

УДК 627.231.037

М.П. Дубровский, Р. Перейрас

**ОДНОТОЧЕЧНЫЕ СТАЦИОНАРНЫЕ ПРИЧАЛЫ
ДЛЯ УКРАИНСКОГО ШЕЛЬФА И МОРСКИХ ПОРТОВ:
ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ**

Актуальность как диверсификации источников поставки импортных энергоносителей, в том числе морским путем, так и ускорения разработки нефте-газопромыслов на украинском морском шельфе обуславливает развитие возможностей приема/обработки крупнотоннажных танкеров и газозовозов путем развертывания системы одноточечных причалов, соединенных системой подводных трубопроводов с береговыми и/или подводными/подземными нефте-газохранилищами. В статье рассмотрены конструкторско-технологические решения таких задач.

Ключевые слова: шельфовые сооружения, одноточечные стационарные причалы, рейдовые причалы, свайное основание, моносвая.

Актуальність як диверсифікації джерел постачання імпортованих енергоносіїв, у тому числі морським шляхом, так і прискорення розробки нафто-газопромислів на українському морському шельфі обумовлює розвиток можливостей прийому/обробки великотоннажних танкерів і газозовозів шляхом розгортання системи одноточкових причалів, сполучених системою підводних трубопроводів з береговими і підводними/ підземними нафто-газосховищами. У статті розглянуті конструкторсько-тех-нологічні рішення таких задач.

Ключові слова: шельфові споруди, одно точкові стаціонарні причали, рейдові причали, пальова основа, монопаля.

Relevance of the diversification of sources of supply of imported energy resources, including transportation by sea, and acceleration of the development of oil and gas-fields in the Ukrainian sea shelf have led to the development of opportunities of receiving/processing of large-capacity tankers and gas carriers. It can be done by deploying a system of single-point moorings united by the system of offshore pipelines with onshore and/or underwater/ underground oil storages. In the article the design and technological solutions of such problems are considered.

Keywords: offshore structures, single point mooring facilities, offshore terminal, piled foundation, monopile.

Современные одноточечные причалы в зависимости от их функций, конструктивных и технологических особенностей, а также возможной области применения можно разделить на следующие группы:

© Дубровский М.П., Перейрас Р., 2014

1. Терминалы для швартовки судов с целью загрузки/разгрузки, такие как:

- CALM (Catenary Anchor Leg Mooring Buoy) – швартовный буй с якорной системой удержания;
- SALM (Single Anchor Leg Mooring) – одноточечный причал с якорем-опорой;
- ALP (Articulated Loading Platform) – шарнирнозакрепленная перегрузочная платформа;
- SPM (Single Point Mooring) – одноточечный причал.

2. Причалы, совмещенные с хранилищем нефти или сжиженного газа, такие как:

- SBS (Single Buoy Storage) – одноточечный плавучий причал с хранилищем;
- SALS (Single Anchor Leg Storage) – одноточечный причал с хранилищем;
- SPAR – плавучий столбовидный точечный причал.

3. Рейдовые причалы на внешнем рейде морских портов или на их акватории.

Не менее многообразны и конструкторско-технологические решения одноточечных причалов, часть которых рассчитана на сравнительно небольшие глубины моря (30-50 м), другие адаптированы к значительным глубинам (100-200 м и более) и нагрузкам от крупнотоннажных судов при существенных внешних природных нагрузках и воздействиях. Некоторые причалы эксплуатируются с расположением на них обслуживающего персонала (главным образом, те конструкции, в которых предусмотрено хранение углеводородов), но значительная часть рассматриваемых сооружений работает без наличия на них людей (например, CALM, SALM, ALP).

