**ВВЕДЕНИЕ**

Удельный вес высокоэффективных процессов, связанных с химическим превращением сырья в нефтеперерабатывающей промышленности, постоянно увеличивается. Химическое превращение нефтяного сырья осуществляется в реакционных аппаратах, или реакторах. Процессы, протекающие в них, обеспечивают получение многих нефтепродуктов улучшенного качества.) Например, *>* реформинг бензина является основой для улучшения свойств автомобильных бензинов и производства ароматических углеводородов (бензола, толуола, ксилолов и этилбензола). Конструкция реактора должна отвечать требованиям данного химического процесса. Реакция в реакторе должна протекать с максимально допустимой скоростью при условии наибольшего выхода целевой продукции. При известном технологическом процессе и данном катализаторе этого добиваются поддержанием оптимальных значений температуры, давления в аппарате, а также времени протекания химической реакции.

В промышленных реакторах в реакции участвуют две фазы и более. В реакторах, работающих на твердых катализаторах, кроме скорости протекания собственно реакции превращения, должна быть обеспечена также скорость переноса реагирующих веществ между фазами. Все известные конструкции реакционных аппаратов по общности принципов работы подразделяются на реакторы полного смешения (периодического или непрерывного действия) и реакторы полного вытеснения. По способу теплообмена в реакционной зоне различают реакторы с теплообменом через стенку (перегородку) и непосредственно с катализатором (адиабатические реакторы).

К реакторам с теплообменом через стенку относятся трубчатые реакторы, конструктивно представляющие собой кожухо-трубчатый теплообменник. Катализатор заполняет трубное или межтрубное пространство, теплоноситель (хладоноситель) омывает соответственно наружную или внутреннюю поверхность труб.

Адиабатические реакторы просты по конструкции; в них отсутствует теплообмен с окружающей средой, а выделение или поглощение незначительной теплоты реакции приводит к несущественному отклонению температуры реакционной смеси по высоте реакционной зоны.

Катализатор в реакторе может располагаться неподвижным слоем или находиться в движении. Применяемые катализаторы отличаются адсорбционной и кинетической характеристиками, кристаллической структурой, а также размерами гранул (зерен). Для конструктивного оформления наибольшее значение имеют размеры гранул (фракционный состав гранул). Для каталитического реформинга применяют главным образом платиновый катализатор (0,5-0,6 масс. % платины, нанесенной на поверхность оксида алюминия). Используют также молибденовый катализатор, представляющий собой оксид молибдена, нанесенный на поверхность оксида алюминия.

Реакторы конструктивно выполняются в виде аппаратов колонного типа. Колонные аппараты применяют в различных производствах химической и смежных с ней отраслей промышленности для проведения процессов тепломассообмена(ректификации, дистилляции, абсорбции и др.)- В зависимости от параметров технологического процесса колонные аппараты изготавливают различных диаметров и высоты из материалов, устойчивых к воздействию обрабатываемых веществ (углеродистая, легированная, двухслойная стали, чугун, медь и другие материалы). Колонные аппараты работают под вакуумом, при атмосферном и повышенном давлении.

Существует несколько методов монтажа аппаратов колонного типа большой массы: наращивание, подращивание, скольжение, поворот вокруг шарнира, метод падающей стрелы, безъякорный, выжимания и скольжения с использованием четырех монтажных мачт и монтажных кранов.

**Монтаж скруббера** **методом наращивания** (рис.1) ведут с помощью монтажного крана (1). По нижней части (6) скруббера, уже установленной на фундаменте, для удобства работы расположены площадки (5), с которых собирают и сваривают верхнюю и нижнюю (6) части. Сваренные верхнюю и нижнюю части поднимают с помощью стропов (2) и траверсы (3), которая предохраняет верхнюю часть скруббера от сминания.

**Подъем аппаратов** **методом поворота вокруг шарнира** (рис. 2,а) широко используют при монтаже аппаратов колонного типа. Монтаж выполняют с помощью двух грузоподъемных трубчатых мачт (10). Аппарат соединен шарниром (9) с фундаментом (11). Мачты расчаливают в четырех плоскостях шестью винтами (1). Для подъема аппарата используют два полиспаста (2).

Разновидностью этого метода монтажа является **монтаж с помощью двух** **самоходных гусеничных кранов** (рис. 3). Он значительно экономичнее предыдущего так , как при нём почти не используется такелажная оснастка. Аппарат (2), поднимаемый с помощью кранов 91) соединяют шарниром (3) с фундаментом (4), на который он будет установлен.Под аппарат укладывают шпальные клетки (5), служащие для предохранения аппарата от повреждений. В процессе подъёма аппарата самоходные краны перемещаются по направлению к фундаменту.

**При монтаже методом падающей** **стрелы** (рис. 2,6) поднимаемый аппарат выкладывают горизонтально на шпальных клетках. Нижнюю его часть соединяют шарниром (9) с фундаментом (11). В качестве грузоподъемного приспособления используют А-образный шевр (14), который может поворачиваться в процессе подъема аппарата. Шевр соединен с аппаратом тяговым аппаратом (15). Для плавного опускания аппарата на фундамент в конце подъема применяют оттяжку (5), соединенную с лебедкой (7). Подъем осуществляется полиспастом (2) с помощью лебедки (13). При работе лебедки (13) полиспаст (2) сокращается по длине и тянет А-образный шевр. Поскольку шевр соединен с аппаратом канатом (15), аппарат начинает подниматься, поворачиваясь вокруг шарнира (9). Шевр в

данном случае поворачивается вокруг своей оси и, как бы падая, увлекает за собой поднимаемый аппарат.

**При безъякорном методе монтажа** (рис. 4) якорь используют только для установки лебедок и тормозной расчалки. Для монтажа применяют качающийся портал (4). Его прикрепляют к шарниру (3), а поднимаемый аппарат (1) - к шарниру (5), соединяющему его с фундаментом. Оголовок портала и верхнюю часть аппарата раскладывают в противоположные друг от друга стороны. Под аппарат подкладывают шпальную клетку (2). С помощью полиспаста (6) начинают поднимать портал, затем до определенного угла поднимают аппарат. После

аппарата медленно устанавливают на основание, удерживая его тормозной оттяжкой **(8).**

**Бестросовый метод** (рис. 5) сходен с безъякорным. При бестросовом методе полиспасты и канаты не используют. В качестве грузоподъемного механизма служат спаренные домкраты (5), которые перемещаются по порталу (2). Метод выжимания (рис. 5): подготовленный к подъему аппарат (1) устанавливают на шпальные клетки (7). Аппарат обстраивают трубопроводами, площадками, лестницами и в готовом виде устанавливают в вертикальное положение. Нижний конец аппарата помещают на шарнир (4), вокруг которого аппарат будет поворачиваться при переходе из исходного положения в проектное. Аппарат охватывают хомутом (3), который имеет вверху шарнир для соединения с толкателями (2). Для подъема аппарата включают в работу стяжные полиспасты. Сокращаясь по длине, они с помощью толкателя (2) выжимают аппарат.

Для подъема высотных аппаратов или металлоконструкций и вентиляционных труб кранами, когда высота подъема их крюков недостаточна, используют опорную стойку, состоящую из одного или двух звеньев, закрепленную за аппарат. Опорная стойка выполняется сварной из трех или двух труб, соединенных между собой решеткой из уголков.

**Метод выжимания** (рис. 6): подготовленный к подъему аппарат (1) устанавливают на шпальные клетки (7). Аппарат обстраивают трубопроводами, площадками, лестницами и в готовом виде устанавливают в вертикальное положение. Нижний конец аппарата помещают на шарнир (4), вокруг которого аппарат будет поворачиваться при переходе из исходного положения в проектное. Аппарат охватывают хомутом (3), который имеет вверху шарнир для соединения с толкателями (2). Для подъема аппарата включают в работу стяжные полиспасты. Сокращаясь по длине, они с помощью толкателя (2) выжимают аппарат.

**При монтаже методом поворота вокруг шарнира с дотяжкой** аппарат поднимается краном до максимального угла его продольной оси к горизонту, затем дотягивающей системой доводится до нейтрального положения, когда центр массы аппарата и ось поворотного шарнира располагаются на одной вертикали. Подъём одиночным или спаренными кранами с поворотом стрел наиболее прост и применяется, когда максимальный угол подъёма аппарата достаточен для последующего использования дотягивающей системы. Практически этот угол должен быть равен 50 .

**1 ОБЩАЯ ЧАСТЬ**

**1.1 Основные технические, монтажные и транспортные характеристики реактора**

Реакторные блоки большинства установок состоят из трех и более реакторов.

Основными реакционными аппаратами являются адиабатические реакторы -пустотелые аппараты, заполненные одним слоем катализатора. Встречаются также политропические реакторы - многослойные аппараты со встроенными адиабатическими секциями.

