

2. Методы монтажа оборудования

2.1 Классификация методов

Для проведения монтажа скоростными методами, прежде всего, необходимы своевременная подготовка монтажных работ и правильная организация их производства.

До начала монтажных работ необходимо провести следующие мероприятия:

- составить общий график производства монтажных работ и отдельные графики для бригад и звеньев на монтаж каждого отдельного объекта;
- укомплектовать бригады и специализированные звенья, распределить их по отдельным объектам работ;
- подготовить и оборудовать помещения для мастерских, складов и других служб;
- ознакомить рабочих с намеченными видами работ и провести инструктаж по вопросам техники безопасности.

В значительной мере сокращают сроки выполнения монтажных работ и внедрения в производство следующие мероприятия:

- демонстрация, изучение и внедрение новых (передовых) приемов работы монтажников;
- внедрение механизации при ручных такелажных работах;
- параллельное и одновременное ведение различных работ и операций по согласованным графикам (поточно-совмещенный график);
- проведение работ в две и три смены (непрерывный монтаж);
- использование эксплуатационных рабочих для монтажа.

Наибольшее распространение в пищевой промышленности получили поточно-совмещенный и последовательный методы, и в зависимости от организации производства монтажных работ – комплектно-блочный, крупноблочный, поточно-узловой и бесподкладочный.

Поточно-совмещенный метод. Этот метод производства является наиболее прогрессивным и экономичным, требует наиболее тщательной инженерно-экономической подготовки, способствует сокращению нормативных сроков продолжительности строительства (реконструкции) объектов. Работы выполняются строго по разработанному и согласованному со всеми строительно-монтажными организациями и заказчиком графику.

Вначале сооружают фундаменты и площадки под технологическое оборудование, монтируют колонны и другие конструкции. Затем устанавливают в проектное положение оборудование, опорные и обслуживающие металлоконструкции и после этого ограждающие стеновые конструкции. Этим методом, как правило, монтируют тяжеловесное оборудование (выпарные аппараты, печи, бутылкомоечные машины, сушилки, силосы для муки, ректификационные колонны для получения этилового спирта).

Эффективность поточно-совмещенного метода монтажа оборудования и коммуникаций достигается путем: укрупнения оборудования, металлоконструкций и трубопроводов до их монтажа на производственных базах или площадках для укрупнительной сборки; повышения уровня механизации и коэффициента использования грузоподъемных машин и механизмов; экономии затрат на устройство монтажных проемов, выносных площадок, изготовления

индивидуальных такелажных средств; повышения производительности труда монтажников и снижения себестоимости механомонтажных работ; сокращения продолжительности строительства (реконструкции) объектов.

Недостатком этого метода являются дополнительные затраты на защиту смонтированного оборудования от повреждений в процессе общестроительных и отделочных работ.

Последовательный метод. Данный метод применяют при монтаже оборудования, которое по техническим условиям может быть установлено только в построенных зданиях и помещениях, а также при незначительном объеме монтажных работ (техническом перевооружении предприятия).

Комплектно-блочный метод. Монтаж оборудования и трубопроводов этим методом сопряжен с максимальным переносом работ с монтажной площадки в условиях промышленного производства (предприятия-поставщика либо производственные базы монтажных организаций). В результате этого обеспечивается поставка на стройки агрегированного оборудования в виде комплектов блочных устройств, включающих опорные и обслуживающие конструкции, обвязочные технологические трубопроводы, элементы электрических и автоматизированных систем в пределах группы машин.

Крупноблочный метод. При этом методе оборудование поставляется заводами-изготовителями в виде транспортабельных комплектных блоков. В отдельных случаях на монтажной площадке предварительно производят укрупнительную сборку. Монтаж осуществляется путем установки отдельных укрупненных блоков.

Поточно-узловой метод. Этим методом осуществляют монтаж оборудования, поступающего с низкой степенью заводской готовности («россыпью») – подвесные бесконвейерные и конвейерные пути, норрии и т.п. Основным принципом метода является непрерывное и равномерное во времени производство работ, которое обеспечивается следующими организационно-техническими мероприятиями: разделение технологического процесса монтажа на составляющие процессы и операции; создание производственного ритма; разделение труда между исполнителями; совмещение процессов укрупнительной сборки и монтажа в пространстве и времени.

Бесподкладочный метод. Монтаж оборудования этим методом осуществляется без применения подкладок путем установки отжимных регулировочных устройств, вмонтированных в основания машин, инвентарных регулировочных подкладок и специального приспособления, установочных гаек специальной конструкции.

Успешно применяемый комплекс прогрессивных и экономичных методов монтажа оборудования и коммуникаций составил понятие «скоростной монтаж». Использование скоростного монтажа комплектно поставляемых технологических линий и установок позволило сократить нормативную продолжительность монтажа на 20 – 25 %.

