

Краткий конспект лекций
«Проектирование объектов морской инфраструктуры»
26.04.02 Кораблестроение, океанотехника и системотехника объектов
морской инфраструктуры (МЗКСР)

Порты и портовые сооружения

Портом называется комплекс гидротехнических и инженерных сооружений и устройств, обеспечивающих спокойную стоянку судов на огражденной от волнения акватории и позволяющих быстро и удобно производить перегрузочные и другие операции (хранение, подготовка и комплектация грузов, обслуживание находящихся в порту судов всем необходимым и др.).

Основное назначение порта заключается в передаче грузов (или пассажиров) с водного транспорта (морского или речного) на сухопутный или в обратном направлении.

Роль транспорта в народном хозяйстве очень велика. В настоящее время транспорт подразделяют на:

- промышленный (внутрипроизводственный);
- общего пользования (железнодорожный, морской, речной, автомобильный, воздушный, трубопроводный).

К внутрипроизводственному транспорту относятся подъездные и внутризаводские железнодорожные пути, автомобильные, подвесные и канатные дороги, конвейеры, транспортеры, краны и другие, транспортные и подземные устройства обслуживающие определенное предприятие ил группу близко расположенных предприятий.

С помощью транспорта общего пользования осуществляется перевозка продуктов труда с одного предприятия на другое и из мест производства в пункты потребления. Лишь в редких случаях грузы, следуя от производителя, попадают к потребителю одним видом транспорта без промежуточной перегрузки. В большинстве случаев на этом пути грузы передаются с одного вида транспорта на другой. Такие операции происходят в транспортных узлах, куда сходятся различные виды транспорта. Морские и речные порты как раз представляют собой транспортные узлы, связывающие воедино сухопутный и водный транспорт.

Наиболее сложными узлами, связывающими самые различные виды транспорта, являются морские устьевые порты.

Схема порта как транспортного узла:

1. морской транспорт
2. ЖД транспорт
3. автомобильный транспорт

4. речной транспорт
5. трубопроводный транспорт
- 6.

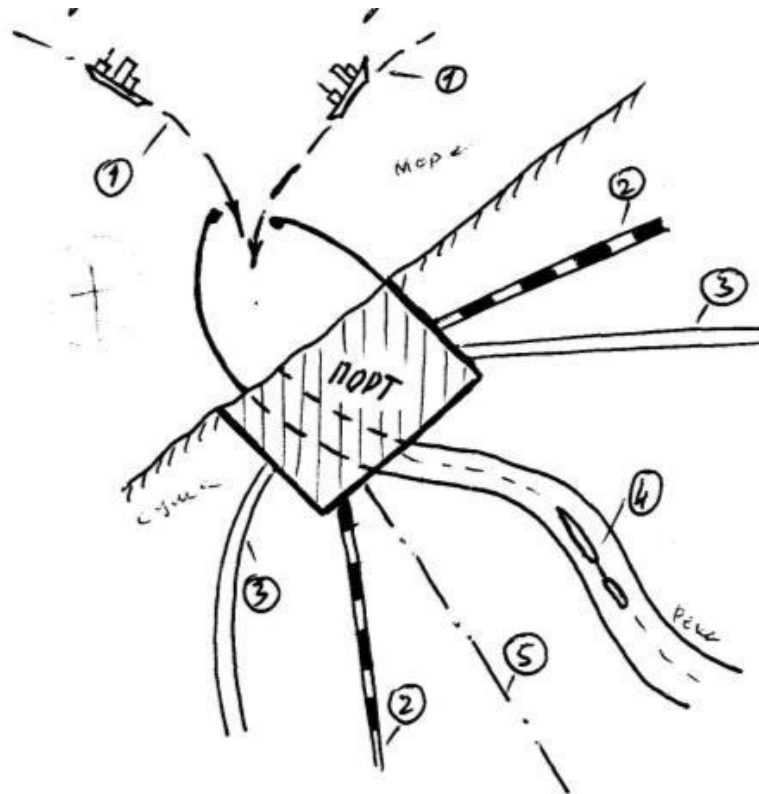


Рисунок 1 - Схема порта

В морских устьевых портах могут сходиться, по крайней мере, 5 видов транспорта (если исключить воздушный):

1. морской;
2. речной;
3. железнодорожный;
4. автомобильный;
5. трубопроводный.