В настоящее время вопросы определения оптимальных конструкторско-технологических решений одноточечных причалов для условий украинского морского шельфа и портов выходят из разряда далекой перспективы и становятся актуальными по следующим причинам:

- диверсификация источников получения импортных энергоносителей обуславливает развитие возможностей приема/обработки крупнотоннажных танкеров и газовозов и, соответственно, глубоководного причального фронта. Одним из наиболее быстрых вариантов реализации такой возможности является развертывание системы одноточечных причалов, соединенных системой подводных трубопроводов с береговыми и/или подводными/подземными нефте-газохранилищами;

- освоение украинского черноморского шельфа (например, в районе острова Змеиный и других зонах, рис. 1, 2) также ассоциируется с применением современных глубоководных комплексов нефте-газопромысловых сооружений, включающих, в том числе, и одноточечные причалы;

• наконец, возможный дефицит причального фронта, обусловленный прекращением использования крымских морских торговых портов и соответствующей неизбежной переориентацией грузопотоков, может быть компенсирован достаточно быстрым возведением необходимого количества одноточечных глубоководных рейдовых причалов вблизи украинских черноморских портов. Это обеспечит не только благоприятные условия ожидания судами захода в порт, но и производство на рейде некоторых видов погрузо-разгрузочных работ (во всяком случае – для наливных грузов).

Исходя из вышеизложенного, можно сформулировать основные технические и технологические (с гидротехнической точки зрения) требования к перспективной (на ближайшие годы) конструкции морского глубоководного одноточечного причала. Они сводятся к следующему:

1. Конструкторско-технологическое решение причала должно быть реализуемо отечественными подрядчиками без дорогостоящего привлечения инофирм или арендуемого сверхмощного строительного оборудования.

2. Конструкция причала должна быть по возможности универсальной, т.е. эффективной и экономичной как для ее использования на шельфовых нефте-газопромыслах, так и при ее применения в качестве рейдового причала морского порта.

3. Одноточечный причал по своим параметрам должен быть рассчитан на среднесрочную перспективу развития крупнотоннажного наливного флота, а также учитывать инженерно-геологическое строение морского дна украинского черноморского шельфа и побережья.

4. Причальное сооружение ввиду его расположения в открытом море или, во всяком случае, на внешнем рейде морского порта должно быть настолько надежным, чтобы обеспечивать гарантированную экологическую безопасность окружающей среды и сохранность как объектов нефте-газопромысла (платформ с буровыми установками, нефте-газохранилищ, трубопроводов и пр.), так и обслуживаемых судов.

Перечисленные требования с учетом реалий отечественного рынка морских гидротехнических работ (технического опыта, освоенных технологий и применяемых конструктивных элементов, имеющейся строительной и монтажной техники, пригодной для возведения глубоководных объектов) позволяют рекомендовать к разработке и анализу одноточечный стационарный причал на свайном основании (плавучие сооружения с якорной системой удержания отечественные производители не возводят). Для украинского шельфа и морского побережья строительство таких сооружений целесообразно на глубинах до 50 м. При этом в качестве свайных опор могут быть использованы, главным образом, стальные трубы отечественного производства в сочетании с другими необходимыми конструктивными элементами.



Рис. 1. Черноморський шельф



a)

Рис. 2. Соединение судна с одноточечным стационарным причалом с помощью жесткого кронштейна:

- (а) швартовка посредством жесткого кронштейна к носу судна;
(б) то же к борту судна; (в) швартовка с помощью гибкой связи*



б)



в)

Продолжение рис. 2

Связь одноточечного стационарного причала с танкером или газозовом может осуществляться как с носом судна (в большинстве случаев), так и (иногда) с его бортом (рис. 3). Такое соединение выполняют либо с помощью жесткого кронштейна, либо гибкими связями; использование поворотного стола на верхнем строении причала позволяет судну разворачиваться вокруг причала, занимая наиболее выгодное положение, соответствующее направлению ветра и/или течения.

Некоторые примеры эксплуатируемых одностоечных причалов на моносваях высокой несущей способности или на мощных цилиндрических или конусообразных (что характерно для ледостойких сооружений) несущих колоннах представлены на рис. 3 и 4.