Газосырьевой поток в адиабатических реакторах может двигаться в двух направлениях: аксиальном - сверху вниз, и радиальном - от периферии к центру (для парогазового сырьевого потока).

Реакторы представляют собой вертикальные цилиндрические аппараты со сферическими днищами, в которых помещен катализатор. Корпуса реакторов, используемых на отечественных заводах, имеют внутреннюю защитную футеровку из жаростойкого бетона для сохранения прочности металла и стойкости его к водородной и сульфидной коррозии в условиях высоких температур. Такие реакторы можно изготовить из углеродистой стали; если футеровка отсутствует, то корпус выполняют целиком из высоколегированных сталей или двухслойной стали (основной слой - хромомолибденовая сталь, внутренний слой - нержавеющая сталь).

Рассмотрим адиабатический реактор установки каталитического реформинга. Корпус аппарата изготовлен из стали марок 22К иди 09Г2ДТ и покрыт изнутри торкрет-бетонной футеровкой. Качество футеровки должно быть высоким во избежание появления на ней трещин в процессе эксплуатации (особенно уязвимы в этом отношении верхние участки реактора в области штуцеров). Герметичность футеровки может нарушиться также вследствие резких изменений температуры в отдельных зонах реактора или всей установки. Участки корпуса, где надежная работа футеровки не гарантирована, следует выполнять из хромомолибденовых сталей марок 12МХ или 12ХМ, устойчивых при повышенных температурах и водородсодержащих средах. Внутренние устройства реактора изготавливают из сталей марок ЭИ496 и Х5М.

Сырье (парогазовая смесь) подается в реактор через верхних штуцер с помощью распределителя, обеспечивающего равномерное заполнение верхней пустотелой части аппарата, и проходит через слой фарфоровых шариков диаметром 20 мм, а также слой таблетированного алюмоплатинового катализатора высотой до 4 м.

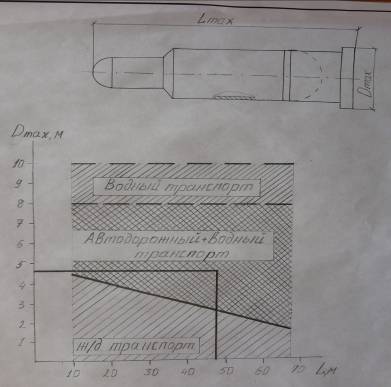
Катализатор удерживается на перфорированной опорной решетке, поверх которой для равномерного приема сырья насыпаны три слоя фарфоровых шариков диаметром 20,13 и 6мм. Продукты реакции, скапливающиеся под решеткой, выводят по парогазовому стояку через верхний штуцер диаметром 300 мм.

Дня установке трехзонной термопары через штуцер в верхнем днище реактора пропущена труба диаметром 50 мм. На нижнем днище расположены люк диаметром 500 мм, которым пользуются при ревизии и ремонте аппарата, и два люка диаметром 175 мм для выгрузки катализатора. На нижнем днище имеется также штуцер диаметром 100 мм, через который эжектируют газы перед началом процесса регенерации и в случае необходимости при ремонтных работах. Для защиты застойных зон реактора от воздействия высоких температур и водорода все свободные пространства люков и штуцеров заполнены легкой шамотной мастикой.

Данные реактора реформинга: высота аппарата Н**о** = 47 м, масса G**о** = 99,5 т, диаметр D = 4.58м.

Крупногабаритное оборудование можно перевозить железнодорожным, водным, автодорожным и воздушным транспортом.

Габаритные ограничения перевозок различными видами транспорта приводятся на рисунке 7.



**Рис.7 Габаритные ограничения перевозок аппаратов.**

Перевозка оборудования по железной дороге наиболее экономична, так как заводы-изготовители и строящиеся заводы связаны общей сетью железных дорог.

Габаритами погрузки называют предельное поперечное, перпендикулярное оси пути очертание, внутри которого должен помещаться погруженный на открытый подвижный состав груз (с учетом упаковки и крепления). При этом подвижной состав должен находиться на прямом горизонтальном пути и продольные оси подвижного состава должны совмещаться в одной вертикальной плоскости.

Тяжеловесное крупногабаритное оборудование по автодорогам перевозят на специальных транспортных средствах - прицепах-тяжеловозах, состоящих из отдельных тележек.

Транспортные средства должны выбираться или разрабатываться исходя из следующих условий:

1. Удельное давление на поверхности контакта движителей транспортных средств (колес или гусениц) с грунтом должно быть не больше 0,65 МПа.

2) В соответствии с весовыми и габаритными ограничениями автомобильных дорог нагрузка (вес) на одиночную наиболее нагруженную ось при расстоянии между осями 3 м и более не должна быть больше 100 кН. Нагрузки на оси предусматриваются для транспортных средств, перемещающихся со скоростью 80-100 км/ч, а тяжеловесное оборудование перевозят с максимальной скоростью 25-30м/ч. Поэтому можно нагрузки на оси значительно увеличивать. Эти нагрузки лимитируются фактически допускаемой нагрузкой на колесо и числом колес на оси.

3) Средствами перевозки должны быть автопоезда, состоящие из одного или нескольких тягачей и тележек, на которых закрепляется оборудование. Габариты

этих поездов определяются их проходимостью по дорогам, как на прямых участках, так и на поворотах, т.е. габаритным коридором. Различают дороги общей сети и промышленных предприятий. Тяжеловесное оборудование приходится перевозить и по тем, и другим дорогам.

Высота перевозимого груза ограничена различными воздушными линиями, проходящими над дорогой, и проходами под мостом.

Перемещение аппаратов водным путем имеет ряд преимуществ. Этим видом транспорта можно перевозить аппараты длиной более 50 м, диаметром более 4,2 м независимо от массы. При движении тяжеловесных аппаратов по автодороге на пути следования могут встретиться мосты, которые необходимо усилить, прежде чем везти по ним аппарат, или необходимо строить временные переходы, что требует больших трудовых затрат. Всего этого не нужно при перевозке аппарата водным путем.

Аппараты водным путем можно перевозить на палубе грузового судна, на барже и на плаву. Наиболее сложной операцией при транспортировании водным путем является погрузка аппаратов на судно и баржу и разгрузка с них.

Все более широкое применение получают для монтажа в труднодоступных местах вертолеты. Уже сейчас имеются вертолеты, позволяющие поднимать грузы массой до 20 т. С помощью вертолетов монтируют тяжеловесные детали доменных печей, доставляют в труднодоступные места и устанавливают в проектное положение бурильное и технологическое оборудование газо-нефтедобывающих предприятий.

Транспортные средства, схему и общий план перевозки выбирают для каждого аппарата в отдельности с учетом всех существующих ограничений. Однако если на выбранной для перевозки трассе нет мостов, ограничивающих верхний габарит, то допускается, чтобы высота автопоезда была выше высоты перевозок, предусмотренных стандартом. В этих случаях телефонные и телеграфные линии, контактные сети транспорта и высоковольтные линии на время прохождения автопоезда могут быть временно обесточены и подняты.

Для транспортировки реактора реформинга выбираем автопоезд.

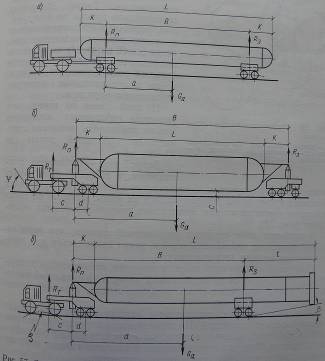
Автопоезда, на которых перевозят крупногабаритные аппараты, характеризуются проходимостью, т.е. способностью передвигаться в различных дорожных условиях, зависящей от вида дороги, допускаемого удельного давления *р* на поверхность дороги, профиля дороги, ее ширины и радиуса поворота.

Проходимость зависит также от просвета С (рис.8, а), т.е. от расстояния между самой нижней точкой деталей автопоезда или тягача и поверхностью дороги (клиренса), от углов переднего въезда \|/ и заднего съезда Я, от продольного р**1**; и поперечного р**2**радиусов проходимости и минимального радиуса поворота R.

Существует два типа автопоездов.

Первый тип - автопоезда с тележками, у которых рамы не поворачиваются относительно вертикальной оси. Аппарат закрепляют жестко на этих рамах (рис.8, а), и таким образом он жестко соединяет тележки.

Чтобы снизить общую высоту автопоезда, аппарат может быть закреплен ниже верхней поверхности рамы. Передняя тележка такого автопоезда управляется дышлом, соединяющим ее с тягачом, задняя тележка имеет независимое управление. Управляет тележкой оператор, следящей за колеей передней тележки. Для снижения усилий, необходимых для управления, его делают чаще всего гидравлическим. Такие автопоезда сравнительно просты по конструкции, устойчивы при передвижении и допускают значительные скорости (до 40 км/ч). Их недостатком является то, что для них нужен большой радиус поворота, что приводит к значительным размерам габаритного коридора.