Кроме того, необходимо выдерживать график движения рабочей силы (рис. 2.1). Он должен иметь плавный характер, причем максимум рабочей силы занимает не менее 1/3 всего времени монтажа. Плавность графика обеспечивается правильной последовательностью монтажа оборудования объекта: I – участок подготовки к проведению монтажных работ; II – участок проведения монтажных

работ; III – участок пуско-наладочных работ.

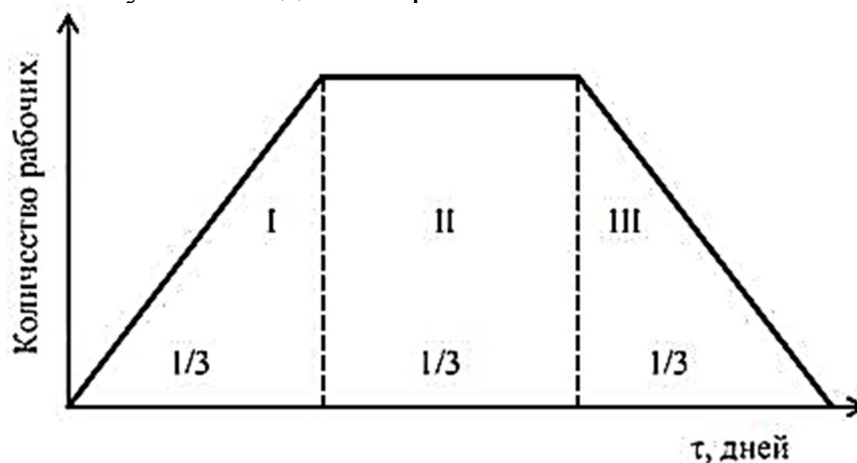


Рис. 2.1. График движения рабочей силы

2.2. Перевозка оборудования и монтажных кранов на объект

Технологическое оборудование перевозится на большие расстояния в основном железнодорожным транспортом. Все оборудование должно вписываться в нормальный габарит погрузки, установленный Министерством путей сообщения РФ. Грузы, выходящие за пределы очертания нормального габарита погрузки, называются негабаритными, и их перевозка производится по специальному согласованию с железной дорогой.

Погруженные на подвижной состав грузы, в зависимости от выхода за габарит погрузки в вертикальной плоскости, могут иметь боковую, верхнюю или нижнюю негабаритность. К грузам с боковой негабаритностью относятся такие, которые выходят за габарит погрузки по высоте на 230 – 4000 мм, считая от головки рельса.

Грузами с нижней негабаритностью считают такие, которые превышают габарит погрузки в пределах высоты до 230 мм от головки рельса.

При погрузке крупного оборудования, в том числе монтажных кранов, с железной дорогой согласовывают схему погрузки и крепления оборудования на платформах. Для серийного и часто перевозимого груза, например для гусеничных и колесных кранов, схема погрузки отражена в технических паспортах заводов-изготовителей и согласована с МПС РФ.

При перевозке оборудования железнодорожным транспортом должны быть выдержаны требования по расположению высоты центра тяжести машины относительно оси платформы (смещение центра тяжести от продольной оси платформы должно быть не более 0,1 м). Для перевозки по железной дороге к месту работы монтажных кранов требуется несколько платформ в зависимости от типа крана: для кранов МКГ-25 и МКГ-25 БР – две, СКГ-63 – семь, МКП-25 – три.

Для перевозки оборудования на расстояние до 100 – 200 км, а иногда и более 300 км применяют прицепы-тяжеловозы (трайлеры). Крепление оборудования должно исключать возможность свободного перемещения на платформе. Допускается перевозка аппаратов по согласованию с МПС весом до 240 т, \varnothing 3980 мм при длине до 21 м и \varnothing 3915 мм при длине 22 – 30 м.

Речным транспортом на судах $\varnothing \leq 8$ м и длиной до 55 м с буксировкой на плаву $\varnothing \leq 10$ м и длиной до 100 м по согласованию с Министерством речного флота. Поставляемое оборудование должно иметь ответные фланцы на штуцерах,

а также крепежные детали и анкерные болты.

К началу такелажных работ на монтажной площадке должны быть сооружены дороги, ведущие к монтажной зоне, устроены подъезды от железнодорожных путей к площадкам для укрупнительной сборки и подъема технологического оборудования. До начала использования стреловых самоходных кранов монтируют выносные площадки в монтажных проемах многоэтажных зданий строящихся (реконструируемых) предприятий.

