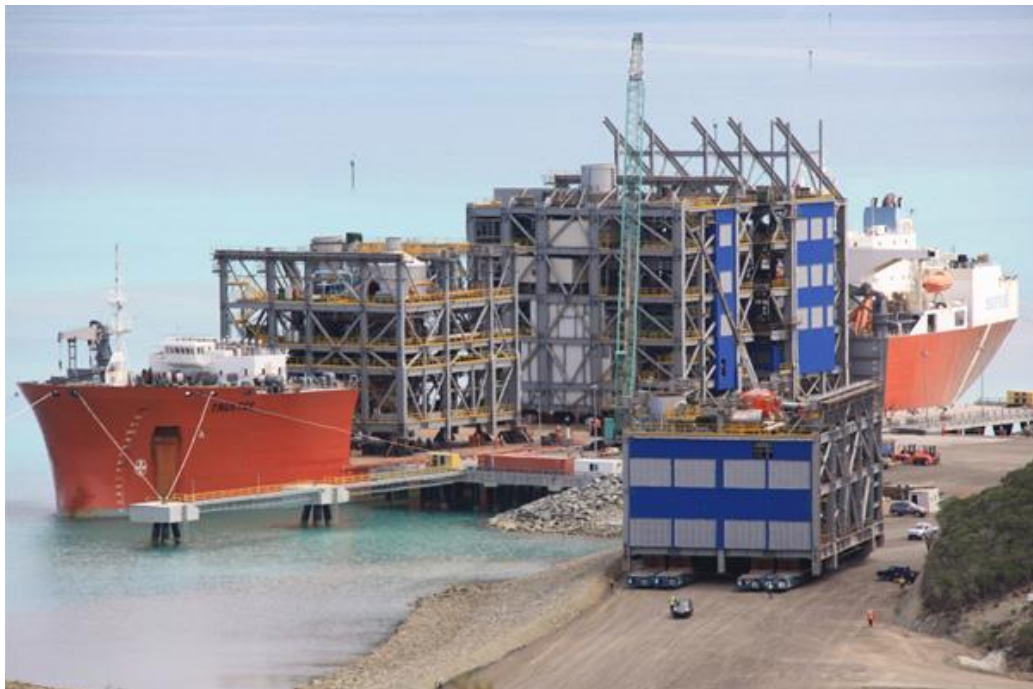


Морские инновационные транспортные системы доставки технологических модулей промпредприятий



Современная технология строительства новых высокотехнологичных производств из модулей предполагает создание предприятия путем монтажа оборудованных модулей функционального назначения, каждый из которых реализует вполне определенную функцию в общем процессе производства и, соответственно, может быть заблаговременно испытан, отлажен и отрегулирован на предприятии-изготовителе его квалифицированным персоналом и проверен специализированной измерительной аппаратурой. После чего осуществляется заводская приемка модуля заказчиком.

Э. Гагарский, начальник центра транспортной координации и транспортно-технологических систем ОАО «Союзморниипроект», д.т.н., профессор

С. Кириченко, зав. сектором контейнерных перевозок ОАО «Союзморниипроект»

Инновационная цель

В связи с этим на морском транспорте наиболее динамично развивается транспортно-технологическая система (ТТС) доставки тяжеловесных модулей от завода-изготовителя до фундамента их установки. Тяжеловесные модули представляют собой блоки промышленных предприятий, атомных электростанций и иных крупных энергетических установок, комплексного оборудования шельфовых и прибрежных месторождений, нефтегазохимических комплексов, заводов по производству железа прямого восстановления (DRI) – окатышей, мини-заводов черной металлургии и т.п.

Применительно к современным наукоемким технологиям столь качественная отладка оборудования в условиях реального строительства часто или вообще не достижима, или требует значительных затрат времени, командировки высококвалифицированных специалистов завода-изготовителя, доставки дополнительного измерительного оборудования к месту монтажа промышленного предприятия.