В речных портах встречаются те же виды транспорта, исключая морской.

Перемещение грузов, осуществляемое морским транспортом, называют морскими перевозками.

Морские перевозки обычно подразделяют на:

- внешнеторговые (обеспечивают экспорт и импорт грузов);
- каботажные (между портами одной страны).

Каботажные перевозки в свою очередь, делят на большой каботаж (между портами одной страны, расположенными в разных морских бассейнах, например, между Санкт-Петербургом и Новороссийском) и малый каботаж (между портами, расположенными в одном морском бассейне, например, между Одессой и Батуми, или в смежных морских бассейнах).

Объем грузов, перевозимых средствами морского транспорта во всем мире за год, в настоящее время превышает годовой суммарный объем грузов, перемещаемых всеми остальными видами транспорта. Мировой грузооборот (Q) морских портов растет, в настоящее время составляет порядка 5,2 млрд.т. Прогноз развития мировых морских перевозок характеризуется следующими данными:

1990г. – 7 млрд.т.

2000г. – 10 млрд.т.

2070г. – 35-48 млрд.т.

Морской транспорт самый экономичный вид транспорта. Морские перевозки грузов требуют значительно меньших затрат энергии, чем какой либо другой вид транспорта, так как сопротивление, преодолеваемое судном при движении, значительно ниже сопротивления, преодолеваемого другими транспортными средствами.

Это можно охарактеризовать следующими цифрами: затрачиваемая энергия, если оценивать ее расходом в кг (массы) условного топлива на 1000г/км, составляет для автомобильного транспорта 200кг, для железнодорожного – 60кг, а для морского транспорта около 30кг.

Порт и его составные элементы

В мире функционирует более 7000 портов, их них с грузооборотом более 1 млн.т. – свыше 500 портов. В России насчитывается 65 портов и 115 портопунктов, в том числе 41 порт с грузооборотом более 1 млн.т.

Каждый из портов при всем своеобразии имеет общие для всех портов основные элементы. К ним относятся: акватория и территория порта, водные и сухопутные подходы к порту.

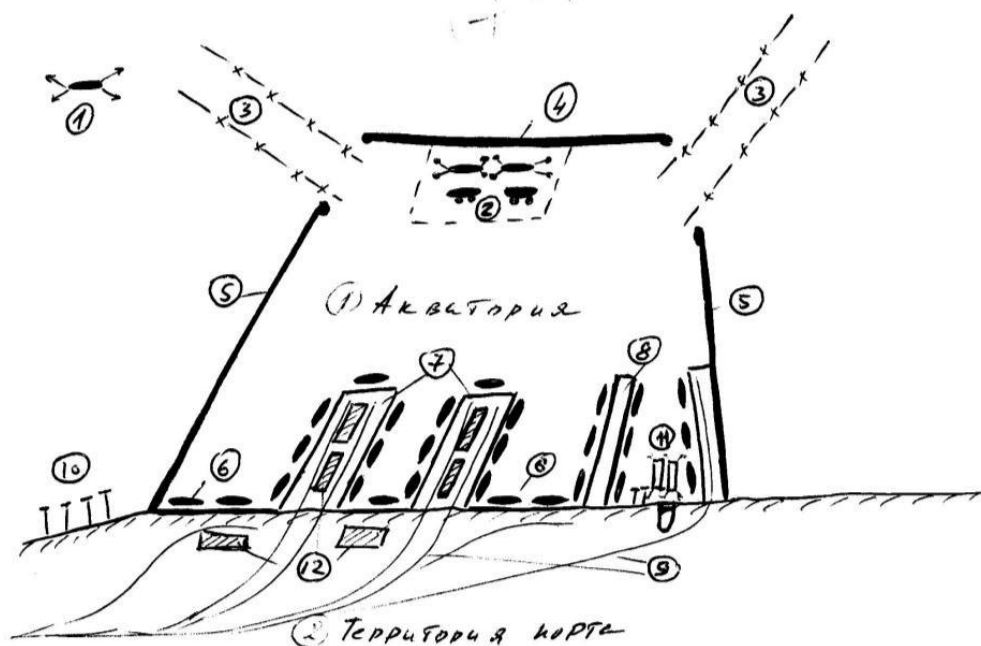


Рисунок 2 - Схема порта:

