**1. Технология монтажа трубопроводов.**

**1.1. Общие сведения о трубопроводах.**

Трубопроводами называются устройства, которые служат для транспортирования жидких, газообразных и сыпучих веществ. Трубопроводы состоят из плотно соединённых между собой прямых участков труб, деталей, запорно-регулирующей арматуры, контрольно-измерительных приборов, средств автоматики, опор и подвесок, крепежа, прокладок и уплотнений, а также материалов, применяемых для тепловой и антикоррозионной изоляции.

К технологическим трубопроводам относятся все трубопроводы промышленных предприятий, по которым транспортируются: сырьё, полуфабрикаты и готовые продукты; пар, вода, топливо, реагенты; отходы производства и др.

Технологические трубопроводы работают в сложных условиях. В процессе работы отдельные части трубопровода находятся под давлением транспортируемого продукта, которое может быть от 0,01 до 2500кгс/см2 и выше, под воздействием температур в пределах от –170 до +700оС и более, под постоянной нагрузкой от массы труб и деталей, нагрузок теплового удлинения, вибрационных, ветровых и давления грунта.

Кроме того, в элементах трубопровода могут возникать периодические нагрузки от неравномерного нагрева, защемления подвижных опор и чрезмерного трения в них.

Сложность изготовления и монтажа технологических трубопроводов определяется:

* + характером и степенью агрессивности транспортируемых продуктов (вода, нефть, пар, газ, спирты, кислоты, щелочи и др.);
  + конфигурацией обвязки аппаратов и оборудования, большим количеством разъёмных и неразъёмных соединений, трубопроводов, компенсаторов, контрольно-измерительных приборов, средств автоматики и опорных конструкций;
  + расположением трубопроводов в траншеях, каналах, лотках, на стойках, эстакадах, этажерках, на технологическом оборудовании, а также на разных высотах и часто в условиях, неудобных для производства работ.

По территориальному признаку технологические трубопроводы разделяют на внутрицеховые, соединяющие отдельные аппараты и машины в пределах одной технологической установки или цеха и размещённые внутри здания или на открытой площадке, межцеховые, соединяющие отдельные технологические установки и цехи.

Успешное и качественное выполнение монтажных работ зависит от своевременной подготовки производства. При монтаже трубопроводов необходимо строго соблюдать технические условия и правила производства работ, тщательно контролировать качество поступающих на монтаж труб, деталей и узлов трубопроводов, арматуры и других материалов.

**1.2. Технология монтажа внутрицеховых трубопроводов.**

Внутрицеховые трубопроводы имеют сложную конфигурацию с большим количеством деталей, арматуры и сварных соединений. На каждые 100м длины таких трубопроводов приходится выполнять до 80 – 120 сварных стыков.

Монтаж технологических трубопроводов необходимо выполнять индустриальным методом.

Такой метод предопределяет, что на монтажную площадку элементы, узлы и отдельные законченные линии трубопроводов, а также опорные конструкции, опоры, подвески и другие средства крепления поступают от заводов или трубозаготовительных мастерских с максимальной степенью заводской готовности.

Способ монтажа внутрицеховых трубопроводов выбирают в зависимости от конкретных условий и наличия грузоподъёмных и такелажных средств.

Линии и участки трубопроводов сложной конфигурации, с условным проходом более 50мм, как правило, монтируют из узлов, заранее изготовленных в трубозаготовительных цехах. Прямолинейные участки трубопроводов с условным проходом более 50мм монтируют как из заранее собранных и сваренных секций длиной 24–36м, так и из отдельных труб. Трубопроводы диаметром менее 50мм в основном собирают на месте монтажа.

Трубопроводы условным диаметром 50мм и более монтируют по месту из отдельных труб и деталей только в исключительных случаях.