**Рис.8 Схемы автопоездов**

**а - тележки с неповоротными рамами; б - тележки с поворотными рамами; в - поезд с различными тележками**

По этой схеме по имеющимся размерам габаритных коридоров можно перевозить аппараты сравнительно небольшой длины (до 20 - 25 м).

Второй тип - автопоезда с тележками, у которых рама может поворачиваться относительно вертикальной оси (рис.8, б). В таких тележках кроме колес поворачиваются их рамы. Аппарат на таких тележках держится на так называемых опорно-поворотных седловинах.

Устройство этих седловин (турникетов) таково, что тележки, в зависимости от неровностей дороги, могут наклоняться или поворачиваться во всех направлениях.

При такой конструкции тележки нагрузки, возникающие от перекосов, не передаются на перевозимый аппарат. Управление передней тележкой осуществляется с помощью дышла, а задней тележкой управляет оператор.

Для автопоезда с поворотными рамами нужен значительно меньший радиус поворота R*.* Но такие тележки сложнее по конструкции. Кроме того, наличие поворотных устройств снижает устойчивость поезда. Тележки с поворотными седловинами выше, чем с неповоротными, что увеличивает высоту погрузки.

Помимо поездов, составленных из тележек с поворотными седловинами или с неповоротными рамами, применяются поезда с различными типами тележек (рис.8, в). При таком построении поезда уменьшается высота погрузки по сравнению с поездами, имеющими две тележки с поворотными седловинами.

После прибытия автопоезда на монтажную площадку производят проверку комплектности машин и оборудования для монтажа.

Комплектность машин и оборудования определяется внешним осмотром, а в случае необходимости — путем частичной разборки рабочих узлов. При проверке комплектности устанавливают целостность, сохранность и техническую годность рабочих органов, рам, механизмов передач, силовых агрегатов и других конструктивных элементов. Определяя техническое состояние машин или оборудования, проверяют, нет ли деформаций, пробоин или вмятин на облицовочных поверхностях, поломок или трещин в корпусах, забитой или сорванной резьбы на болтах, гайках, шпильках, изогнутых валов и осей, поврежденных рабочих органов, засоренных смазочных отверстий, поломанных зубьев звездочек, шестерен, и других деталей механизмов передач и т.д. Если внешним осмотром не удается установить полную комплектность и техническую годность машин и оборудования для монтажа, то их частично разбирают с помощью инструмента, контролируют наиболее ответственные сопряжения. Выявленные дефекты устраняют.

Консервирующие смазки удаляют только перед началом монтажа и в той последовательности, которая установлена технологией монтажных работ по данному комплекту машин и оборудования.

Машины, которые должны оставаться по рекомендации заводов-изготовителей под защитной смазкой, не расконсервируют.

Детали, узлы и поверхности машин и оборудования очищают от консервирующих защитных смазок с помощью деревянных скребков и обтирочного материала, смоченного в растворителе, дизельном топливе или керосине.

Подшипники освобождают от защитной смазки, погружая их в специальные ванны для рассконсервации. После снятия защитной смазки поверхности деталей и узлов протирают насухо и предохраняют от возможного коррозийного повреждения в процессе монтажа.

Полностью скомплектованное технологическое оборудование доставляют на

место монтажа.

Все операции по доставке машин и оборудования к месту монтажа (погрузку,

разгрузку, перемещение, установку в проектное положение) проводят так, чтобы

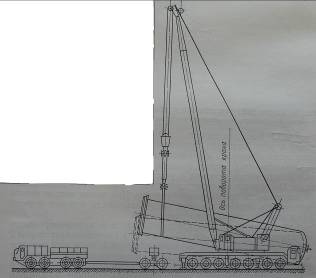
исключить какие-либо повреждения рабочих узлов, механизма передач и других конструктивных элементов.

**1.2 Погрузка, транспортировка на монтажную площадку и разгрузка оборудования с указанием строповки**

Наиболее сложными процессами **в** перевозке аппаратов являются их погрузка и разгрузка.

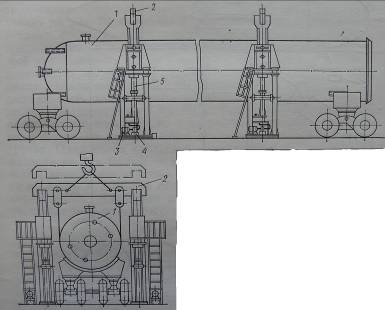
Многие аппараты могут быть погружены на транспорт и сняты с него с помощью выпускаемых промышленностью грузоподъемных средств, но для ряда аппаратов разработаны специальные устройства.

Пример погрузки аппарата на автотранспортное средство с помощью крана показан на (рис.9). После запасовки строповочного каната один конец аппарата приподнимают на высоту, позволяющую подкатить тележку с помощью тягача. После этого аппарат опускают на седловину тележки, освобождают стропы и закрепляют аппарат хомутами. Затем перемещают кран на второй конец аппарата, и операция повторяется. При таком методе погрузки можно использовать один кран, если грузоподъемность его больше 0,5 Gа или два крана, но грузоподъемность каждого должна быть больше 0,25 Gа. К недостаткам этого способа надо отнести необходимость подготовки площадки не только для транспортных средств, но и для кранов. Кроме того, требуются значительные размеры площадки для установки кранов.



**Рис.9 Схема погрузки аппаратов на автодорожный транспорт**

Разработан инвентарный гидравлический подъемник для погрузки и разгрузки аппаратов (рис. 10). Такой подъемник имеет вид портала, стойки которого представляют собой гидравлические домкраты. В пролете портала могут размещаться транспортные средства вместе с аппаратом. Высота портала позволяет поднимать аппарат над тележками на высоту, необходимую для подката тележек. Работает такой подъемник для погрузки следующим образом. Аппарат (1) подвешивается на стропах к порталу (2). Затем включается электродвигатель (3), приводящий в движение насос (4). Насос подает масло в гидроцилиндр (5), шток цилиндра поднимает верхнюю часть стойки, а она в свою очередь — траверсу с аппаратом. После того, как аппарат поднят на высоту, при которой можно подкатить тележки, подъем прекращают, подкатывают тележки и на них опускают аппарат. Тележки с аппаратом выкатывают из-под порталов, после чего верхнюю часть стоек вместе с порталами опускают в исходное положение, для чего устанавливают золотник гидрораспределителя в положение слива масла из цилиндра в масляной бак. Если необходимо разгрузить аппарат, то, освободив от крепления с тележками, его предварительно приподнимают, выталкивают из-под него тележки и затем опускают аппарат. Большим достоинством такого подъемника является то, что при одних и тех же стойках, меняя портал, можно менять ширину просвета, а следовательно, устанавливать его для погрузки аппаратов на железнодорожные платформы и разгрузки с них. Применение таких порталов значительно экономичнее, чем кранов большой грузоподъемности, а работа безопасней.



**Рис.10 Схема погрузки аппарата гидравлическим подъёмником**

**1-аппарат; 2-портал; 3-электродвигатель; 4-насос; 5гидроцилиндр.**

Процесс строповки является трудоемкой и ответственной операцией, так как узлы строповки воспринимают всю нагрузку. Узлы крепления и сам процесс строповки должны обеспечивать высокую прочность и надежность соединения. Узлы крепления должны позволять выполнять расстроповку с земли, быть простыми по конструкции, иметь наименьшее число деталей для большей надежности и меньшие трудозатраты при строповке.

Строповка с помощью захватных устройств на аппарате имеет широкое применение. Это способ строповки заключается в том, что на аппарате закрепляют штуцера, к которым в свою очередь прикрепляют строп. Если аппарат поднимают двумя кранами, то используют строповку с помощью монтажных штуцеров. Достоинством этого способа является сравнительная его простота и надежность. Недостаток способа заключается в установке на аппаратах штуцеров. Не ко всем аппаратам можно приваривать штуцера: возникают значительные напряжения на участках аппарата, где закреплены штуцера, и эти участки часто требуют усиления**.**

**1.3** **Разработка этапов подъема реактора**

Различают следующие основные способы подъёма аппаратов.

По применяемому оборудованию:

стреловыми кранами;

стреловыми кранами с устройствами повышающими их грузоподъёмность;

такелажными средствами, мачтовыми подъемниками, шеврами, порталами.

По способу подъема:

подтягиванием (скольжением);

поворотом вокруг шарнира.