Данная инновационная цель поставила перед транспортом качественно новую задачу по сохранной доставке подобных модулей (единичная масса которых уже сейчас может превышать 10 тыс. тонн) по транспортно-технологической системе в схеме «суша – море – суша». Это, как правило, международные перевозки от производителей в индустриально развитых странах до мест монтажа или же от заводов-изготовителей до шельфовых месторождений, расположенных в труднодоступных районах Крайнего Севера и других аналогичных местностях.

Перед транспортом стоит задача доставки модулей так, чтобы после соединения модулей в единое целое производство было бы готово к выпуску готовой продукции.

В настоящее время все подобные высокотехнологичные и в определенной мере высоко рискованные операции транспортировки страхуются. Поэтому перевозчик должен доставить груз так, чтобы к нему со стороны страховой компании не были бы регрессом предъявлены претензии.

Реализация поставленных, относительно новых для транспорта задач привела к формированию специализированной транспортно-технологической системы доставки, в рамках которой комплексно и взаимосвязанно решаются все технические, технологические, коммерческо-правовые, таможенные и информационные аспекты.

Требования к модулю

Преимущественно в качестве основного требования выдвигается условие, чтобы жесткость и прочность модуля были таковы, что он мог быть как минимум статически установлен на любые 3 опорные точки его основания. При этом не должны возникнуть деформации в оборудовании, ухудшающие его работоспособность.

Это позволяет модулю определенное время находиться в ожидании подхода судна или же в ожидании монтажа.

Если модуль на каком-то этапе перевозки предполагается перегружать краном, то при его переносе за штатные точки подвеса дополнительно должны быть выполнены те же условия.

Современная практика такова, что изготовитель оборудования модуля кроме сдачи-приемки на своем заводе отвечает и за окончательный шеф-монтаж и дает гарантию на работоспособность оборудования и бесплатное устранение любых отклонений в пределах гарантийного срока.

В конечном итоге все вместе взятое дает уверенность инвесторам, что вложенные средства будут окупаться в соответствии с ускоренным инвестиционным планом согласно началу выпуска продукции.

При единичной массе модуля завода 2000 т и выше технологически возможно перемещение модуля по суше только с использованием самоходных гидравлических тележек (SPMT-трейлеры). Из имеющегося в наличии в мире оборудования только гидравлические моторы тележек при умеренной мощности способны развивать значительную тягу, необходимую для движения модуля по дороге в гору. К примеру, при массе 2000 т и уклоне 1:10 горизонтальная тяга тележек, для преодоления составляющей силы веса модуля, должна составлять не менее 200 тонн.

Самоходные модульные трейлеры могут стыковаться в любой конфигурации для транспортировки груза заданной массы и габарита. Колеса тележек могут разворачиваться до 90° для выполнения движения поперек. Доставка тележек выполняется на 40-футовых флотах. Блоки силовых установок также перевозятся на флотах. Тележки допускают стыковку в длину и в параллель, так что они образуют единое целое и управляются с одного пульта.

Собственники оборудования сдают гидравлические тележки SPMT в аренду под конкретные проекты по всему миру. Чем больше тележек нужно сосредоточить в одном месте, тем больше трансконтинентальные транспортные расходы, которые в конечном итоге относятся на заказчика.

Наибольшее применение находят самоходные тележки двух фирм – KAMAG и SCHEUERLE.

Самоходные тележки KAMAG/Goldhofer позволяют осуществлять транспортировку сверхдлинных и сверхвысоких грузов, минимизируя нагрузку на дорожное полотно.

Ход подъемных гидроцилиндров тележек KAMAG по высоте 500 мм, от 1250 до 1750 мм, что обеспечивает возможность подъема грузов с транспортных опор методом подъезда под основание, а также прохождение препятствий и изломов дороги.