а)



б)

*Рис. 3. Стационарные морские одностоечные причалы:
а – ледостойкий; б – с несущей колонной*

На рис. 3, а показан стационарный морской ледостойкий отгрузочный причал, соединенный с берегом подводным трубопроводом, в восточной части Баренцева моря в 2008 г. на глубине 17 м, на расстоянии 21 км от берега с пропускной способностью до 12 млн. т сырой нефти в год. Общий вес сооружения более 11 тыс.т; оно состоит из опорного основания, швартово-грузового устройства со стрелой и вертолетной площадкой. Причал закреплен на дне с помощью 24 свай. Восьмигранный корпус причала рассчитан на максимальную ледовую нагрузку и способен разрушать лед, толщина которого может достигать до 2 м. В Каспийском море в 2009 г. ЛУКОЙЛ установил точечный причал, предназначенный для загрузки нефти из подводного трубопровода в плавучее нефтехранилище и на танкеры-челноки (рис. 3, б). Опорный блок причала весом 915 тонн был отбуксирован в море, при помощи плавучего крана установлен на глубину 20,5 м и прикреплен ко дну пятью сваями диаметром свыше двух метров. Затем на опорный блок было установлено верхнее строение весом свыше 240 тонн.

В стационарных морских одноточечных причалах на моносваях (рис. 4), применяемых для обслуживания судов дедвейтом до 500 тыс.т, в качестве основного несущего элемента используют стальные трубы диаметром 2-6 м с толщиной стенки 25-65 мм. Иногда моносваи изготавливают с переменной толщиной стенки по длине трубы, что позволяет оптимизировать материалоемкость опоры, но предъявляет повышенные требования к точности расчета и проектирования таких конструктивных элементов. Следует отметить, что стальные трубы столь больших диаметров и толщин стенок в Украине не производят, а высокая стоимость подобной импортной продукции делает рассматриваемые конструкции не вполне конкурентноспособными представленным на рис. 5-7 стационарным точечным причалам на свайных кустах.

Стационарный точечный причал (см. рис. 5), установленный в 1962 г. фирмой Esso на ливийском месторождении Marsa-el-Brega на глубине 30 м, предназначен для обслуживания танкеров дедвейтом до 100 тыс. т. Конструкция представляет собой свайный куст с защемлением в грунте и включает в себя верхнее строение в виде ростверка с поворотным краном, который поворачивается под углом, при котором воздействия от волн и ветра на судно будут минимальны, а также погруженную ферменную стрелу, проходящую под судном к минифольду на миделе. Нефть передается на миделевый манифольд танкера по трубопроводу, проведенному вдоль подводной вращающейся стрелы. Это устраняет необходимость в плавучих шлангах, подверженных воздействию волн. Такой одноточечный причал требует дополнительной глубины для того, чтобы танкер при вращении мог проходить над ферменной стрелой.

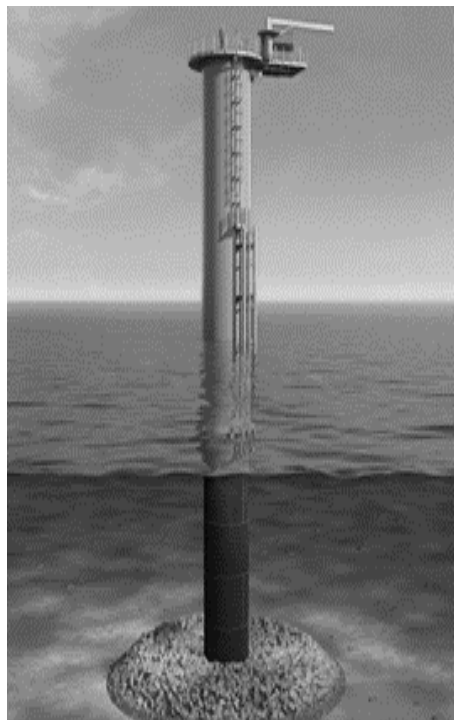
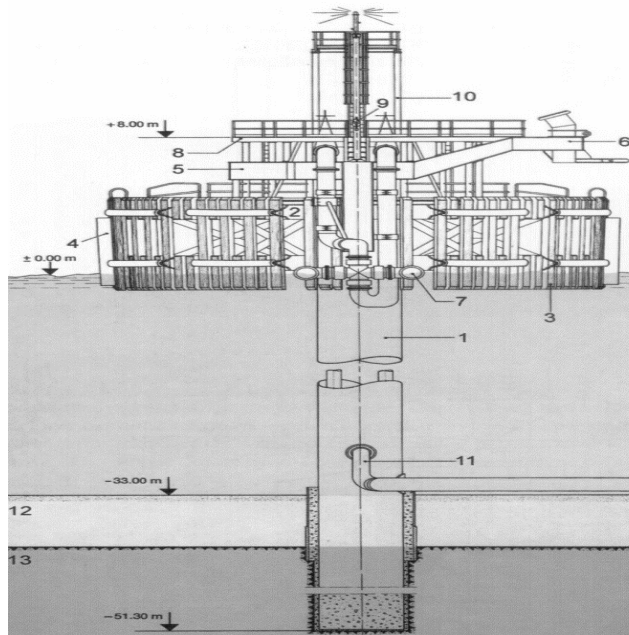