Технологическая последовательность монтажа внутрицеховых трубопроводов следующая:

* + собирают и устанавливают леса и подмости;
  + подвозят и разгружают на площадке для укрупнительной сборки узлы и детали трубопроводов, трубы, принимают их и комплектуют линии трубопроводов, размечают места прокладки трубопроводов, устанавливают проектные опорные конструкции и подвески, производят расконсервацию деталей и присоединительных концов труб и узлов;
  + производят укрупнительную сборку узлов, труб и деталей трубопроводов в монтажные блоки, поднимают и устанавливают в проектное положение арматуру, измерительные диафрагмы и сопла, которые не вошли в состав узлов и блоков, выверяют и закрепляют их;
  + собирают фланцевые соединения, подготовляют у сварке монтажные стыки и сваривают их;
  + в зависимости от марки стали труб производят по заданному режиму термическую обработку монтажных сварных стыков;
  + проверяют надёжность закрепления трубопровода в неподвижных опорах, правильность установки опор и подвесок, отсутствие защемлений труб в местах прохода их через междуэтажные перекрытия и стены, а также в опорах и опорных конструкциях;
  + монтируют дренажи, продувки и воздушники на трубопроводах;
  + производят гидравлическое или пневматическое испытание трубопроводов;
  + при необходимости производят все исправления.

В процессе пуско-наладочных работ промывают и продувают трубопроводы.

Широко применяют метод крупноблочного монтажа конструкций, оборудования и трубопроводов. В цехах и заводах монтажных организаций собирают обвязочные трубопроводы вместе с оборудованием в транспортабельные комплексные блоки, которые доставляются на месте монтажа. В отдельных случаях такие блоки собирают на площадках для укрупнительной сборки.

Значительное сокращение сроков монтажа объектов и повышение производительности труда на монтажной площадке достигается при переходе на сооружение промышленных объектов из монтажных блоков заводского изготовления.

Монтажный блок (в отличие от технологических блоков или блоков, собираемых при укрупнительной сборке узлов) представляет собой часть технологической установки, собранную на жестком постоянном основании (раме) или аппарате, которая служит, состоит из одной или нескольких единиц оборудования, обвязочных трубопроводов с арматурой, коммуникаций, приборов контроля, автоматики и управления, испытанных на месте изготовления и поступающих на монтажную площадку в готовом виде, не требующем разборки перед вводом в эксплуатацию.

Допускаемые габариты таких блоков зависят от условий их транспортирования железнодорожным, водным или автомобильным транспортом. Масса блоков определяется возможностью их разгрузки и установки наиболее распространёнными кранами и достигает 30–35т.

Применение монтажных блоков, смонтированных на жестких рамах, позволяет во многих случаях устанавливать их без фундаментов непосредственно на бетонное основание, с креплением сомоанкерующимися болтами.

Изготовляют и поставляют монтажные блоки только в тех случаях, когда это предусмотрено технологическим проектом установки объекта. При этом следует применять новые проектно-компоновочные решения установок.

**1.3. Технология монтажа межцеховых трубопроводов**.

Межцеховые трубопроводы характеризуются довольно прямыми участками (длиной до нескольких сот метров) со сравнительно небольшим количеством деталей, арматуры и сварных соединений.

Межцеховые трубопроводы прокладывают надземным или подземным способами. Способ прокладки определяется проектной организацией.

В пределах границы промышленного предприятия прокладку межцеховых трубопроводов и паропроводов проектируют преимущественно над землей.

Надземным способом межцеховые трубопроводы прокладывают, как правило, на эстакадах: отдельно стоящих стойках (рис.1,а); балочных одноярусных эстакадах, в которых трубопроводы прокладывают по поперечным траверсам, опирающимся на балки (рис.1,б); балочных двухъярусных эстакадах, в которых трубопроводы прокладывают по поперечным траверсам, опирающимся на балки или стойки эстакады (рис.1,в); многоярусных эстакадах с пролетными строениями ферменного типа (рис.1,г), а также на низких опорах, шпалах и др.