1. внешний рейд; 2. внутренний рейд; 3. подходные каналы с навигационными ограждениями; 4. волнолом; 5. молы; 6. береговые фронтальные причалы; 7. причалы на широком пирсе; 8. причалы на узком пирсе; 9. железные дороги; 10. берегоукрепление; 11. судоремонтная база; 12. склады.

Акватория порта состоит из внешних рейдов и внутренней акватории. В морских торговых портах внешние рейды подразделяются на рейды отстоя и перегрузочные. Элементами внутренней (защищенной) акватории являются:

- внутренние рейды (входной, маневровые, для отстоя судов);
- оперативная акватория (бассейны);
- внутренние судовые ходы.

Требования, предъявляемые к акватории: глубина акватории и ее размеры должны обеспечивать свободное движение судов, посещающих данный порт. Акваторию оборудуют необходимыми навигационными средствами для обеспечения безопасности движения судов. При необходимости портовую акваторию защищают от воздействия волн и других факторов оградительными сооружениями

– молами и волноломами. Молом называют сооружение, примыкающее к берегу, волноломом – сооружение, не соединяющееся с берегом.

На морях и водохранилищах во время шторма волны достигают высоты нескольких метров. Такие волны не представляют особой опасности для судов в открытом бассейне. Однако стоянка судов у причалов при сильном волнении уже далеко не безопасна и совершенно невозможно, при этом производить перегрузочные работы. Поэтому, если не имеется естественная защита от волн, при создании порта на море или на водохранилище обязательно предусматривают оградительные сооружения. При плохо защищенных акваториях суда во время шторма предпочитают выводить из порта.

Рейдами называют участки акватории, укрытые от сильного волнения, где суда могут стоять на якорях в ожидании постановки к причалам или выполнения различных операций, в том числе и грузовых, с помощью вспомогательного флота.

Различают рейды внешние, находящиеся за пределами оградительных сооружений порта или в полуоткрытых бухтах, и внутренние, расположенные внутри огражденной акватории. Рейды должны иметь необходимую глубину, площадь их должна быть достаточной для максимального числа судов, которые могут одновременно находиться на рейде, и их маневрирования. Необходимо, чтобы грунты в пределах рейдов хорошо держали якорь. К таким грунтам относятся глина, суглинок, иловые пески. Не обеспечивают надежного

закрепления: песок, щебень, глина и камень. В этом случае рейды часто оборудуют специальными устройствами – причальными бочками или палами.

В составе порта имеется ряд гидротехнических сооружений предназначенных для эксплуатации и защиты их акватории от волнения и других воздействий, атак же для обеспечения перегрузочных операций и обслуживания судов, которые называют портовыми гидротехническими сооружениями.

Общая классификация портовых гидротехнических сооружений

В зависимости от назначения их можно разделить на 4 основные группы:

1. оградительные сооружения, защищающие акваторию порта от волнения, наносов, течений, движущихся вдоль берегов данных наносов, движущегося льда и дрейфующих ледяных полей;
2. причальные сооружения, предназначенные для швартования судов с целью осуществления перегрузочных операций;
3. берегоукрепительные сооружения, защищающие берега акватории порта и примыкающие к ней участки побережья от разрушения при воздействии волн, льда и течений, а так же обеспечивающие сопряжение причальных и оградительных сооружений с берегом;
4. судоспускные и судоподъемные сооружения – специфические конструкции гидротехнических сооружений судоремонтных предприятий, предназначенные для подъема судов из воды или осушения их корпуса с целью проведения ремонтных работ.