Наиболее производительным и распространенным является перемещение оборудования, конструкций и монтажных заготовок механизированным способом с использованием автотранспорта, погрузчиков, тракторов и трайлеров, а также подъем и установка его в проектное положение с помощью штатных мостовых кранов и электротельферов, самоходных стреловых и козловых кранов. Перемещение грузов осуществляют с помощью лебедок.

Оборудование со склада подают на площадку для укрупнительной сборки и к месту монтажа автотранспортом или на специальных санях, реже на стальном листе, имеющем отгиб, с помощью трактора или гусеничного самоходного транспортера. Для перемещения оборудования внутри цеха или отделения применяют специальные телеги грузоподъемностью от 0,5 до 3 т с гуммированными колесами. Тележки передвигают вручную, а при большой нагрузке – погрузчиками или лебедками. От площадки для укрупнительной сборки или со склада оборудование перемещают к месту установки автопогрузчиками или гусеничным краном, либо при помощи тракторов или лебедок (если невозможно использовать тягач).

Тяговое усилие, необходимое для перевозки тяжеловесного оборудования, а также подтаскивание его лебедкой

$$P = Q f, \quad (1)$$

где Q – вес груза, включая сани или лист; f – коэффициент трения скольжения.

Тяговое усилие при перевозке с подъемом более 15°

$$P = Q(\sin \alpha + f \cos \alpha), \quad (2)$$

где α – угол подъема.

При угле $\alpha < 15^\circ$ значение $\cos \alpha$ близко к единице и формула (2) может упрощена

$$P = Q(\sin \alpha + f). \quad (3)$$

Ввиду того, что коэффициент трения покоя в среднем в 1,5 раза больше коэффициента трения движения, расчетное тяговое усилие необходимо увеличить на 50 % при сдвиге груза с места $P_{\text{сдв}} = 1,5P$.

Значение коэффициента f зависит от материала соприкасающихся поверхностей. Так, при поверхностях: сталь по бетону – $f = 0,45$, сталь по стали – $f = 0,15$, дерево по бетону – $f = 0,5$.

При перемещении оборудования на катках из труб необходимое тяговое усилие определяют по следующим формулам:

– по горизонтальной поверхности

$$P = Q(k_1 + k_2) / d; \quad (4)$$

– по наклонной поверхности

$$P = Q [\sin \alpha + \cos \alpha (k_1 + k_2)] / d, \quad (5)$$

где d – диаметр катков, см; k_1 и k_2 – коэффициенты трения качения соответственно между поверхностью качения и катками и между катками и грузом (для стали по бетону – 0,06; для стали по стали – 0,05; для стали по дереву – 0,07).

При угле $\alpha < 15^\circ$ тяговое усилие

$$P = Q [\sin \alpha + (k_1 + k_2) / d]. \quad (6)$$

По найденным усилиям P рассчитывают тяговый канат или полиспаст и подбирают тяговый механизм.

Для перемещения оборудования внутри здания наиболее часто применяют электрические и ручные рычажные лебедки. Очень часто крепление лебедок осуществляют к строительным конструкциям. Для крепления лебедок к строительным конструкциям производят подсчет несущей способности конструкции с учетом места приложения нагрузки и согласовывают крепление лебедки с проектной организацией или генподрядчиком (заказчиком).

Усилие, препятствующее горизонтальному смещению лебедки

$$P = S - T_c, \quad (7)$$

где S – усилие в канате, идущем на барабан лебедки, Н; T_c – сила трения рамы лебедки на опорную поверхность, Н.

$$T_c = (Q_{л} + Q_{б}) f, \quad (8)$$

где $Q_{л}$ – масса лебедки, т; $Q_{б}$ – масса балласта (если он имеется), т.

Для изменения направления движения тягового каната (троса) устанавливают отводные блоки, которые крепят так, чтобы канат тяговой лебедки подходил к ним в горизонтальном или близком к горизонтальному направлении. Отводные блоки должны быть установлены от лебедки на расстоянии большем двадцатикратной длины барабана лебедки. Угол схода каната с лебедки должен быть не менее 0,105 рад (6°), что обеспечивает нормальную укладку каната на барабан.

Усилие, воспринимаемое строительными конструкциями в точке крепления отводного блока, больше тягового усилия лебедки

$$P = 2S_k \cos(\alpha / 2), \quad (9)$$

где S_k – натяжение каната, Н; α – угол между ветвями каната, град (рад).

При использовании барабанных лебедок небольшой грузоподъемности в условиях, где отсутствуют строительные конструкции для их закрепления и восприятия опрокидывающего момента применяют балласт, укладываемый на раму лебедки.