Для обеспечения свободного проезда внутризаводского транспорта и беспрепятственного прохода людей минимальная высота до низа трубопроводов или пролетных строений высоких эстакад на территории предприятия должна быть: над внутризаводскими железнодорожными путями (от головки рельсов) – 5,5м и над пешеходными проходами – 2,2м.

Высоту от уровня земли до низа труб (или поверхности их изоляции), прокладываемых на низких опорах, принимают с учетом возможности производства ремонтных работ, но не менее: при ширине группы труб до 1,5м–0,35м, при ширине 1,5м и более -0,5м. при пересечении с внутризаводскими дорогами такие трубопроводы должны быть подняты и уложены на эстакады или опоры или проложены под дорогами в патронах или лотках с устройством дренажа в низших точках. Трубопроводы на низких опорах прокладывают в один ряд по вертикали. В местах прохода обслуживающего персонала через трубопроводы предусматривают переходные площадки или мостики.

В целях использования несущей способности трубопроводов, прокладываемых на стройках, к ним крепят трубопроводы меньших диаметров (с обязательной проверкой расчетом труб большого диаметра на допускаемый прогиб). Такой способ закрепления не допускается на трубопроводах: транспортирующих высокоагрессивные, ядовитые, токсичные вещества и сжиженные газы; работающих под давлением от 64 кгс/см2 и более, транспортирующих продукты с температурой выше 300оС.

При многоярусном расположении трубопроводов на верхнем ярусе эстакад или опор размещают трубопроводы больших диаметров, транспортирующие горючие и инертные газы, а также пар.

Трубопроводы, транспортирующие кислоты и другие высокоагрессивные жидкости, располагают обычно ниже всех остальных трубопроводов.

Межцеховые трубопроводы прокладывают также в открытых лотках.

Открытые лотки имеют ширину 5–6м и глубину до 0,5м. трубопроводы в них укладывают на железобетонных шпалах по дну в один ряд.

Чтобы можно было выполнять монтажные и ремонтные работы, лотки прокладывают вдоль внутризаводской дороги с одной или двух сторон. Основание дороги приподнимают на 0,7–0,8м над уровнем земли, что позволяет при пересечении лотков с другими дорогами и проходами устраивать переезды и переходные площадки.

Такой способ прокладки снижает стоимость монтажных и ремонтных работ, а также улучшает условия эксплуатации трубопроводов.

Трубопроводы в открытых траншеях (незасыпаемая траншея) обычно прокладывают в районах с расчётной зимней температурой –10оС и выше при наличии свободной территории и благоприятного рельефа местности, а также минимального количества пересечений с каналами, подземными инженерными коммуникациями (канализацией, водопроводом) и дорогами.

При подземном способе трубопроводы прокладывают в проходных, полупроходных и непроходных подземных каналах, непосредственно в грунте (бесканальная прокладка).

Подземную прокладку технологических трубопроводов на территории промышленных предприятий, особенно в непроходных подземных каналах допускаю в тех случаях, когда сооружение надземных эстакад экономически нецелесообразно или практически неосуществимо. Подземная бесканальная прокладка газопроводов для горючих и сжиженных газов, а также прокладка их в подземных непроходных каналах не разрешается.

Проходные каналы (рис.2,а) выполняют из сборных железобетонных конструкций, защищённых от грунтовых вод. Ширина прохода в канале должна быть не менее 0,8м (считая от наружной поверхности термоизоляции труб), а высота – не менее 2м. Ширина канала не должны затруднять обслуживание устанавливаемой арматуры. Для входа и выхода из проходного канала устраивают люки. Расстояние между люками принимается не более 300м.

Внутри канала оборудуют освещение с пониженным напряжением сети, вентиляцию и телефонную связь; у каждого люка устанавливают лестницу.

Полупроходные каналы (ширина 2500м, высота до 1600мм) применяют для прокладки тепловых сетей, а также трубопроводов под многоколейными железнодорожными путями или шоссейными дорогами.