**Краны** являются основными средствами подъема аппаратов. Преимущественное применение стреловых кранов для монтажа аппаратов объясняется большой высотой подъема крюка, маневренностью, малым временем подготовки крана для начала монтажных работ, малым объемом подготовительных работ, необходимых для установки крана в рабочее положение (зачистки площадки иногда установки подстилов). Однако грузовые характеристики имеющихся кранов, т.е. изменение грузоподъемности в зависимости от вылета крюка (длины стрелы), крутопадающие. Это значит, что с увеличением длины стрелы резко падает грузоподъемность. Эта особенность ограничивает возможности монтажных кранов при большой длине аппаратов (высоте), особенно если они устанавливаются на высокие фундаменты или постаменты. Например, грузоподъемность крана СКГ-160 при длине стрелы 30 м равна 160 т, при длине стрелы 50 м она составляет только 100 т. Применение двух кранов позволяет поднимать аппараты массой вдвое большей и высотой на 30-40 % больше, чем высота подъема крюков используемых кранов. Для подъема двумя кранами необходимо балансирная траверса, обеспечивающая равномерную нагрузку на краны.

В основном краны имеют грузоподъемность от 160 до 1000 т с высотой подъема не более 50 м, что не позволяет целиком поднимать аппараты длиной более 50 м.

Монтировать эти аппараты приходится по частям. Кроме того, для переброски с одного объекта на другой кранов большой грузоподъемности требуется несколько тягачей и грузовых автомобилей. Стоимость эксплуатации таких кранов очень велика, из-за чего они рентабельны только при значительной нагрузке. Поэтому чаще всего аппараты массой более 100 т монтируют такелажными средствами. Так же, как и при монтаже кранами, основными способами подъема являются подтаскивание аппарата и поворот его вокруг шарнира. Кроме этих основных способов имеются несколько разновидностей применения мачт: так называемый способ падающего шевра, портала, безъякорного метода и способ выжимания. Однако монтаж с помощью мачт имеет свои недостатки: например необходимо монтировать и демонтировать мачты, для чего нужны краны. А тяжёлые мачты монтируют с помощью мачт меньшей грузоподъемности и высоты, которые в свою очередь монтируют кранами. Краны грузоподъёмностью 320 т и более могут перемещаться собственным ходом, мачты же приходится перевозить, а при большей их длина перед транспортированием их еще разбирают на секции. Несмотря на все перечисленные недостатки, мачтовые монтажные подъёмники являются пока наиболее более распространенным средством для монтажа аппаратов масс более 100 т.

Выбирая средство и метод для подъёма аппарата, необходимо решить следующие задачи:

какими из имеющихся устройств могут быть подняты аппараты, т.е. позволяет ли устройство поднять аппарат заданной массы и длины;

каким из возможных средств и методов наиболее рационально, с наименьшими трудозатратами и стоимостью и наибольшей безопасностью можно поднять аппарат;

на какое основание следует установить аппарат (до 28% всех аппаратовустанавливают на основания значительной высоты - более 10 м);

учитывать компоновку аппаратов на площадке

Если аппараты размещают в один ряд вдоль постамента или здания, то довольно просто подготовить площадку к монтажу и организовать её потоком. Но при этом увеличивается протяженность коммуникаций и объём монтажных работ помимо подъемов аппаратов.

В последнее время химические и нефтехимические установки проектируют таким образом, что аппараты располагаются одни от других на сравнительно небольших расстояниях по всей площадке объекта. Это приводит к значительной насыщенности площадки различным оборудованием, что усложняет размещение необходимых для подъема аппаратов грузоподъемных и такелажных средств.

В различных монтажных организациях имеется, как правило, только часть оборудования из всего возможного, поэтому в первую очередь нужно проверить и выбрать наиболее рациональный способ на основе имеющегося оборудования. При этом следует рассмотреть варианты, когда более эффективным является применение оборудования, которого нет в данном монтажном управлении или тресте, и требуется его доставить.

Экономическая и техническая эффективность монтажа тем или иным способом определяется затратами труда и средств на доставку, сборку оборудования с проектное положение, установку грузоподъемных и такелажных средств, их разборку, а также трудоемкостью способа монтажа оборудования. Следовательно, эффективность зависит от конструкции подъемных средств, их массы, грузоподъемности, необходимого числа лебедок, полиспастов, якорей, диаметров и длин стальных канатов, площади, занимаемой устройствами, и в значительной степени от сроков монтажа.

Широкое применение получил способ подъема аппаратов поворотом вокруг шарнира. Этот способ заключается в том, что на нижней части аппарата закрепляют опорный шарнир, расположенный около фундамента, таким образом, что аппарат после подъема устанавливают сразу в проектное положение на фундамент.

При таком методе подъема уменьшается необходимая грузоподъёмность кранов, так как в процессе подъема аппарат не отрывается от земли, а всё время одним концом опирается на шарнир. Конструкция шарниров может быть различна.

Преимуществами данного способа являются: значительно меньшие усилия необходимые для подъема аппарата, по сравнению с усилиями, развиваемыми при способе подъёма скольжения, где требуется отрыв от земли; существенное уменьшение усилия в грузовых полиспастах; возможность контроля за работой грузоподъёмных устройств при возникновении наибольших нагрузок, т.е. вначале

подъёма. Это позволяет избежать поломок до того, как аппарат будет полностью, поднят и создает монтажникам более безопасные условия труда.

К недостаткам способа надо отнести большие затраты труда на устройство шарнира и его установку, а также необходимость точной укладки аппарата перед подъемом. Эти сложности увеличиваются, когда аппарат нужно установить на высоком фундаменте, поэтому способ поворота пока применяется при высоте фундамента до 2 м.

**Подъём оборудования в два этапа.**

Если невозможен подъем аппарата кранами из исходного горизонтального сразу в нейтральное положение, т.е. при расположении центра тяжести на одной вертикали с осью поворотного шарнира аппарата, то подъем следует произвести в два этапа: вначале кронами поднять аппарат на угол 50—60, а затем тракторами или лебедкой через полиспаст дотянуть до нейтрального положения.

* Максимальная нагрузка при дотягивании аппарата возникает в момент включения дотягивающей системы; в дальнейшем по мере подъема аппарата она уменьшается.
* Места строповки следует располагать, возможно, ближе к вершине аппарата. Размещать их на верхней образующей аппарата при расстоянии от его опоры до места строповки меньшем удвоенного расстояния от опоры аппарата до его центра тяжести (К<2), не рекомендуется.
* Аппарат следует стропить либо снизу (подхватом), либо по оси.
* Для строповки вертикальных аппаратов, поднимаемых методом поворота спаренными кранами, рекомендуется применять балансирующие траверсы.
* Дотягивать аппарат необходимо (в зависимости от величины тягового усилия) одним тросом или полиспастом расположенными строго в плоскости подъема аппарата. Трос или полиспаст для дотягивания следует крепить на аппарате как можно выше таким образом, чтобы они не соприкасались с грузовыми полиспастами или стрелами кранов. Второй конец троса крепится или через отводной блок на барабане лебёдки, или за серьгу трактора. Неподвижный блок полиспаста необходимо крепить за временный инвентарный якорь, а ходовую нитку полиспаста с подвижного блока следует соединить с лебедкой или трактором. При включении дотягивающей системы необходимо внимательно следить за положением шарнира.
* В процессе подъема аппарата дотягивающую систему, (трос или полиспаст) до включения в работу следует периодически подтягивать, выбирая слабину.
* Для удерживания аппарата после прохождения нейтрального положения и плавной установки на фундамент следует применять расположенную в плоскости подъема аппарата тормозную оттяжку, натяжение которой регулируется лебедкой или трактором через полиспаст.
* Перед подходом аппарата к нейтральному положению необходимо выбрать слабину тормозной оттяжки, постепенно ее, отпуская при дальнейшем движении аппарата. После прохождения аппаратом нейтрального положения и по мере его подхода к проектному вертикальному положению необходимо следить за натяжением боковых расчалок.Для удерживания аппарата в вертикальном положении перед закреплением анкерными болтами необходимо применять две боковые расчалки, закрепленные к инвентарным якорям или тракторам.
* После проверки соответствия технологической карте расположения кранов и поднимаемого аппарата, узлов строповки аппарата и крепления на нем боковых расчалок и тормозной оттяжки, необходимо вершину аппарата приподнять кранами на 100—200 ммнад опорой.

В этом положении аппарата следует проверить:

* состояние кранов и оснований под краны;
* состояние и равномерность натяжения ветвей стропов, а также состояние сжимов, соединяющих тросы стропов;
* состояние поворотного шарнира (осадку, положение оси, крепление к аппарату и фундаменту);
* расположение оси поднимаемого аппарата в плоскости подъема.
* Подъем вертикального аппарата следует осуществлять, с периодическими остановками через каждые 10—15°.

