывают. Средняя частота закрытий прогнозируется от трех в год в настоящее время до 25 в год к 2100 г. (цифра получена из прогнозов глобального потепления и общего подъема уровня океана). На строительство комплекса отводится 8 лет. Министр инфраструктур Лунарди объявил 2010 год годом сдачи проекта, стоимость которого оценивается в 4,1 млрд. евро. Были предложения сделать барьеры из стали. Есть сторонники "бетонной" идеи. Параметры одного барьерного блока: ширина 20 м., высота от 20 до 30 м., толщина 5 м. Внутренняя часть барьеров в обычном положении будет заполнена водой, при угрозе наводнения она вытесняется сжатым газом (воздухом) и барьеры всплывают. Затворы будут подниматься, если по прогнозу подъем уровня может превысить 110 см.



a)



b)



с)

Рис. 6.(а-с). Экспериментальный Электромеханический Модуль "Моисей" Modulo Sperimentale Elettromeccanico (Mo.S.E.), Венеция, Италия: а) море спокойно - нерабочее положение; б) надвигается шторм - система приводится в движение; с) угроза от надвигающейся волны - система в рабочем состоянии

Российский пример защитных гидротехнических сооружений находится в городе Санкт-Петербурге. Интересны не только его форма и функция, но и история, которая берет свое начало еще с самого основания города. Уже 20 августа 1703 года, спустя чуть больше двух месяцев после основания северной столицы, были предприняты первые попытки, решения вопроса по защите города от наводнений.

Проекты были различными: поднимали основания сооружений (в частности проект Б.К. Минихина 1727 года предусматривал возвышение территории города на 13 футов - более 4 метров); рыли каналы; существовали проекты обваловки отдельных участков города; гидротехнические проекты, такие как проект 1824 года инженера Пьера Доменика Базена, который предложил построить каменную дамбу поперек Финского залива, от Лисьего носа через остров Котлин до Ораниенбаума.

В дамбе предусматривались проходы для судов, ограждения, водосливы и др., но проект по тем временам считался фантастическим и при тогдашнем уровне техники и ограниченности ресурсов, создать такой барьер было практически невозможно. Обсуждения затянулись на тридцать с лишним лет, в итоге решили ограничиться ограждениями в пределах дельты Невы. Время шло и, несмотря на предпринятые меры, проблема оставалась нерешенной. Парадокс в том, что в процессе поиска все время возвращались к идее П.Д.Базена. Вот и в 1960 году под руководством Н. Е. Кондратьева был разработан западный вариант (примерно по линии современного Комплекса), практически полностью повторяющий идею П.Д.Базена.

В 1979 году по этому проекту началось создание комплекса защитных сооружений (КЗС) (Рис.7). КЗС Санкт-Петербурга — инженерное сооружение, состоящее из комплекса дамб и водопропускных и судопропускных отверстий С-2 (Рис. 8), полной протяженностью в 25,4 км, и максимальной высотой подъема воды, которую может выдержать комплекс - 4,5 метра.

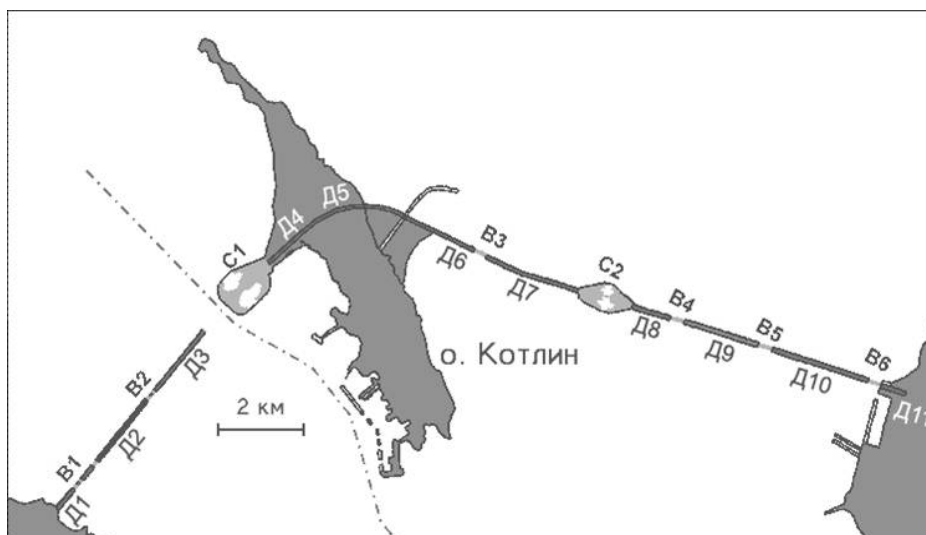


Рис. 7. Схема Комплекса Защитных Сооружений КЗС (2008 г.), г. Санкт-Петербург, Россия



Рис. 8. Схема С-2, г. Санкт-Петербург

В 1987 г. строительство было прервано, так как появились опасения (впоследствии снятые) по поводу негативного экологического воздействия КЗС, а затем - из-за отсутствия финансирования. В октябре 2004 года строительство возобновилось. Строительство велось по чертежам 30-летней давности. Многие идеи и технологии, заложенные в проекте, к тому моменту безнадежно устарели. К примеру, плавучие ворота на С-1 (Рис. 9) должны были закрываться с помощью двух тракторов-тягачей.