Наличие всех четырех групп сооружений в составе порта обязательно. Так, при создании порта на естественно защищенной акватории или русле реки оградительные сооружения могут отсутствовать. Судоремонтные сооружения приурочивают, как правило, к крупным портам приписки судов. Причальные сооружения в том или ином виде будут, естественно, в портах любой категории и назначения.

Все гидротехнические сооружения порта в зависимости от продолжительности их эксплуатации подразделяются на постоянные и временные. Постоянные сооружения предназначены для длительной эксплуатации. Это, как правило, капитальные сооружения, работающие в течение всего навигационного периода. Временные сооружения используют во время строительства и ремонта основных сооружений или в отдельные периоды навигации (например, весенние причалы в речных портах эксплуатируются только в период половодья).

Постоянные портовые гидротехнические сооружения по их назначению и условиях эксплуатации делят на основные и второстепенные. Основными называются такие сооружения, выход из строя которых существенно нарушает работу всего объекта (порта, судоремонтного предприятия) или важной его

части (например, портовый район). Это, прежде всего, внешние оградительные сооружения, разрушение которых может повлечь за собой катастрофические последствия; грузовые и пассажирские причалы для крупных судов, судоподъемные сооружения, обслуживающие крупные транспортные суда, наиболее ответственные берегоукрепительные сооружения, маячные башни и т.д.

К второстепенным относят причальные и судоподъемные сооружения, обслуживающие суда местного сообщения, служебно-вспомогательный и технический флот, а так же берегоукрепительные сооружения, частичное разрушение которых не отражается на работе основных элементов порта.

Все портовые гидротехнические сооружения в зависимости от их размеров, действующих на них нагрузок и последствий нарушения их нормальной эксплуатации разделяют на классы капитальности (они учитывают последствия при аварии, оценивают ущерб и т.д.).

Судоподъемные сооружения относят обычно к II-III классам, хотя такие уникальные сооружения, как сухие доки для ремонта крупных или военных судов зачастую относят и к I классу.

Классификация портов

Классифицировать порты можно по различным признакам. Остановимся на наиболее характерных из них.

1. по принадлежности и назначению: а) военные;
б) гражданские:
 - чисто транспортные или торговые порты (порты общего назначения и специализированные);
 - порты нетранспортного назначения (порты-убежища, бункеровочные порты, промысловые порты, порты судостроительных и судоремонтных предприятий).
2. по назначению в народном хозяйстве страны (5 категорий портов):
 - а) мировые (например, Новороссийск – позволяет принимать суда любого типа);
 - б) международные (например, Туапсе – принимает небольшие иностранные суда);
 - в) национальные;
 - г) региональные; д) местные.
3. по грузообороту (Q) – 5 классов портов: а) самые крупные ($Q > 20$ млн.т.);
 - б) крупные ($Q = 10-20$ млн.т.);
 - в) средние ($Q = 5-10$ млн.т.);
 - г) небольшие ($Q = 1-5$ млн.т.);
 - д) мелкие ($Q < 1$ млн.т.).
4. по району плавания обслуживаемых судов: а) морские;
б) речные.
5. по географическому положению: а) морские береговые порты

- б) лагунные порты в) островные порты г) речные порты
- д) водохранилищные порты е) устьевые порты

Остановимся на квалификационных признаках подробнее.

Военные порты или базы флота предназначены для обслуживания военно-морского флота. Они характеризуются наличием больших рейдов, бассейнов для ремонта судов, специальных складов. Для обороны порта имеются фортификационные сооружения.

Порты общего назначения предназначены для переработки самых различных грузов, при этом ни один из видов грузов не является преобладающим (Санкт-Петербург, Рига, Одесса, Владивосток, Находка).

Специализированные порты предназначены для переработки грузов, один из которых резко превалирует над другими или является единственным (нефтяной – Баку, угольный – Жданов, лесной – Архангельск, пассажирский – Ялта, Сочи).