Тележки SCHEUERLE

В тележках фирмы Scheuerle оси, оснащенные гидравлической подвеской, ограничивают грузоподъемность лишь выносливостью покрышек (давлением воздуха в камерах покрышек). Они способны нести нагрузку 36 тонн на ось при скорости 1 км/ч. Максимальная расчетная скорость до 80 км/ч на спусках. Хотя из соображений безопасности при перемещениях грузов более 1000 тонн рекомендуются максимальные скорости движения 6-20 км/ч. Гидравлические тележки можно стыковать в продольном и поперечном направлении, добиваясь грузоподъемности в несколько тысяч тонн. С помощью техники Scheuerle перевозились огромные секции танкеров, химические и атомные реакторы весом в тысячи тонн, даже целые фрагменты заводов. Компании Scheuerle принадлежит мировой рекорд по транспортировке единичного цельного груза по суше: в 2000 г. в Британии таким образом перевозилась морская газовая платформа весом около 12 тыс. тонн.

Таблица 1

Характеристика	4-осная тележка Kamag	6-осная тележка Kamag	Силовая установка
Габариты, мм	5600x2430	8400x2430	4200x2430
Высота, мм	min 1250 – max 1750	min 1250 – max 1750	-
Кол-во полуосей	8	12	-
Собственная масса, т	18	24	6
Осевая нагрузка, т	34/40	34/40	-
Полезная грузоподъемность, т	118	180	-
Полная масса, т	134	204	-

Рекордная подача на баржу верхнего строения – шельфовой платформы массой более 15 000 тонн, основанием 90x90 м.

SPMT-трейлеры рекомендуются не только для транспортировки модулей с причала до площадки, но и для монтажа модулей на фундаменты благодаря высокой маневренности трейлеров, а также возможности выполнять движение на минимальных скоростях (до 1 м/мин). Однако при этом фундаменты должны иметь строго определенную конструкцию.

От причала до стройплощадки необходимо строительство широкой дороги с усиленным покрытием, после завершения строительства дороги «порт – завод» она и в дальнейшем может использоваться для доставки снабженческих грузов и для других целей. Проезды от магистральной дороги до фундамента – одноразового назначения – только для перемещения модуля на штатное место.

На этих участках в сухую погоду допустим проезд по улучшенному щебеночному покрытию. При недостаточной несущей способности перед составом укладываются (краном, погрузчиком) внахлест стальные полосы (шириной 1-1,5 м) с перекрытием 150 мм, а после проезда состава (или составов) эти полосы убираются.

Состав комплекта стальных полос обычно входит в арендуемое оборудование (наряду с домкратами, подставками, клиньями для переезда и пр.) и поставляется «стопкой» на флоте ИСО. Альтернативой является временная укладка дорожных железобетонных плит.

Для технологических модулей должен быть принят унифицированный размер основания: длина * ширина (L * B). Если возникнет потребность формировать оборудование на 1/2 основания, то при транспортировке две половинки должны занимать одно место.

Каждому свою функцию

Подразделение технологической схемы производства на модули должно быть выполнено так, чтобы каждый модуль нес определенную технологическую функцию. Работоспособность оборудования в сборе, собранного на модуле, должна быть протестирована на заводе-изготовителе. Если транспортировка оборудования и его установка

на штатные фундаменты будет произведена без технологических сбояв и не будет повреждений, обусловленных действиями непреодолимой силы и аварийными ситуациями, то оборудование должно сохранить свою работоспособность и на новом штатном месте установки. Риски должны быть застрахованы, чтобы иметь возможность устранить возникшие повреждения и восполнить утрату.

При размещении оборудования в модуле должны строго соблюдаться дополнительные требования. Центр тяжести (ЦТ) модуля по ширине должен располагаться посередине опорной поверхности ($L * B$). По длине возможно определенное смещение ЦТ, но величина допустимого смещения должна быть проверена расчетами с учетом транспортной составляющей.

Ширина опорной поверхности B должна быть такой, чтобы при транспортировке по суше не произошло опрокидывания системы от случайного порыва ветра, или спуска шин нескольких колес, или в результате центростремительного ускорения при движении по криволинейной траектории.