В процессе подъема и установки аппарата члены монтажной бригады и руководитель подъема обязаны следить:

1. за тем, чтобы поднимаемый аппарат и краны не соприкасались между собой или с расположенными рядом конструкциями и сооружениями;
2. за состоянием поворотного шарнира, его поворотом, а также за тем, чтобы не было просадки и смещения шарнира в плане, которые затруднят установку аппарата в проектное положение;
3. за состоянием крана и вертикальностью грузовых полиспастов, не допуская просадки, наклона крана и скручивания тросов полиспастов;
4. за состоянием якоря тягового полиспаста;
5. за равномерностью натяжения боковых расчалок аппарата и работой тягового полиспаста при установке аппарата в проектное положение;
6. за расположением оси аппарата в плоскости подъема;
7. за горизонтальностью балансирной траверсы.

О замеченных отступлениях от нормального процесса подъема следует немедленно сообщить его руководителю, который примет решение о продолжении или приостановлении подъема и о необходимости опустить аппарат в исходное положение для исправления дефектов.

**1.4 Разработка необходимых монтажных приспособлений**

**Полиспаст** — грузоподъемное устройство, представляющее собой систему подвижных и неподвижных блоков, огибаемых единым гибким органом (канатом, цепью). Блок - сборочная единица грузоподъемных машин в форме диска с желобом на поверхности окружности шкива под канат (цепь). Применяют в машинах и механизмах для изменения направления движения гибкого органа (действия силы).

Полиспасты применяют для подъема и перемещения грузов совместно с монтажными лебедками как самостоятельные устройства (такелажные средства) или в качестве сборочных единиц механизмов ГПМ. Так как вес поднимаемого полиспастом груза воспринимают одновременно несколько ветвей каната, Необходимо прикладывать пропорционально меньшее усилие, за счет чего получается выигрыш в силе.

Полиспасты разделяют на силовые (прямые) и скоростные (обратные). В силовом полиспасте груз подвешен к подвижному блоку, а тяговое усилие прилагают к свободной ветви гибкого органа, другой конец которого закреплен подвижно. Применение силового полиспаста уменьшает усилие в ходовой ветви каната (навиваемой на барабан) и нагрузку на барабан лебедки даёт выигрыш в силе), а следовательно, и величину передаточного отношения механизма его мощность, габариты, массу и стоимость. Именно этим определяется широкое применение силовых полиспастов в ГПМ.

Скоростные полиспасты отличает от силовых приложение тягового усилие к подвижному блоку и крепление груза к свободному (незакреплённому) концу каната (цепи). При проигрыше в силе такой полиспаст дает выигрыш в скорости, но требует мощного привода, роль которого обычно выполняет силовой гидроцилиндр, например привод грузоподъемника универсального погрузчика.

По исполнению различают простые (одинарные) и сдвоенные. У одинарного полиспаста при навивании (свивании) каната на барабан лебёдки за счёт перемещения каната вдоль оси барабана изменяются нагрузки на опоры последнего. Кроме того, при отсутствии отводных блоков поднимаемый груз получает нежелательные горизонтальные перемещения. Для обеспечения строго вертикального подъема груза и постоянства нагрузок на опоры барабана применяют сдвоенные полиспасты с уравнительным блоком С или реже с траверсой А в которых оба конца каната закреплены на одном барабане и навиваются на него совместно. Указанные полиспасты получили распространение в механизмах подъема грузов кранов мостового типа, где их преимущества реализуются полностью.

Основным элементом в цепи такелажных средств при монтаже вертикальных аппаратов колонного типа способом поворота является **шарнир**, от степени рациональности конструкции и качества, выполнения которого зависит эффективность и безопасность монтажа. По конструкции шарниры делят на две группы: устанавливаемые на разрезанной и усиленной опорной части оборудования и устанавливаемые на фундаменте или на грунт около него. Устройство шарниров 1-ой группы сопряжено со значительными безвозвратными затратами на усиление ослабленной разрезом части оборудования.

Преимуществом данного решения является простота установки, выверки и крепления анкерными болтами к фундаменту легкой отрезанной нижней части оборудования, а также простота совмещения монтажного стыка аппарата.

Шарнир представляет собой ребра с отверстиями, привариваемые к обеим частям оборудования, соединенные общей осью, установленной с зазором 10...20 мм.

Очевидно, что рассмотренная конструкция шарнира не инвентарна. Кроме того, многие виды оборудования не позволяют отрезать опорную часть или имеют высокие фундаменты, что делает невозможным применение шарниров этой группы. В этом случая применяют шарниры 2-ой группы. Так как они предназначены для монтажа различного оборудования большой массы, то должны быть более универсальны, воспринимать большие нагрузки и равномерно передавать их на фундаменты.

**Траверсы** представляют собой жесткие грузозахватные приспособления, предназначенные для подъема крупногабаритного и длинномерного оборудования, и конструкций при необходимости строповки их за несколько точек. Основное назначение траверс — предохранить поднимаемые элементы от воздействия сжимающих усилий, возникающих в них при наклоне стропов. Они изготавливаются сплошного сечения в виде одиночных двутавров, швеллеров или стальных труб различных размеров, а также сквозного сечения (для значительных нагрузок), состоящего из парных двутавров или швеллеров, соединёнными стальными пластинами, или из стальных труб, усиленных элементами жёсткости.

В практике монтажа оборудования применяются траверсы двух типов – работающие на изгиб и на сжатие. Первые конструктивно более тяжелы, но обладают значительно меньшими высотными габаритами, что имеет существенное значение при подъеме оборудования в помещениях с ограниченной высотой, а также при недостаточных высотах подъема крюка грузоподъемного механизма. При подъёме оборудования несколькими кранами разной грузоподъемности применяют разноплечие уравновешивающие или балансирные траверсы.

В подготовительные работы входит: планировка площадки; расстановка якорей, лебедок; запасовка полиспастов; сварка корпуса колонны в канатном стенде, её гидроиспытания; приварка к колонне опорных штуцеров стойки и монтажных штуцеров к «юбке» аппарата; заводка основания колонны в опорно-поворотное приспособление; обстройка аппарата обслуживающими площадками, трубопроводами, изоляцией; заводка под аппарат опорной стойки и крепление ее болтами к штуцерам; соединение основания опорной стойки и опорно-поворотного приспособления стягивающим полиспастом.

**1.5 Техника безопасности при погрузочных работах и эксплуатации монтажных грузоподъемных машин и механизмов**

Монтаж вертикальных аппаратов включает как весьма трудоёмкие работы по подготовке и установке подъемных устройств и укрупнительной сборке самих аппаратов, так и ответственные операции по перевозке, подъёму и установке крупногабаритных и тяжеловесных грузов.

Существенное значение при монтаже аппаратов имеет надёжность всех элементов крановых и такелажных средств. Это касается не только самих кранов и мачт или другого такелажного оборудования, он иэлементов стропов, расчалок, оттяжек, грузовых полиспастов, якорей и др. Здесь должна быть обеспечена исключительная надежность, так как разрушение любого элемента может привести к аварии и несчастным случаям.

В соответствии с требованиями технологического процесса аппараты устанавливают на низких фундаментах высотой до 1 м, на железобетонных постаментах высотой до нескольких десятков метров или на стальных технологических конструкциях высотой до 100 м. В большинстве случаев аппараты располагают на открытой, но весьма стесненной площадке, а иногда внутри конструкций и помещений.

Диаметр корпуса отдельных аппаратов достигает 14.. 15 м, высота 100 м и более, а масса одного лишь металла 600... 1000 т. Для их подъема и установки требуются мощные монтажные стреловые краны, такелажная оснастка большой грузоподъемности или специальные грузоподъемные средства (вертолеты, дирижабли и др.).

В настоящее время в монтажной практике наиболее широко распространены два способа монтажа вертикальных аппаратов: подъем аппаратов способом скольжения с отрывом от земли; подъем аппаратов способом поворота вокруг шарнира.

С точки зрения безопасности существенным недостатком способа подъема аппаратов методом скольжения с отрывом от земли в конце подъема является то, что максимальные нагрузки на такелажные и грузоподъемные средства возникают в конечной стадии подъёма, когда при недостаточной прочности какого-либо элемента такелажной оснастки предотвратить аварию практически невозможно. В этом отношении способ поворота вокруг шарнира значительно безопаснее так, как максимальные нагрузки на такелажные и крановые средства возникают здесь в начальной стадии подъёма при отрыве верха аппарата от земли.

Подъем аппаратов способами скольжения или поворота вокруг шарнира может осуществляться: одним или несколькими самоходными стреловыми кранами, в том числе с временно расчаленными стрелами (неповоротными и манёвренными), со стрелами соединенными ригелем, опирающимися стрелами и др., такелажными средствами - одной или несколькими мачтами, порталами, падающими шеврами, в этом числе с применением безъякорной системы монтажа и др.; гидравлическими подъёмниками, подъёмными средствами, установленными на ранее смонтированных аппаратах и конструкциях; вертолётами; другими грузоподъёмными средствами, в том числе эксплутационными мостовыми кранами, кран-балками, монорельсами с талями и др. Наиболее предпочтителен монтаж стреловыми кранами, при котором значительно снижаются затраты труда и повышается безопасность работ.