Порты-убежища предназначены для укрытия во время шторма судов, которые не рассчитаны на действие крупных волн. Как правило, для них используют естественные бухты и лагуны, производя в них дноуглубительные работы для создания рейдов. К портам-убежищам следует отнести аванпорты – специальные огражденные акватории в верхних барьерах водохранилищ, где суда отстаиваются в ожидании шлюзования в нижний бьеф или выхода в водохранилище.

Бункеровочные порты, часто называемые морскими станциями, расположены на основных морских путях и служат для обеспечения проходящих судов топливом, пресной водой, продовольствие, мелким ремонтом и т.д. (Диксон, Тикси, Провидение – порты на Северном морском пути).

Промысловые порты обслуживают различные виды морского промысла, в основном – это рыбопромысловые. Рыбные порты оборудованы складами, холодильниками и предприятиями, перерабатывающими рыбу (Рига, Мурманск, Калининград, Находка, Корсаков и т.д.).

Береговые морские порты создаются на открытом морском берегу, и для защиты их акваторий и причалов от волнения приходится строить оградительные сооружения. Длина оградительных сооружений измеряется километрами (Сочи, Жданов и т.д.). Если порт размещается в естественной или частично защищенной бухте, то длина оградительных сооружений бывает небольшой. Примерами естественно защищенных бухт являются: Севастополь, Владивосток, Мурманск; полузащищенных же – Одесса, Батуми, Новороссийск.

Лагунные порты размещаются в глубине лагун, отделенных от моря песчаными косами. Такие порты не нуждаются в защите от волнения, но имеют

подходные каналы, на которых необходимо поддерживать глубины, удаляя наносы землетрясением (Ильичевск, Балтийск).

Островные порты располагаются на островах. Они создаются для перевалки грузов с судов одного типа на другие или для приема судов, которые ввиду большой осадки не могут подойти к причалам главного порта (Кронштадский на о. Котлин).

Порты, расположенные в районах с большими приливами, иногда делают в виде бассейнов, где поддерживается постоянный уровень с помощью шлюзов, такие порты называют закрытыми.

Речные порты на свободных реках подразделяются на русловые и внерусловые (затонные).

Водохранилищные порты располагаются в верхнем бьефе водохранилищ. Волны на водохранилищах могут достигать значительной высоты, поэтому водохранилищные порты, так же как и морские имеют оградительные сооружения. Такие порты являются одновременно и портами-убежищами.

Устьевые порты – характерны тем, что в них сходятся морские и речные водные пути. Почти все крупнейшие порты мира (Ленинградский, Лондонский, Нью-Йоркский, Гамбургский) расположены в устьях рек. При этом требуется перевалка грузов с морских на речные суда и наоборот. В последнее время широкое распространение получают суда типа «река-море» ($W_{\text{водоизм}} = 5000\text{т}$ и $T_{\text{осадка}} = 4,2\text{м}$), которые могут плавать и по реке и по морю, обеспечивая таким образом перемещение грузов без перевалки.

Современные тенденции и перспективы развития портов и портовых гидротехнических сооружений

Рост морских перевозок, общий подъем мировой экономики предопределяет высокие темпы развития морского транспортного флота, как в количественном, так и в качественном отношении. За последнее время создан целый ряд новых типов крупнотоннажных наливных и сухогрузных судов, появились суда совершенно новой конструкции, обеспечивающие большую экономичность перевозок. Резко увеличились размеры морских судов и их водоизмещение. Увеличивается число специализированных судов, например, для перевозки наливных грузов используют танкеры дедвейтом 100-150 тыс.т. с осадкой 15-18м и супертанкеры: дедвейтом до 250-500 тыс.т с осадкой 18-22м.

Балкеры – специализированные суда для перевозки навалочных (сыпучих) грузов. В переводе с английского, означает «перевозка груза насыпью». В отечественной литературе существует синоним этого названия – углерудовоз. Дедвейт балкеров 100-150 тыс.т, с осадкой 18-23м.

Лесовозы - специализированные суда для перевозки леса и пиломатериалов. Дедвейт 20-25 тыс.т, с осадкой 10-12м.

Контейнеровозы - дедвейт составляет 50-60 тыс.т, с осадкой 12-15м.