Перевозки модулей с низко расположенным центром тяжести вызывают минимальные затруднения. Поскольку с шириной основания B непосредственно связана необходимая ширина дороги и затраты на ее строительство, то величина B должна быть по возможности минимальной.

Допустимо в обоснованных случаях, чтобы часть оборудования с одной или нескольких сторон выходила за габарит обрешетки модуля, если:

- проверкой будет доказано, что это не послужит препятствием для выкатки модуля с судна и провоза его до места установки на фундаменте;
- если это будет учтено в общей компоновочной схеме производства.

С позиции морской перевозки разрешается, чтобы отдельные элементы перевозимой конструкции выходили за габарит (ширину) судна. При перевозке модулей морем необходимо соблюсти условия по остойчивости судна, ограничивающие по высоте положение ЦТ оборудования в модуле. Но для судна, перевозящего несколько модулей в одном рейсе, важны усредненные параметры в отправке. То есть центр тяжести установленного среднего модуля может быть допущен выше, если другие перевозимые с ним модули будут иметь низкий центр тяжести. Для судна предпочтительно, чтобы самый тяжелый и высокий модуль был на середине длины судна (на миделе).

В соответствии с мировым опытом следует исходить из того, что компоновка модульного завода (производства) выполняется, как правило, в один уровень. То есть имеется в виду, что стандартные модули ставятся в первый ряд на фундаменты. Как вариант во второй верхний ярус могут быть помещены модули постов управления, дополнительных (порожних на момент строительства) емкостей существенно, на порядок, меньшей массы и т.п. (т.е. 150-450 т) при помощи такелажных систем или строительных кранов.

Смешанные перевозки

В смешанных сообщениях для доставки тяжеловесных технологических модулей используют ряд ТТС доставки:

1. Транспортировка модулей морем на самоходном специализированном судне-тяжеловозе с вывозом их на берег на причал гидравлическими тележками через борт или через корму по укладываемым аппаратам.

2. Транспортировка модулей морем на несамоходном понтоне методом буксировки, с последующей выгрузкой на берег гидравлическими тележками.

3. Погрузка модуля на понтон (или его сборка из частей на заводе-изготовителе непосредственно на понтоне), погрузка докованием понтона с модулем на борт судна-дока, выгрузка на рейде места назначения понтона и буксировка к причалу выгрузки, перемещение модуля с понтона до фундамента гидравлической тележкой.

Технологически при массе модуля до 1300-1500 т применима также комбинированная ТТС, по которой привезенный морским судном модуль снимается с борта плавкраном соответствующей грузоподъемности (или же судовыми кранами специализированного судна-тяжеловоза), устанавливается на тележки у борта судна и далее уже ими перемещается до штатного фундамента на стройплощадке.

Каждая ТТС имеет свою рациональную сферу применения и определенные ограничения.

ТТС с буксировкой понтонов экономически наиболее дешева, однако применима лишь при перевозках по реке или же в закрытых морях при благоприятных погодных условиях.

Третья ТТС с судами-доками наиболее дорога, но она имеет ряд преимуществ:

- позволяет на океанском судне доставить модули из порта любой страны-поставщика;
- доставить модули максимальной единичной массы и модули с наиболее высоким положением центра тяжести оборудования над основной плоскостью (по сравнению с возможностями прочих схем).

На практике эта схема используется, если другие, более дешевые варианты не представляется возможным применить.

Технология с выгрузкой модулей накатом на берег в целом весьма рациональна и допускает океанскую перевозку и применима круглый год, но имеет ограничения в части перевозки модулей с высоким положением центра их тяжести.

Крановая перегрузка модулей находит применение преимущественно при доставке тяжеловесных грузов меньшей единичной массы до 800-1500 т. При крановой перегрузке прочность обвязки модуля должна быть выше или на самом оборудовании должны быть штатные точки застропки.

Для трансокеанских перевозок модулей, предварительно размещенных на понтонах, применяют суда докового типа. Основное число судов докового типа предназначено преимущественно для работ, связанных с шельфовыми месторождениями. При большом дедейте такие суда имеют осадку докования 20-22 метра и более и конструктивную осадку в интервале 9-10 м.