Непроходные подземные каналы (рис.2,б) (ширина 900–2000мм, высота 400–1100мм) можно использовать для прокладки паропроводов (за исключением паропроводов I категории), теплопроводов, конденсатопроводов, трубопроводов для вязких, застывающих, замерзающих и других невзрывоопасных продуктов. В низших непроходных каналах предусматривают дренажные камеры.

Арматуру на узлах трубопроводов устанавливаемых в непроходных каналах, размещают группами в колодцах, которые отделяют глухими стенами от каналов с трубами.

Бесканальную прокладку трубопроводов в траншеях обычно выполняют в сухих грунтах при наличии плотного основания под трубы, укладываемые на глубине не менее 0,8м от их верха.

Трубопроводы с замерзающими продуктами прокладывают на 0,1м ниже глубины промерзания грунта (до верха трубы).

В пределах границы промышленных предприятий бесканальная прокладка разрешена для трубопроводов, транспортирующих негорючие газы, жидкость и пар.

Бесканальная прокладка трубопроводов в агрессивных и просадочных грунтах не разрешается.

При пересечениях с внутризаводскими железнодорожными путями, автомобильными дорогами и проездами подземные трубопроводы устанавливают в защитных патронах (футлярах) из стальных труб большого диаметра. При таких пересечениях глубина заложения подземных трубопроводов от подошвы шпалы или поверхности дорожного покрытия до верха защитного патрона трубопровода должны быть не менее 1м.

Для значительного ускорения монтажа, повышения его качества и снижения стоимости независимо от применяемого способа прокладки межцеховые трубопроводы, как правило, монтируют из готовых прямолинейных секций длиной от 24 до 40м, централизованно изготовленных на специальных установках. Соединяют трубы в секции автоматической и полуавтоматической сваркой. Длина секции зависит от диаметра трубопровода, наличия подъёмно-транспортных механизмов, условий транспортирования и местных условий производства работ.

Межцеховые трубопроводы обычно собирают на сварных соединениях. Фланцевые или муфтовые соединения применяют только для присоединения с арматурой и для трубопроводов специального назначения. Длина прямых участков межцеховых трубопроводов определяется расстоянием между компенсаторами; при надземной прокладке она колеблется в пределах от 50 до 100м.

**1.4. ПРОКЛАДКА НАДЗЕМНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ.**

Надземные трубопроводы монтируют укрупнёнными блоками или секциями.

Монтаж межцеховых трубопроводами отдельными трубами допускается только в тех случаях, когда в виду стеснённых условий прокладка секциями становится невозможной (при установке дополнительных линий на действующих эстакадах, расширении или реконструкции промышленных объектов).

По виду укрупнения блоки могут быть из строительных конструкций, трубопроводные и комбинированные.

Выбор вида блока и степени его укрупнения определяется в зависимости от конструктивных решений эстакад, количества и расположения трубопроводов, их диаметров, наличия грузоподъёмных механизмов и транспортных средств, а также местных условий производства работ.

Обычно монтаж производят трубопроводными и комбинированными блоками.

Укрупнительную сборку блоков производят на сборочных площадках – стационарных или перемещаемых, которые располагают в зоне действия монтажного крана.

Схема площадки для сборки трубопроводных блоков длиной до 60м, прокладываемых по металлической ферменной эстакаде, приведена на рисунке 3. Трубопроводные блоки собирают в такой последовательности: грузят, транспортируют и разгружают арматуру, детали, узлы и секции; устанавливают стеллажи или стенды, подготовляют кромки секций под сварку; стропят секции, поднимают и укладывают секции на стеллажи; собирают и сваривают стыки, контролируют качество сварных соединений; размечают места установки опор и закрепляют опоры; контролируют качество, маркируют и принимают блоки. В отдельных случаях окрашивают блоки и теплоизоляцию с защитным покрытием (если это предусмотрено проектом).