Суда типа Ро-Ро – предназначены для перевозки грузов в трейлерах (контейнерах на специальных тележках), загружаемых в суда горизонтальным методом (методом Ро-Ро). Трейлеры перемещаются по причалу и доставляются на судно специальными колесными тягачами. В связи с тем, что суда, перевозящие трейлеры (иногда их называют роллтрейлерами), обычно загружаются с носа или кормы, планировка таких районов имеет свои особенности (дедвейт 35-40 тыс.т, с осадкой 10- 11м).

Лихтеровозы – предназначены для перевозки большегрузных плавучих контейнеров (лихтеров), которые могут быть доставлены по внутренним водным путям непосредственно с потребителю без дополнительной погрузки на речные суда. Погрузка и выгрузка производится судном своими средствами, на рейде, строительство дорогостоящих причалов для лихтеров не требуется (дедвейт 40- 50 тыс.т, с осадкой до 15 м).

Суда типа ОБО – предназначены для перевозки как наливных, так и навалочных грузов. В переводе с английского – «руда-груз насыпью-нефть». В отечественной литературе существует синоним «навал-налив» (дедвейт до 500 тыс.т, с осадкой до 25м).

В настоящее время в мире 36 портов могут принимать суда дедвейт которых, равен 200-250 тыс.т, с осадкой до 18м и 15 портов могут принимать суда дедвейт которых 300-500 тыс.т, с осадкой до 28м.

Одним из направлений в развитии портов является конкуренция грузопотоков в небольшом числе крупных портов. Так, во Франции, имеющей около 30 портов, 90% грузов перерабатываются в 6 портах. В Японии, при наличии 1060 портов, 35% грузов перерабатывается в 11 портах. В России 90% объема внешне-торговых перевозок сосредоточено в 28 портах.

Рост размерений судов привел к необходимости реконструкции и модернизации действующих портов и строительству новых глубоководных портов со специализированными районами, оснащенными высокопроизводительным оборудованием. Появились принципиально новые транспортно-перегрузочные комплексы для наливных, навалочных, генеральных, лесных и других грузов. Наиболее трудоемкими являются работы по перегрузке генеральных грузов. Применение контейнеров позволило уменьшить время по переработке генеральных грузов в 3-4 раза, тем самым можно сократить количество причалов. Процесс контейнеризации можно охватил практически все передовые страны мира.

Получило широкое распространение строительство портовых технологических комплексов для обработки судов типа Ро-Ро и лихтеровозов.

Качественные изменения судов торгового флота потребовали изменения конструктивных решений при строительстве портов. Увеличение глубин у причалов приводит к повышению стоимости гидротехнических сооружений. В

связи с этим назначение расчетной глубины порта является ответственной задачей и производится на основании технико-экономического сравнения вариантов.

Для приема современных судов традиционные конструкции причальных сооружений могут быть использованы лишь в очень редких случаях. Наиболее перспективными конструкциями глубоководных причальных сооружений являются высокие свайные ростверки на металлических сваях различного поперечного сечения, на стальных трубах диаметром до 3 м с переменной по высоте толщиной стенки, бoulderки из шпунтовых свай тяжелого профиля с $W = \text{до } 15000 \text{ см}^3$, массивы – гиганты, железобетонной и металлической оболочкой большого диаметра.

Указанные конструкции позволяют обеспечить глубину у причала до 20-25 м и более. Однако широкое строительство глубоководных причалов не означает отказа от развития причального фронта с глубинами до 12-15 м для приема средних судов, которые составляют и будут составлять значительную часть торгового флота.

При строительстве оградительных сооружений широкое распространение получили сооружения вертикального профиля из массивов-гигантов и сооружения откосного профиля с защитным покрытием из фигурных бетонных блоков. Имеются примеры строительства оградительных сооружений из оболочки большого диаметра. Начато применение устройств, снижающих степень отражения волн – перфорированные стенки с камерой гашения. Перечисленные конструкции позволяют возводить оградительные сооружения практически на любой глубине и в любых гидрометеорологических условиях.