Монтаж с помощью эксплуатационных грузоподъёмных средств необходимый при установке, аппаратов внутри помещений, является одним из наиболее безопасных.

Монтаж вертикальных аппаратов следует выполнять силами специализированных подразделений (такелажного участка, такелажноё бригады и др.) под руководством квалифицированного специалиста назначенного ответственного за его проведение приказом по монтажной организации.

Монтаж вертикальных аппаратов должен производиться строго в соответствии с ППР, при разработке которого с целью обеспечения безопасности работ особое внимание необходимо уделить вопросам правильного выбора: грузоподъемных или такелажных средств и схемы подъема аппарата; надежности строповки аппарата и закрепление всей такелажной оснастки; максимального оснащения поднимаемых аппаратов и отдельных блоков и частей обслуживающими и такелажными устройствами внизу, до подъема их в проектное положение; организации монтажных работ таким образом, чтобы максимально сократить время пребывания аппарата в неуравновешенном, поднятом или незакрепленном положении.

При выборе грузоподъемных средств и расчетах такелажной оснастки для различных схем подъема необходимо учитывать действие динамических нагрузок и возможность неравномерности распределения их в процессе подъема.

В целях повышения безопасности работ следует монтировать целиком собранный, оснащенный, изолированный и подготовленный к эксплуатации аппарат; что значительно сокращает объем тяжелых и опасных верхолазных работ, а также уменьшает подсобные и вспомогательные работы (подъем материалов на высоту, вооружение лесов и подмостей, установку дополнительных такелажных средств и др.). Поэтому установку на аппараты обвязочных трубопроводов, обслуживающих площадок и лестниц, различных приборов (при отсутствии ил повреждения), нанесение тепловой изоляции и других покрытий следует производить внизу до подъема аппарата в вертикальное положение.

При монтаже вертикальных аппаратов наиболее трудоемкие и ответственные операции - строповка (соединение поднимаемого аппарата с грузоподъемным оборудованием) и расстроповка (освобождение грузоподъемного оборудования от установленного и закрепленного аппарата). К строповке аппаратов предъявляют следующие требования: надежность строповочных устройств и их креплений к грузоподъемному оборудованию; возможность расстроповки без поднятия такелажника к месту строповки или сравнительная высота расстроповки на высоте; минимальные трудоемкость и продолжительность операций расстроповки; возможность многократного использования строповочного устройства, т.е. его инвентарность.

Преимущественно следует использовать бесканатные устройства как наиболее безопасные, в случае строповки канатными стропами следует применять стандартные строповочные устройства, витые стропы и полуавтоматические захваты. При строповке аппаратов канатными петлями, охватывающими корпус,

Следует предотвратить соскальзывание каната с корпуса аппарата.

Опасную зону на территории строительства обозначают красными флажками. Её границы определяются расположением такелажной оснастки, а также высотой поднимаемого аппарата или используемых для подъёма мачт.

Воздушные линии электропередач, сигнализации, связи и радио, находящиеся в опасной зоне, на время производств работ по подъему аппарата выключают или отводят в сторону.

Работы по монтажу вертикальных аппаратов являются очень ответственными. Применение при подъеме непроверенных или неисправных грузоподъемных и такелажных средств может привести к аварии с человеческими жертвами. Поэтому обязательно перед каждым подъемом грузоподъемные и такелажные средства проверяют и испытывают согласно правилам Госгортехнадзора.

При подъеме вертикального аппарата методом поворота вокруг шарнира монтируемый аппарат не отрывают от земли, как при подъеме методом скольжения, а поворачивают вокруг установленного вблизи фундамента шарнира, в котором закреплена опорная часть аппарата. Благодаря этому нагрузка от веса аппарата частично воспринимается шарниром, что позволяет применять грузоподъемные средства и такелажную оснастку меньшей грузоподъемности, чем масса аппарата.

С целью обеспечения возможности монтажа аппаратов методом поворота на высоких фундаментах высокие бетонные основания заменяют специальными фаллическими опорами необходимой высоты, которые крепятся верхней частью к опорной части аппарата, составляя с ним одно целое, а нижним - к поворотному шарниру.

Необходимая грузоподъемность такелажных средств должна составлять примерно 55.. .60 % от массы поднимаемого аппарата.

**2 РАСЧЁТНАЯ ЧАСТЬ**

**2.1 Подбор монтажных кранов**

2.1.1 Строим монтажную схему с расчётом в **1 см = 2 м.**

2.1.2 Определяем требуемую грузоподъёмность каждого крана при подъёме аппарата парными кранами.

*Gк.тр = G0 lц.м./*(*lс nк*), где

*G0* - масса аппарата;

*lс* - расстояние от основания до места строповки;

*lц.м* - расстояние от основания до центра массы;

*nк* - количество кранов.

*Gк.тр* = 99,5\*20/(35\*2) = 28,4 т

2.1.3 По грузовысотной характеристике (см. расчётную схему) подбираем краны CКГ- 63 с длиной стрелы 30 м и грузоподъёмностью *Gк* = 30 т и высотой подъёма крюка *hк* = 30 м при максимальном вылете крюка *lк* = 9 м. Такой кран позволяет поднимать оборудование массой до *G0* = 100 т и высотой до *H0* = 38,2 м, что обеспечивает подъём заданного аппарата в два этапа.

2.1.4 По монтажной схеме определяем максимальный угол подъёма аппарата *φ* = 53

2.1.5 Находим усилие в дотягивающем устройстве, задаваясь местом крепления его к аппарату на расстоянии *lс =* 35 м и углом наклона к горизонту *а*д = 30 и определяя графически размер плеч:

*а* = 5 м

*b* = 10,8 м

*Рд =*10 *G0 а* / *b* = 10\*99,5\*5/10,8 = 460 кН

**2.2 Расчёт полиспаста**

По усилию *Рд* рассчитываем дотягивающий полиспаст.

2.3.1 Выбираем блок БМ-50 со следующими характеристиками:

грузоподъемность, т...........................................50

количество роликов............................................5

диаметр роликов, мм..........................................450

масса блока, кг....................................................775

Таким образом, в полиспасте, состоящем из двух блоков, общее количество роликов *mп* = 5\*2 = 10, масса *Gб =* 775\*2 = 1550 кг.

2.3.2 Находим усилие в сбегающей ветви полиспаста: *Sп = Рп /*(*(mп ŋ*),где

*Рп* - усилие в стягивающем полиспасте *Рп* = *Рд* = 460 кН;

*mп* - количество роликов в полиспасте без учета отводных блоков;

*ŋ* - коэффициент полезного действия полиспаста (*ŋ* = 0,783).

*Sп =* 460/(10\*0,783) = 58,7 кН

2.3.3 Определяем разрывное усилие в сбегающей ветви полиспаста:

*Rк = Sп Кз,* где

*Sп* - усилие в сбегающей ветви полиспаста;

*Кз* - коэффициент запаса прочности (*Кз* = 4).

*Rк* = 58,7\*4 = 234,8 кН

2.3.4 По таблице ГОСТа подбираем для оснастки полиспаста канат типа

ЛК-РО конструкции 6 х 36(1+7+7/7+14)+1о.с с характеристиками:

временное сопротивление разрыву, МПа.........1764

разрывное усилие, кН.........................................258,5

диаметр каната, мм..............................................22

масса 1000 м каната, кг………………………..1830

2.3.5 Подсчитываем длину каната для оснастки полиспаста, задаваясь длиной сбегающей ветви *l1* = 64,2 м и считая длину полиспаста в растянутом виде равной высоте подъёма аппарата *h* = 7 м.

*L* = *mп* ( *h + 3,14\*dп* )*+ l1 + l 2*,где

*h -* длина полиспаста в растянутом виде;

*dп –* диаметр роликов в блоках;

*l1 –* длина сбегающей ветви;

*l 2* – расчётный запас длины каната (*l 2=*22 м).

*L* = 10 (7 + 3,14\*0,45) + 64,2 + 22 = 170,3 м

2.3.6 Находим суммарную массу полиспаста:

*Gп = Gб + Gк = Gб + L gк*/1000, где

*Gб* – масса обоих блоков полиспаста;

*gк –* масса 1000 м каната;

*Gк* – общая масса каната.