Комбинированные блоки металлических ферменных эстакад собирают следующим образом: грузят, транспортируют и разгружают укрупнённые элементы строительных конструкций и трубопроводов; собирают трубопроводные блоки; раскладывают и фиксируют нижние балки; устанавливают фермы и верхние стойки, крепят «ёлочки»; укладывают и временно закрепляют трубопроводные блоки, размещаемые внутри контура поперечного сечения; устанавливают верхние балки, полубалки и связи верхнего пояса; укладывают и временно закрепляют температурные блоки, размещаемые вне контура поперечного сечения, устраивают инвентарные навесные подмости; подготовляют блоки к транспортированию, устанавливают элементы жёсткости, маркируют и принимают блоки.

К монтажным работам по прокладке надземных межцеховых трубопроводов на отдельно стоящих опорах или эстакадах приступают только после получения от строительной организации актов о полном соответствии опорных конструкций проекту и техническим условиям, а также проверки фактического выполнения этих работ представителями монтажных организаций.

Необходимо проверить готовность строительных конструкций стоек эстакад (для комбинированных и трубопроводных блоков, прокладываемых по отдельно стоящим стойкам) и пролётных строений (для трубопроводных блоков) под монтаж и составить исполнительную схему, учитывающую отклонения отметок и положение в плане опорных конструкций эстакады.

В комплекс работ по монтажу блоков входят: устройство подмостей; разбивка осей трубопроводов (для трубопроводных блоков); стропка; подъём и установка блоков в проектное положение, временное крепление блоков; расстропка; сборка монтажных стыков; сварка стыков, испытание и приёмка трубопроводов; заделка стыков теплоизоляции.

Монтаж в пределах каждого температурного блока начинают только после монтажа промежуточных неподвижных (анкерных) стоек со сваркой всех соединений.

При прокладке трубопроводов, расположенных внутрь контура поперечного сечения эстакады, трубопроводные блоки в зависимости от типов эстакад можно монтировать несколькими методами:

* + путем предварительной укладки блоков внутрь контура поперечного сечения эстакады до установки конструкций верхнего яруса (для сборных железобетонных двухъярусных эстакад балочного типа);
  + заводкой трубопроводных блоков в открытый торец эстакады (для всех типов эстакад);
  + заводкой блоков внутрь контура через специально предусмотренный для этого проем в плоскости верхнего пояса эстакады (для металлических эстакад ферменного типа).

Монтаж конструкций пролетных строений эстакады начинают от неподвижной (анкерной) стойки и ведут в обе стороны от неё.

На двухъярусных эстакадах траверсы и связи по верхнему поясу устанавливают после монтажа трубопроводов на нижнем поясе эстакады и укладки на нем трубопроводов, подвешиваемых к верхнему поясу, если это допускается конструкцией эстакады.

На всех вновь сооружаемых эстакадах оставляют свободные места для прокладки дополнительных линий трубопроводов на случай возможного расширения предприятия и наращивания мощностей.

Дополнительные линии трубопроводов на действующих эстакадах обычно прокладывают отдельными трубами. Трубы поднимают краном и с помощью трактора или лебёдок и отводных блоков протаскивают внутрь эстакады.

Монтаж межцеховых трубопроводов блоками и секциями позволяет механизировать 80–85% заготовительных, сборочно-сварочных, изоляционных и монтажных работ и значительно повысить качество и производительность труда.

**1.5. ПРОКЛАДКА ПОДЗЕМНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ.**

При бесканальном способе трубопроводы укладывают в траншеях, монтируют укрупнёнными секциями и плетями. При бесканальном способе обязательна предварительная гидроизоляция трубопроводов до укладки их в траншеи.

Готовые и изолированные секции длиной 24–40м перед монтажом развозят по трассе, раскладывают вдоль бровки траншеи, собирают и сваривают стыки секций в неповоротном положении в плеть длиной от 100 до 1000м в зависимости от условий монтажной площадки.

Изолированные секции и плеть укладывают на деревянные брусья-лежки или валики вынутого грунта.