Масса балласта для обеспечения устойчивости лебедки

$$Q_{б} = k \frac{Ph - Q_{л} l}{l_1}, \quad (10)$$

где k – коэффициент устойчивости лебедки, принимаемый равным двум; P – усилие в канате, набегавшем на барабан лебедки; h – высота от низа рамы лебедки до набегавшего на барабан каната; l и l_1 – расстояния от ребра

опрокидывания лебедки до оси, проходящей соответственно через центр тяжести лебедки и балласта.

Для подъема грузов, масса которых превышает тяговое усилие лебедки (барabanной или рычажной), используют полиспасты, дающие выигрыш в силе.

Тяговое усилие, необходимое для перемещения тележки с грузом по наклонным временным рельсовым путям

$$P = Q(\sin \alpha + f_0 \cos \alpha), \quad (11)$$

где Q – масса тележки с грузом; α – угол наклона рельсового пути к горизонту; f_0 – коэффициент тяги

$$f_0 = \frac{fd + 2k}{D}, \quad (12)$$

где f – коэффициент трения скольжения в цапфах тележки; d – диаметр цапф осей тележки; k – коэффициент трения качения для колес, равный 0,05; D – диаметр колеса.

Коэффициент тяги для тележки с подшипниками качения приближенно принимают равным 0,01; с подшипниками скольжения 0,02. Для сдвига тележки с грузом с места расчетное усилие увеличивают на 50 %.

Расчет прочности стальных канатов проводят по методу коэффициентов запаса: максимальное расчетное усилие в ветвях канатов определяют по нормативным нагрузкам (без учета коэффициентов динамичности и перегрузки), умножают на коэффициент запаса прочности и сравнивают с разрывным усилием каната в целом.

Расчет стальных канатов на прочность производят по формуле

$$P_k / S \geq K_3, \quad (13)$$

где P_k – разрывное усилие каната в целом, принимаемое по сертификату или ГОСТу; S – наибольшее натяжение ветви каната (без учета динамических нагрузок); K_3 – коэффициент запаса прочности (для грузовых канатов с ручным приводом 4; с машинным приводом 5–6; для полиспастов 3,5 – 5; для расчалок и оттяжек 3 – 5; для стропов 5–6).

Наибольшее натяжение для канатов полиспастов, расчалок и стропов

$$S = aP; \quad S = P / \cos \alpha n, \quad (14)$$

где P – расчетная нагрузка, приложенная к подвижному блоку полиспаста; α – угол между осью действия расчетного усилия и ветвью каната; n – общее число ветвей каната.

Стальные канаты следует назначать в зависимости от маркировочной группы, по временному сопротивлению разрыву и разрывному усилию. Расчет стропов из стальных канатов производят с учетом числа ветвей n и угла наклона их к вертикали α по формуле

$$S = (1 / \cos \alpha) (Q / n) = m(Q / n), \quad (15)$$

где S – натяжение ветви стропа; Q – масса груза; m – коэффициент при $\alpha = 0$, $\alpha = 30^\circ$ и $\alpha = 45^\circ$ равный соответственно 1, 1,15 и 1,42.

При использовании погрузчиков следует учитывать, что их грузоподъемность для грузов равной массы, но различной ширины неодинакова, так как она зависит от расположения центра тяжести груза относительно

переднего моста погрузчика.

Грузоподъемность, кН погрузчика в данном случае

$$G = M / (K(a + l)), \quad (16)$$

где M – момент устойчивости погрузчика ($M = G_{\text{п}}b$); $G_{\text{п}}$ – масса погрузчика; b – расстояние от переднего моста погрузчика до горизонтальной проекции центра его тяжести; K – коэффициент устойчивости погрузчика ($K = 1,3 - 1,5$); a – расстояние от центра тяжести груза до вертикальной стенки; l – расстояние от оси переднего моста погрузчика до вертикальных стенок вилок (приводится в техпаспорте погрузчика).

Погрузчик для производства такелажных и погрузочно-разгрузочных работ выбирается исходя из габаритов и массы перемещаемых грузов.

К средствам для перемещения и монтажа оборудования и конструкций в монтажной зоне относят самоходные стреловые краны (автомобильные, гусеничные, пневматические), башенные, козловые краны, автопогрузчики, трубоукладчики. Подъем и установку технологического оборудования выполняют также с помощью проектных (штатных) мостовых кранов и электротельферов.

Высокие вертикальные аппараты поднимают грузоподъемными мачтами. Аппараты небольшого диаметра можно устанавливать на фундаменты с помощью одной мачты, однако, при этом затрудняется наводка на фундамент. Поэтому обычно используют две мачты, работающие в паре. В некоторых случаях для подъема особенно тяжелых аппаратов применяют четыре попарно объединенных мачты. При монтаже оборудования находят применение П-образные порталы. Но они применяются в основном в химической и нефтеперерабатывающей промышленности.