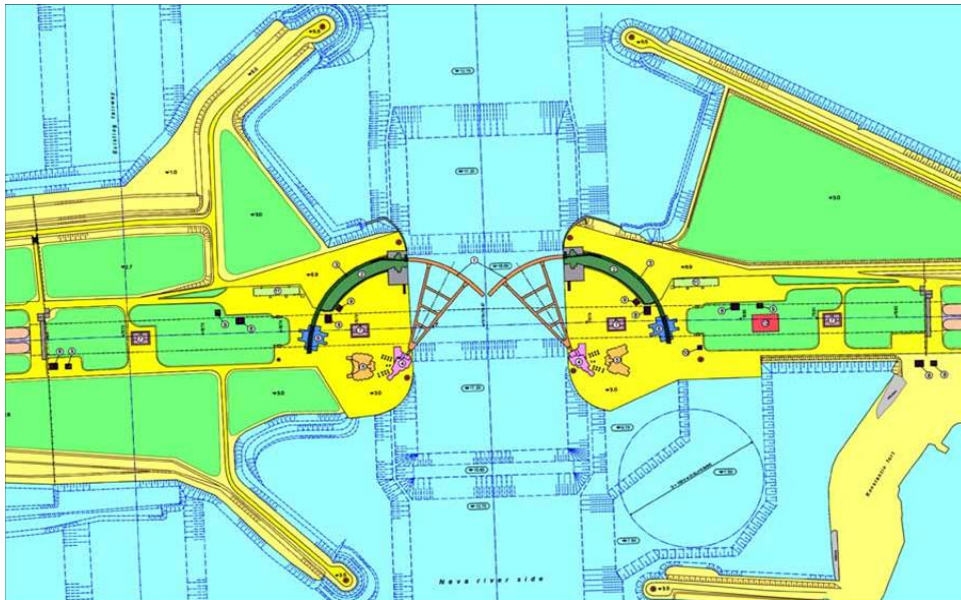


Рис. 9. Схема С-1, г.Санкт-Петербург

Теперь же, благодаря новейшим компьютерным технологиям в течение трех часов после срабатывания системы предупреждения о наводнении эти затворы будут закрываться автоматически, полностью исключая возможность подтапливания прибрежных территорий (С-2). Плавающие затворы (батопорты) работают по принципу подводной лодки. В мирное время они лежат в сухих доках. За 8 часов до перекрытия доковые камеры открываются и заполняются водой. Через 15 минут секционные затворы уже находятся в плавучем состоянии. За 2 часа до перекрытия навигационные сигналы переключаются на «красный» и затворы начинают сходить к центральной оси реки. На это уходит обычно полчаса. После «теплой встречи» отсеки сегментных затворов заполняются водой и опускаются на дно реки под собственной тяжестью. Как только угроза штормового нагона миновала - начинается «продувка балласта», батопорты всплывают и идут в свои доки.

Ирония истории заключается в том, что дата завершения строительства КЗС была назначена на 19 августа 1991 года, но открытие судопропускного сооружения С-1 петербургской дамбы, состоялось лишь 14 апреля 2008г.

В Нидерландах реализована похожая идея в Роттердаме - Maeslantkering (Рис. 10).



Рис. 10. Maeslantkering в Роттердаме (1997г.). Нидерланды

Maeslantkering - этот штормовой барьер расположен в водном пространстве Nieuwe Waterweg, как раз между городами Хук ван Холланд (Hoek van Holland) и Мааслуис (Maassluis). Его конструкция была финальным этапом проекта "Дельта", а целью установки - защита от наводнений Роттердама, Европорта и небольших городов на побережье.

Первоначально планировалось, что вместо барьера будут укреплены уже существующие плотины. Однако вначале 80-х по ряду причин был объявлен конкурс и проект, выигравший конкурс был прост, как все гениальное. Разработчики предложили построить огромные ворота, которые бы, при необходимости, закрывались, блокируя доступ лишней воды в гавань. В остальное время, их створки находились на берегу и никоим образом не мешали судоходству (Рис. 11).