Рис. 4. Стационарные морские однотоочечные причалы на моноsvаях

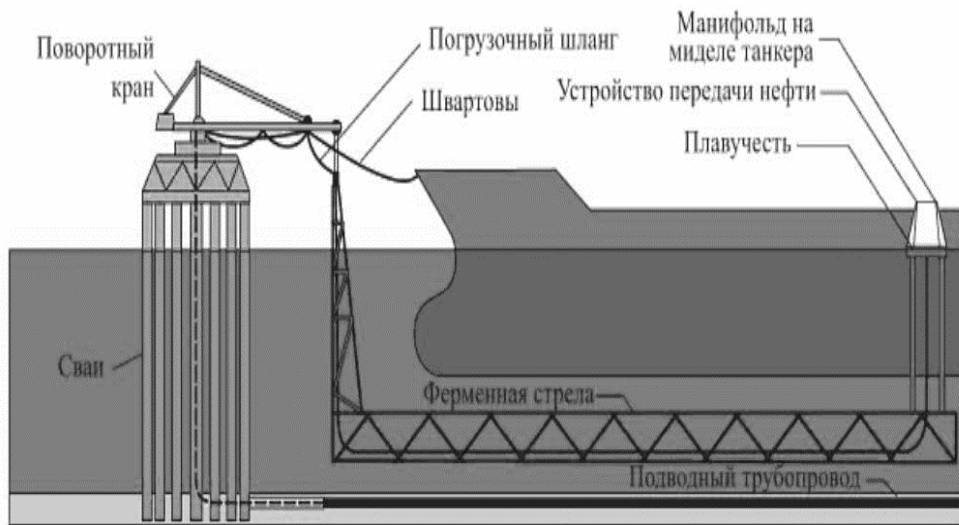


Рис. 5. Стационарный одноточечный причал с ферменной стрелой

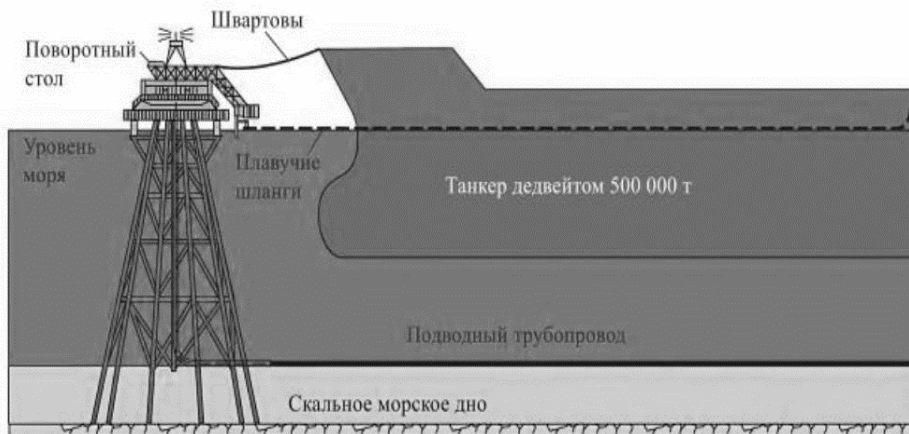


Рис. 6. Стационарный одноточечный причал с поворотным столом

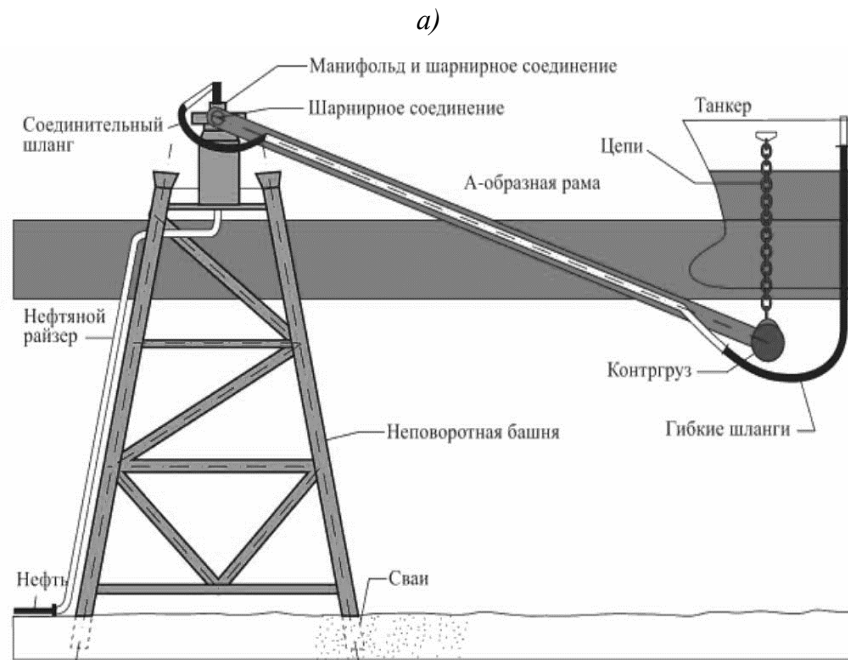


Рис. 7. Стационарный причал типа SYFT (Soft Yoke Fixed Tower):
а – конструктивная схема; б – вид на реализованную конструкцию

Стационарный причал (см. рис. 6) для обслуживания танкеров дедвейтом 500 тыс. т., установленный у Генуэзского побережья в 1972 г., снабжен поворотным столом, но не имеет погруженной вращающейся стрелы. Основание конструкции выполнено в виде пространственной фермы с ростверком. Плавающие шланги соединяют манифольд на миделе танкера с трубопроводом.

Верхнее строение стационарного причала сквозной конструкции (см. рис. 7) представлено в виде башни, главным элементом которой является А-образная рама на соединительном шарнире, что позволяет ей обеспечивать продольный и поперечный крен. В конструкции SYFT причальная сила создается противовесом, помещенным на сочлененный рычаг (так называемый гибкий рычаг). Такой рычаг обеспечивает гибкость причальной системы, а причальные нагрузки передаются на морское дно по стационарной конструкции, которая, помимо них, испытывает действие непосредственных гидродинамических нагрузок. Подобные причалы были установлены в заливе Бахай (Китай) на глубинах 8-30 м, начиная с 1968 г.

Обобщая рассмотренные конструкторско-технологические решения стационарных одноточечных причалов с точки зрения их применимости для условий украинского побережья, можно сделать вывод о целесообразности применения универсального (как для шельфовых месторождений углеводородов, так и для внешних рейдов морских портов) сооружения сквозного типа на свайном основании из стальных трубчатых свай отечественного производства, усиленных при необходимости для восприятия расчетных нагрузок соответствующими прокатными элементами.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Дубровский М.П., Яковлев П.И., Бугаев В.Т., Князев Е.А. *Морские шельфовые и речные гидротехнические сооружения.* – М.: Недра, 1995. – 246 с.
2. Носков Б.Д., Правдивец Ю.П. *Сооружения континентального шельфа.* – М.: АСВ, 2004. – 278 с.
3. Симаков Г.В. и др. *Морские гидротехнические сооружения на континентальном шельфе.* – Л.: Судостроение, 1989. – 328 с.

Стаття надійшла до редакції 25.09.2014

Рецензенти:

кандидат технічних наук, доцент кафедри «Інженерні конструкції та водні дослідження» Одеського національного морського університету
М.В. Адамчук

доктор технічних наук, професор, завідувач лабораторії «ЧорноморНДІПроекту»
М.Б. Пойзнер