*Gп* = 1550 + 170,3\*1830/1000 = 1861 кг

2.3.7 Определяем усилие на канат, закрепляющий неподвижный блок полиспаста:

*Рб +* 10 *Gп – Sп* = 460 + 10\*1,83 - 58,7 = 419,3 кН

2.3.8 Приняв канат для крепления верхнего блока полиспаста из 8 ветвей и определив коэффициент запаса прочности (*Кз =* 6), как для стропа, подсчитываем разрывное усилие в каждой ветви крепящего каната:

*Rк = Рб Кз/8 =* 419,3\*6/8 = 314,5 кН

2.3.9 По таблице ГОСТа подбираем для оснастки полиспаста канат типа ЛК-РО конструкции 6 х 36(1+7+7/7+14)+1о.с с характеристиками:

временное сопротивление разрыву, МПа.........1764

разрывное усилие, кН.........................................352,5

диаметр каната, мм..............................................25,5

масса 1000 м каната, кг………………………...2495

**2.3 Выбор тяговых механизмов (лебёдок)**

По усилию в сбегающей ветви полиспаста подбираем электролебёдку типа 114 – ТЯ

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Обозначения | Тяговое усилие  кН | Диаметр каната, мм | Канатоёмкость  м | Лебедка |
| Расчётные данные | 58,7 | 22 | 170,3 | 114 - ТЯ |
| Принятые данные | 75 | 29 | 185 |  |

**2.4 Расчёт якорей**

2.4.1 Определяем величины горизонтальной и вертикальной составляющих усилия в полиспасте *N:*

*N1* = *N cos α*

*N2* = *N sin α*, где

*N1* и *N2 -* горизонтальной и вертикальной составляющих усилия в тяге *N = Рд*, при угле наклона тяги к горизонту *α =* 30

*N1* = 460\*0,866 = 398,4 кН

*N2* = 460\*0,5 = 230 кН

2.4.2 Находим общую массу якоря, обеспечивающую его от сдвига:

*G* = 0,1( *N1/f + N2*)*Кус,* где

*f* - коэффициент трения скольжения якоря по грунту (выбираем = 0,9);

*К*ус - коэффициент запаса устойчивости якоря от сдвига (*Кус* = 1,5).

*G* = 0,1 (398,4/0,9 + 230) 1,5 = 99,4 т

2.4.3 Выбираем бетонные блоки размером 0,9 x 0,9 x 4 м и массой *g* = 7,5 т и определяем их необходимое количество:

*т = G*/*g* = 99,4/7,5 = 13,2 шт.

Принимаем количество блоков *т* =14 шт., тогда масса якоря *G* *= т g =* 7,5\*14 = 105т

2.4.4 Принимаем размеры опорной рамы для укладки блоков в два ряда в плане 5,2 х 6,5 м и, зная, что плечо *b* составляет половину длины рамы *(b =* 2,6 м), определяем плечо *а:*

*а = b sin α* = 2,6\*0,5=1,3 м, где

*а –* плечо опрокидывающего момента от усилия *N* в тяге;

*b* – плечо удерживающего момента от массы якоря.

2.4.5 Проверяем устойчивость якоря от опрокидывания:

10 *G b* > *Ку.о N а*, где

*Ку.о* - коэффициент устойчивости якоря от опрокидывания (*Ку.о* = 1,4).

10\*105\*2,6 = 2730 кН\*м > 1,4\*460\*1,3 = 837 кН\*м

Это неравенство свидетельствует об устойчивости якоря от опрокидывания.

**2.5 Расчет тормозной оттяжки для установки аппарата на фундамент**

2.5.1 Находим усилие в тормозной оттяжке в момент посадки опорной части аппарата на фундамент, задаваясь высотой крепления её к вершине аппарата

*h*т *=*45 м и углом наклона её к горизонту *а*т = 30 :

*Р*т *=* 10 *G0* 0,6 *D* / (*h*тcos *а*т)*,* где

*G0* - масса аппарата;

*D* - диаметр аппарата;

*а*т- углом наклона каната тормозной оттяжки к горизонту.

*Р*т = 10 \* 99,5\*0.6\*4,58 / 45\*0,866) = 70,2 кН

По усилию *Р*т рассчитываем тормозной полиспаст:

2.5.2 Выбираем блок Б-10 со следующими характеристиками:

грузоподъемность, т...........................................10

количество роликов............................................2

диаметр роликов, мм..........................................400

масса блока, кг....................................................135

Таким образом, в полиспасте, состоящем из двух блоков, общее количество роликов *mп* = 2\*2 = 4, масса *Gб =* 135\*2 = 270 кг.

2.5.3 Находим усилие в сбегающей ветви полиспаста: *Sп = Рп /*(*(mп\*ŋ*),где

*Рп* - усилие в стягивающем полиспасте *Рп* = *Р*т = 70,2 кН;

*mп* - количество роликов в полиспасте без учета отводных блоков;

*ŋ* - коэффициент полезного действия полиспаста (*ŋ* = 0,884).

*Sп =* 70,2/(4\*0,884) = 19,8 кН

2.5.4 Определяем разрывное усилие в сбегающей ветви полиспаста:

*Rк = Sп Кз,* где

*Sп* - усилие в сбегающей ветви полиспаста;

*Кз* - коэффициент запаса прочности (*Кз* = 4).

*Rк* = 19,8\*4 = 79,2 кН

2.5.5 По таблице ГОСТа подбираем для оснастки полиспаста канат типа ЛК-РО конструкции 6 х 36(1+7+7/7+14)+1о.с с характеристиками:

временное сопротивление разрыву, МПа.........1764

разрывное усилие, кН.........................................101,5

диаметр каната, мм..............................................13,5

масса 1000 м каната, кг………………………...697

2.5.5 По усилию в сбегающей ветви полиспаста подбираем электролебёдку типа Л - 3003

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Обозначения | Тяговое усилие, кН | Диаметр каната, мм | Лебедка |
| Расчётные данные | 19,8 | 13,5 |  |
| Принятые данные | 20 | 15 | Л-3003 |

2.5.6 Рассчитываем якорь

Определяем величины горизонтальной и вертикальной составляющих усилия в полиспасте *N:*

*N1* = *N cos α*

*N2* = *N sin α*, где

*N1* и *N2 -* горизонтальной и вертикальной составляющих усилия в тяге *N = Рд*, при угле наклона тяги к горизонту *α =* 30

*N1* = 70,2\*0,866 = 60,8 кН

*N2* = 70,2\*0,5 = 25,1 кН

2.5.7 Находим общую массу якоря, обеспечивающую его от сдвига:

*G* = 0,1( *N1/f + N2*)*Кус,* где

*f* - коэффициент трения скольжения якоря по грунту (выбираем = 0,9);

*К*ус - коэффициент запаса устойчивости якоря от сдвига (*Кус* = 1,5).

*G* = 0,1 (60,8/0,9 + 25,1) 1,5 = 13,9 т

2.5.8 Выбираем бетонные блоки размером ,1,5 x 1 x 1,35 м и массой *g* = 4,5, т и определяем их необходимое количество:

*т = G*/*g* = 13,9/4,5 = 3,08 шт. Принимаем количество блоков *т* = 4 шт., тогда масса якоря *G* *= т g =* 4,5\*4 = 18т

2.5.9 Принимаем размеры опорной рамы для укладки блоков в плане 2,8 х 4,7 м и, зная, что плечо *b* составляет половину длины рамы *(b =* 1,4 м), определяем плечо *а:*

*а = b sin α* = 1,4\*0,5=0,7 м, где

*а –* плечо опрокидывающего момента от усилия *N* в тяге;

*b* – плечо удерживающего момента от массы якоря.

2.5.10 Проверяем устойчивость якоря от опрокидывания:

10 *G b* > *Ку.о N а*, где

*Ку.о* - коэффициент устойчивости якоря от опрокидывания (*Ку.о* = 1,4).

10\*18\*1,4 = 252 кН\*м > 1,4\*70,2\*0,7 = 68,8 кН\*м

Это неравенство свидетельствует об устойчивости якоря от опрокидывания.

**2.6 Расчёт траверсы**

2.6.1 Находим натяжение в каждой канатной подвеске, соединяющей траверсу с крюком грузоподъёмного механизма, задавшись углом *α* = 45

*N =*10 *G0* /(2 *cos* *α*),где

*G0 -* масса поднимаемого оборудования;

*α* - угол наклона тяги к вертикальной величине.