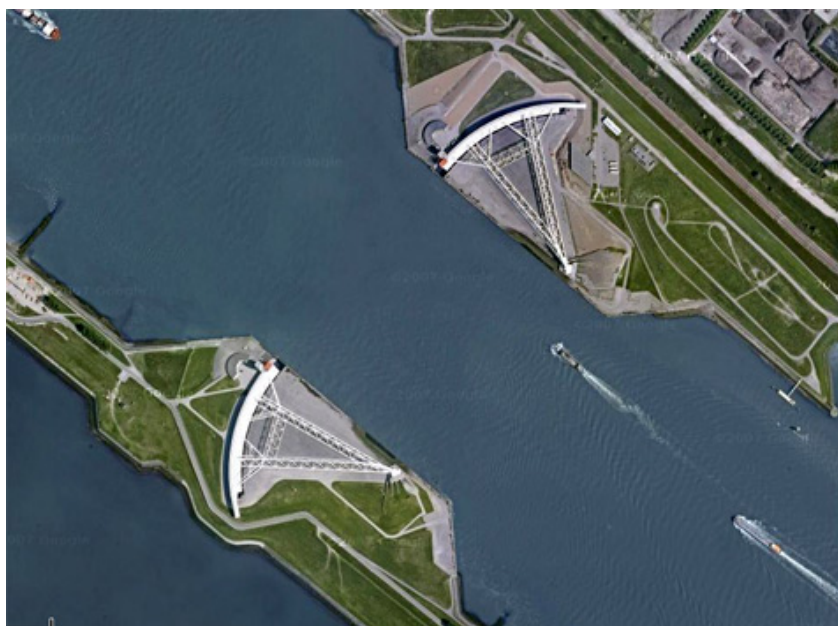


Рис. 11. Панорама Maeslantkering

Дополнительным плюсом идеи было то, что построение этой дамбы не требовало столь же сложных условий и заполненных водой доков - практически все конструкторские работы могли быть проведены на суше. Создание барьера началось в 1992 году (и длилось до 1997 года) постройкой доков на обоих берегах залива, а на его дне установили специальный паз. Далее были установлены двое ворот. Сегментные ворота, перекрывающие фарватер имеют длину почти 300 метров, ширину 210 и высоту - 22, вес - 5500 тонн. К ним приварили 237-метровые стальные связи. Шарнир, благодаря которому закрывается створка ворот, в диаметре составляет 10 метров и весит 680 тонн. Конструкция барьера обошлась в 450 млн. евро. Судоходный канал в этом месте глубиной 17 м и шириной 360 м. (Рис. 12).



Рис. 12. Барьер Maeslantkering в плавучем состоянии

Голландцы, так как 50 % их территории находится ниже уровня моря и достаточно часто подвергалась сильным наводнениям, имеют наиболее интересные наработки в области инженерных защитных сооружений. Самый интересный и масштабный проект «Дельта», в состав которого входит Maeslantkering. Согласно ему, за период с 1950 по 1997 годы были полностью заблокированы все рукава дельты, включая устье залива Остерсшельде (Oosterschelde), Харингвлиет (Haringvliet) и озеро Гревелинген (Grevelingen). По сути, мощные дамбы соединили между собой острова. Эта сложная техническая система способна защитить страну от 5-метрового подъема воды, а ее постройка до сих пор считается одним из самых дорогих инженерных проектов в мире.

Наиболее интересной дамбой в этом перечне является 9-ти километровый барьер Oosterscheldekering (Восточная Шельда). (Рис. 13).



Рис. 13. Дамба Oosterscheldekering на р.Восточная Шельда, Нидерланды

Создание этого барьера было самой тяжелой, самой сложной и самой дорогой частью проекта "Дельта". Барьер состоит из 65-и столбов (25 x 50 м) и 62-х стальных ворот между ними, каждые из которых в длину составляют 42 метра (рис. 14). Ворота приводятся в действие гидравликой. Решение использовать именно такую конструкцию защитных сооружений, было принято в целях сохранения рыболовного промысла и разводимых в Восточной Шельде мидий и моллюсков, существование которых напрямую зависит от приливов и отливов.