Дно траншеи после рытья должно быть спланировано так, чтобы трубопровод на всём протяжении имел заданный проектом уклон и лежал на грунте равномерно, без провисания, которое создает дополнительные напряжения в его стенках.

Обычно стальные трубопроводы укладывают на естественное основание. Исключение составляют трубопроводы, прокладываемые в скальных грунтах или в торфяных массивах (так как они имеют большое количество выступов с острыми краями), для которых делают искусственное основание, поэтому необходимо защищать антикоррозионное покрытие трубопровода от повреждений.

С этой целью на дне траншеи устраивают «подушку» из мягкого грунта толщиной не менее 10см над выступающими неровностями основания.

Для укладки трубопроводов по заданному проектом направлению и уклону пользуются простыми приспособлениями (рис.4). С двух сторон котлована под смотровой колодец зарывают в землю два столба с возвышением над землёй 0,7–1м. К столбам прибивают доску так, чтобы верхний край её был примерно горизонтален. Над центром колодца к доске прибивают неподвижную визирку. Верхний край её должен быть строго горизонтален, что проверяют перед креплением по уровню. Такую же доску с визиркой устанавливают у смотрового колодца, находящегося на втором конце участка.

Затем производят нивелировку и узнают отметки визирок на каждом конце участка.

Линия визирования между двумя неподвижными визирками должна иметь тот же уклон, что и прокладываемый трубопровод.

Перед укладкой трубопровода положение неподвижной визирки необходимо проверять по нивелиру. Кроме визирок, применяют отвес, который подвешивают на проволоке (причалка), натягиваемой точно по оси траншеи от колодца до колодца.

Секции и плети диаметром до 529мм укладывают не менее чем двумя трубоукладчиками или кранами. При диаметре плети 529–720мм применяют не менее трёх трубоукладчиков или кранов. С их помощью поднимают, перемещают, укладывают и поддерживают плети и секции при центровке, стыковке и окончательной сборке. Чтобы не повредить изоляцию, трубопровод поднимают с помощью инвентарных мягких полотенец, состоящих из стального каната с внутренней защитной оболочкой из прочного белтинга или прорезиненной ткани.

Разрыв во времени между отрывкой траншей и опускание трубопроводов должен быть минимальным.

Для укладки плети в траншею два трубоукладчика (или крана) располагают вдоль плети на расстоянии 15 – 25м один от другого. От бровки траншеи трубоукладчики устанавливают на расстоянии, исключающем обрушение откосов или стен траншеи.

Во время перерывов в работе концы трубопроводов, уложенных в траншею закрывают деревянными пробками или заглушками, чтобы внутрь трубопровода не могли попасть посторонние предметы. После опускания трубопровода в траншею захлёсточные стыки плетей или секций сваривают в приямках в неповоротном положении.

Когда рельеф местности или условия монтажа не позволяют использовать трубоукладчики или краны, трубопровод надвигают на лежки, уложенные над траншеей, с помощью одной или двух лебедок. Концы лежек при укладке заглубляют в землю на всю толщину. Над трубопроводом, находящемся на лежках, ставят 3–5 треног на расстоянии 10–20м одна от другой с таким расчётом, чтобы масса, приходящаяся на одну треногу, не превышала её грузоподъёмность. С помощью треног трубопровод приподнимаю и после удаления лежек опускают на дно траншеи. Когда у первой по ходу опускания треноги трубопровод будет находиться на дне траншеи, у дальней опускание должно только начинаться. Освобождающиеся треноги переносят по ходу опускания, и работу продолжают в том же порядке.

После укладки в траншеи трубопровод на всём протяжении должен опираться на нетронутый или плотно утрамбованный грунт. Засыпают траншеи в два приёма. Сначала производят присыпку, подбивку пазух трубопроводов и частичную засыпку траншеи на высоту 0,25 – 0,3м над верхом труб, оставляя свободными сварные стыки. Затем трубопровод подвергают гидравлическому испытанию, на которое составляют акт. После испытания траншею окончательно засыпают грунтом.