В отечественной практике наибольший опыт использования докового судна «Траншельф», первоначально построенного в Финляндии для СССР и осуществившего

многочисленные успешные перевозки. В частности, перевозки технологических модулей из портов Западной Европы в Латинскую Америку, буровой платформы «Кольская» из Мурманска в Охотское море (вокруг Европы через Индийский океан), доставка одновременно двух атомных подводных лодок на разделку и пр. работы. Это судно несколько раз отфрахтовывалось для выполнения российских заказов на перевозки у современного собственника (судовладельца) и в последние три года.

В эксплуатации находится ограниченное число судов-тяжеловозов, которые в равной мере предназначены как для докования, так и для продольной накатом выгрузки модулей на берег (на причал).

Многолетняя практика работы паромных переправ показывает, что в условиях защищенной портовыми сооружениями акватории продольная выгрузка груза накатом большой единичной массы (составляющего долю от дедвейта) через корму в наименьшей мере зависит от погодных условий – ветра и волнения.

Выгрузка накатом тяжеловесного модуля на берег с самоходного судна-тяжеловоза или же с понтона во всех случаях требует специализированного причала, рассчитанного на восприятия значительных сосредоточенных расчетных нагрузок исходя из массы лимитирующего модуля.

Кроме спецпричалов для тяжеловесных грузов и фрахтования для доставки судов-тяжеловозов необходима также аренда определенного вспомогательного оборудования.

Такое оборудование поставляется на срок аренды специализированными фирмами, функционирующими в данной сфере по перемещению тяжеловесных объектов, как правило, комплектами на 40-футовых флотах (контейнерах ИСО, открытых сверху).

Прежде всего к этому оборудованию необходимо отнести переездные аппарели с судна на причал. Они служат для компенсации уровней положения палубы судна и кромки причала с учетом периодических колебаний корпуса из-за качки, а также из-за движения по палубе состава с модулем.

Предлагаются в аренду стандартные аппарели длиной от 5,5 до 11 м. Аппарели шириной 1-1,5 м поставляются «стопкой» (друг на друге) комплектом на флоте.

Несамоходные понтоны не имеют энергетических приводов. В комплект арендной поставки обычно входят гидравлические автоматические швартовные лебедки и дизель-блоки гидравлического их привода.

Несамоходные баржи/понтонны не имеют, как правило, также и собственных балластных насосов. Передвижные насосы для откачки водяного балласта входят в состав арендной поставки, а также блоки мобильных дизель-генераторов для их привода. Поставка оборудования – на флоте. Перенос на понтон – автокраном.

Кроме указанного оборудования в комплект арендной поставки включают некоторое количество гидравлических такелажных домкратов, а также мобильных стальных опор (подпорок). Домкраты позволяют временно приподнять модуль над плоскостью тележки, чтобы, к примеру, заменить неисправное колесо. Стальные подпорки используются для установки модуля на причале для его временного хранения на требуемой высоте (порядка 1500 мм). Вместо подпорок можно также использовать стандартные железобетонные фундаментные блоки (ФБС), укладываемые друг на друга краном.

Проектами заводов СПГ и портовых отгрузочных комплексов в п. Сабетта и в новом проектируемом порту близ Владивостока предусмотрено использование данных прогрессивных транспортно-технологических систем с целью сокращения сроков строительства, упрощения и удешевления пусконаладочных работ. Внедрение на отечественном морском транспорте ТТС доставки технологических модулей промпредприятий позволит в перспективе расширить возможности российского экспорта блоков атомных электростанций, блоков другого энергетического оборудования, металлургических, химических и других производств, в проектировании которых Россия сохраняет свои позиции, а также сократить сроки строительства и ввода крупных газонефтехимических, шельфовых, энергетических проектов на Крайнем Севере и в других отдаленных районах.

Морские вести России №4 (2015)