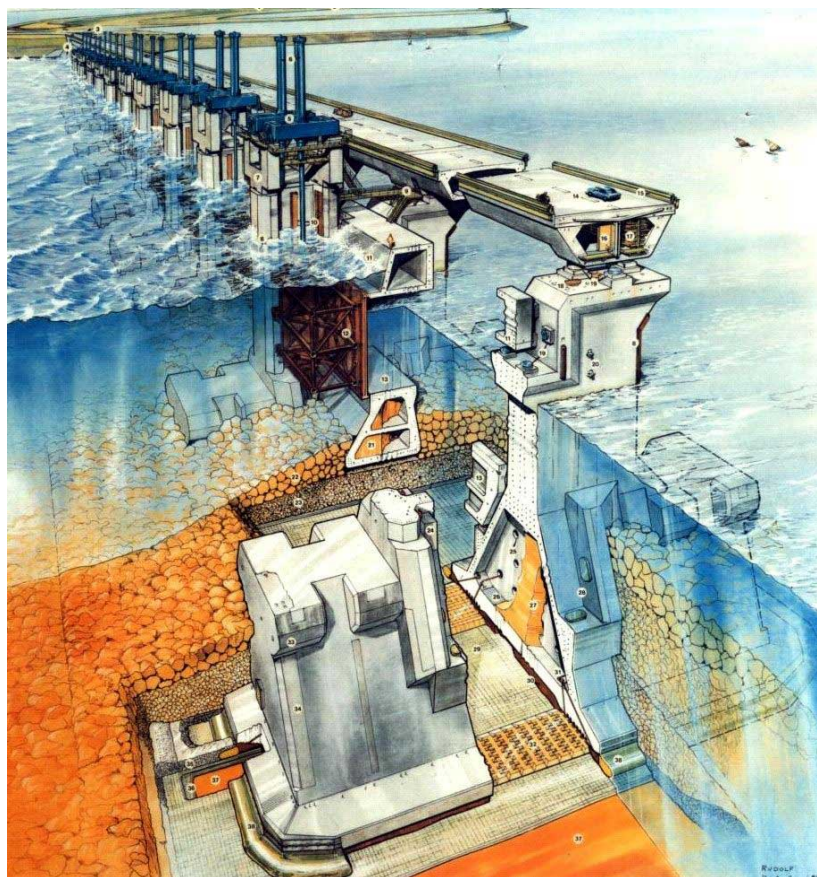


Рис. 14. Схема устройства Oosterscheldekering

Конструировались части в сухом доке, который затем был заполнен водой и маленький корабль, специально созданный для проекта, переместил столбы в их конечные позиции. Каждая такая бетонная конструкция была от 35 до 38.75 метров в высоту и весила 18 тыс. тонн, так что передвинуть ее каким-то другим способом было невозможно. Дамба управляется людьми, однако оснащена электронной системой безопасности. Все случаи, при которых барьер закрывается, четко описаны в законодательстве: полностью шлюзы захлопываются, только если вода поднимется не менее, чем на три метра по сравнению со своим обычным уровнем. Для проверки механизмов раз в месяц осуществляется закрытие одной из дверей (эта процедура занимает около часа). (Рис. 15)



Рис. 15. Панорама Oosterscheldekering

Hartelkering (Hartel Barrier) – еще одно творение в Нидерландах заслуживающее внимания. Это одно из наиболее важных и выразительных защитных сооружений Европорта. Подвижный барьер состоит из огромных эллиптических ворот, помещенных между овальными опорами (рис. 16).



Рис. 16. Hartelkering (Hartel Barrier), Нидерланды (1996 г.)

В открытом состоянии вода спокойно протекает сквозь барьер, что является особенностью данного объекта. На опорах-пилонах размещается специальное

подъемное оборудование, которое приводит в действие сами створки ворот. Две разновеликие металлические поднимающиеся створки имеют пролеты 49,3 и 98 метров. (Рис. 17). В открытом состоянии ворота подняты, и их верхняя отметка составляет 14 метров – немного выше, чем плоскость моста, проходящего по дамбе. В том случае, если они закрываются, их верхняя отметка составляет 3 метра.



Рис. 17. Вид ворот Hartelkering (Hartel Barrier)

Современные гидротехнические сооружения – это результат взаимодействия научно-технического процесса, новейших компьютерных технологий с инженерной мыслью, выраженной в мощной конструкции, стимулирующий новое формообразование. И чем гениальнее мысль, тем ярче форма. Гидротехнические сооружения несут в себе не только защитную функцию, но также являются важным элементом в формировании градостроительного образа, существуя в гармонии с природой.

Литература

1. Якубов Р.А. Архитектура гидротехнических сооружений. М.: изд. «Энергия», 1970.
2. Тилло Э.И. Проект предохранения Санкт – Петербурга от наводнения. СПб.: Тип. Императорской Академии наук, 1893.- 54 с.
3. Сайт ГУССТ №3 - <http://www.usst3.spb.ru/>
4. Сайт корпорации "Трансстрой" - <http://www.transstroy.ru/>
5. Официальный сайт ОАО «ВО «Технопромэкспорт» - <http://www.tpe.ru/>
6. Другие полезные ссылки:
<http://tpe.quantumart.ru/live/projects.asp?m2id=8722&m3id=8765> ,
http://www.unilib.neva.ru/dl/405/page_01.htm