*N =*10\*99,5/(2\*0,707) = 703,7 кН

2.6.2 Подсчитываем разрывное усилие, взяв канатную подвеску в две нити и определив коэффициент запаса прочности, как для грузового каната с лёгким режимом работы; *Кз* = 5

*Rк* = *N Кз*/2, где

*Кз* - коэффициент запаса прочности;

*Rк* = 703,7\*5/2 = 1759 кН

2.6.3 По таблице ГОСТа подбираем канат типа ЛК-РО конструкции 6 х 36(1+7+7/7+14)+1о.с с характеристиками:

временное сопротивление разрыву, МПа.........1764

разрывное усилие, кН.........................................1790

диаметр каната, мм..............................................58,5

масса 1000 м каната, кг………………………...13000

2.6.4 Определяем сжимающее усилие в траверсе:

*N1* = 10 *G0 к*п *к*д *tgα*/2,где

*G0 -* масса поднимаемого оборудования;

*к*п - коэффициент перегрузки (*к*п = 1,1);

*к*д - коэффициент динамичности (*к*д =1,1)

*N1* = 10\*99,5\*1,1\*1,1\*0,5/2 = 602 кН

2.6.5 Для изготовления траверсы принимаем стальную трубу

2.6.6 Находим требуемую площадь поперечного сечения трубы для траверсы, задаваясь коэффициентом продольного изгиба *φ*0 = 0,4

*F*тр. = *N1*/(*φ0 m* 0,1 *R*), где

*m* - коэффициент условий работы;

*R* - расчётные сопротивления метала на растяжение, сжатие, изгиб, срез и смятие.

*F*тр = 602/(0,4\*0,85\*0,1\*210) = 84,3 см2

2.6.7 По таблице ГОСТа подбираем стальную трубу сечением 245/14 мм с площадью сечения *F*т = 102 см2 и радиусом инерции *r*т = 8,19 см

2.6.8 Находим расчетную длину траверсы, определяя по прилож. коэффициент приведения длины *μ* и считая, что концы траверсы закреплены шарнирно:

*lс* *= μ l=*1\*700 = 700 см

2.6.9 Определяем гибкость траверсы:

λ= *lс* / *r*т =, где

λ - коэффициент продольного изгиба;

*lс* - расчётная длина траверсы;

*r*т - радиусом инерции:

λ *=* 700/8,19 = 85,5 < [λ] = 180

2.6.10 По приложению находим коэффициент продольного изгиба φ = 0,708

2.6.11 Полученное сечение проверяем на устойчивость:

*N*т*/* (*F*т φ) ≤ *m R*;

602/(91,6\*0,708) = 9,2 кН/см2 = 92 МПа ≤ 0,85\*210 = 178,5 МПа

Соблюдение данного неравенства свидетельствует об устойчивости расчётного сечения.

**2.7 Расчёт стропа**

2.7.1 Определяем натяжение в одном канатном витке стропа, задаваясь углом *а* = 20 количеством канатных витков в одной ветви стропа *n* = 7 шт.

*Sп* = 10 *G0*/(*m n* cos *а*) = 10\*28,4/(2\*7\*0.94) = 21,6 кН, где

*m* - количество ветвей стропа (*m* = 2);

*n* - количеством канатных витков в одной ветви стропа (*n* = 7);

*G0 -* масса поднимаемого оборудования.

2.7.2 Определяем разрывное усилие в сбегающей ветви полиспаста:

*Rк = Sп Кз,* где

*Sп* - усилие в сбегающей ветви полиспаста;

*Кз* - коэффициент запаса прочности (*Кз* = 5).

*Rк* = 21,6\*5 = 108 кН

2.7.3 По таблице ГОСТа подбираем стальной канат типа ЛК-РО конструкции 6 х 36(1+7+7/7+14)+1о.с с характеристиками:

временное сопротивление разрыву, МПа.........1764

разрывное усилие, кН.........................................116,5

диаметр каната, мм..............................................15

масса 1000 м каната, кг………………………...812

2.7.4 Находим расчётный диаметр поперечного сечения ветви стропа:

*d*c = 3 *d* = 3\*15 = 45 мм

2.7.5 Подсчитываем минимальный диаметр захватного устройства:

*D* = *к*с *d*с,где

*к*с - коэффициент соотношения диаметров захватного устройства и поперечного сечения ветви стропа (*к*с ≥4)

*D* = 4\*45 = 180 мм

2.7.6 определяем длину каната для изготовления стропа, задаваясь его длиной *l* = 1.5 м:

*L*к= 2,2 *n l* +2 *t*,где

*l* - требуемая длина стропа по центральному витку;

*t* - шаг свитки стропа (*t* = 30 *d*= 30\*0,015 = 0,45 м)

*L*к = 2,2\*7\*1,5+2\*0,45 = 24 м

**2.8 Подбор отводных блоков**

2.8.1 Определяем усилие, действующее на отводной блок:

*Р* = *S к*0,где

*S* - усилие действующее на канат, проходящий через ролик блока;

*к*0 - коэффициент зависящий от угла *а* между ветвями каната (*а* = 150; *к*0 = 0,8)

*Р* = 460\*0,8 = 368 кН

2.8.2 По найденному усилию *Р,* пользуясь приложением подбираем блок БМ - 63

грузоподъемность, т...........................................63

количество роликов............................................1

диаметр роликов, мм..........................................630

масса блока, кг....................................................405

2.8.3 Взяв канат для крепления блока вдвойне и определив по приложению коэффициент запаса прочности (*Кз =* 6)*,*как для стропа, находим разрывное усилие в каждой из двух ветвей каната:

*Rк = Р Кз*/2*,* где

*Р* - усилие действующее на отводной блок;

*Кз* - коэффициент запаса прочности (*Кз* = 6).

*Rк* = 368\*6/2 = 1104 кН

2.8.4 По расчетному разрывному усилию .пользуясь таблицей ГОСТа подбираем для крепления отводного блока стальной канат типа ЛК-РО конструкции 6 х 36(1+7+7/7+14)+1о.с с характеристиками:

временное сопротивление разрыву, МПа.........1764

разрывное усилие, кН.........................................1180

диаметр каната, мм..............................................46,5

масса 1000 м каната, кг………………………...8400

**2.9 Расчёт штуцера**

2.9.1 Находим усилие от стропа, действующее на каждый монтажный штуцер

*N* =10 *G0 т к*п *к*д *к*н/2,где

*G0 -* масса поднимаемого оборудования.

*к*п - коэффициент перегрузки (*к*п = 1,1);

*к*д - коэффициент динамичности (*к*д =1,1)

*к*н – коэффициент неравномерности нагрузки на такелажные элементы при подъёме и перемещении оборудования спаренными подъёмно-транспортными средствами (*к*н = 1,2).

*N* = 10\*99,5\*1,1\*1,1\*1,2/2 = 722,4 кН

2.9.2 Определяем величину момента от усилия в стропе действующего на штуцер:

*М = N l,* где

*l* - расстояние от линии действия усилия *N* до стенки аппарата.

*М* = 722,4\*12 = 8668,5 кН\*см

2.9.3 Подсчитываем минимальный момент сопротивления поперечного сечения стального патрубка для штуцера:

*W*мин *= M*/(*m* 0,1 *R*),где

*m* - коэффициент условий работы;

*R* - расчётные сопротивления метала на растяжение, сжатие, изгиб, срез и смятие.

*W*мин = 8668/(0,85\*0,1\*210) = 485 см2

2.9.4 Пользуясь приложением подбираем стальную трубу размером 299/14 мм с моментом сопротивления *W*т = 853 см2 ≥ *W*мин = 485 см2

2.9.5 проверяем прочность сварного шва, крепящего штуцер к аппарату:

*М*/(*Я h*ш *π r2*)≤*m R*сву,где

*Я* - коэффициент учитывающий глубину провара (для ручной сварки *Я* = 0,7);

*r* - радиус штуцера;

*h*ш - толщина шва, зависит от усилия на штуцер (*h*ш = 14 мм).

*R*сву - расчётные сопротивления сварочного шва на растяжение, сжатие, изгиб, срез и смятие (*R*сву = 150 МПа)

8668/(0,71,4\*3,14\*15) = 12,5 кН\*см = 125 МПа ≤ 0,85\*150 = 127 МПа

Соблюдение данного неравенства свидетельствует об устойчивости расчётного сечения.

Литература

1. СНиП 3.05.05.-84 «Технологическое оборудование и технические трубопроводы»

2. СНиП 12.03.2001 «Безопасность труда в строительстве»

3. Матвеев ВВ., Крупин Н.Ф. Примеры расчета такелажной оснастки. - Л.: Стройиздат, 1987 г.

4. Справочник строителя. Подъем и перемещение грузов. 3.Б.Харас и др. — М: Стройиздат, 1987 г.

5*.* Богорад А.А. Грузоподъемные и транспортные машины. — М: «Металлургия», 1989 г.

6. Фарамазов С.А. Оборудование нефтеперерабатывающих заводов и его эксплуатация: Учебное пособие для техникумов. — 2-е изд., перераб. И доп. - М.: Химия, 1984 г.

7. Гальперин МП и др. Монтаж технологического оборудования нефтеперерабатывающих заводов: Учебное пособие для техникумов / М.И. Гальперин, В.И. Артемьев, Л.М. Местечкин. - М.: Стройиздат, 1982 г.