

## **Монтаж надземных инженерных сооружений**

### **Монтаж градирен, водонапорных и грануляционных башен, надшахтных зданий (копров) и этажерок, вытяжных труб**

*Градирни* - сооружения башенного типа конической и гиперболической формы, предназначенные для понижения температуры воды оборотного водоснабжения промпредприятий.

Башни градирен выполняют из сборных железобетонных ребристых панелей с пространственными каркасами, состоящими из стоек-ферм, горизонтальных ферм и диагональных раскосов, с обшивкой внутренней стороны каркаса деревянными, алюминиевыми или асбестоцементными листами. В зависимости от производительности (площади орошения) высота вытяжных башен градирен может состоять от 50-60 (2100 м<sup>2</sup>) до 100 м (около 4000 м<sup>2</sup>) и до 150 м (10000 м<sup>2</sup>). Монтаж конструкций градирен выполняют наращиванием стрел стреловых кранов до исчерпывания их грузовысотных характеристик, а затем с помощью свободно стоящего или прислонного башенного крана, устанавливаемого в центре градирни, или с помощью передвижного башенного крана, перемещающегося по кольцевым путям снаружи башенного сооружения.

Элементы градирни предварительно укрепляют в монтажные блоки с учетом грузоподъемности крана. Укрупнительные блоки (панели) монтируют поярусно до замыкания контура и проектного закрепления всех блоков (панелей) в ярусе.

*Водонапорные башни* монтируют башенными или стреловыми кранами. Водонапорная башня (рис.1) с баком аварийной воды емкостью 3600 м<sup>3</sup> кислородно-конвертерного цеха представляет собой стальную конструкцию диаметром около 20 м с отметкой верха шатра 58,17 м. Масса металлических конструкций 428 т, объем сборного железобетона 198 м<sup>3</sup>.

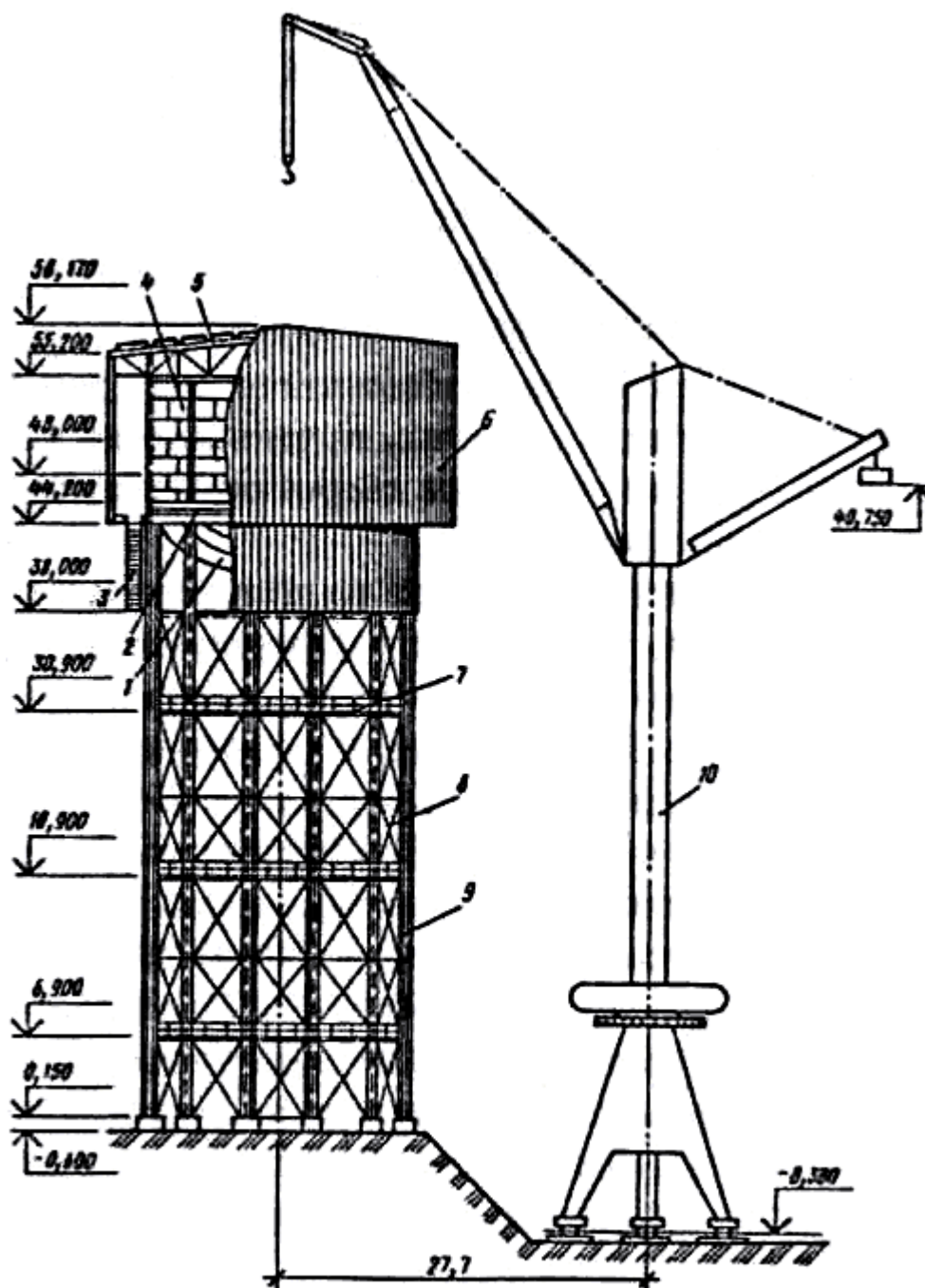


Рис.1. Монтаж водонапорной башни краном БК-1000:

*а* - разрез; *б* - план монтажной площадки; 1 - сферическое днище бака; 2 - опорное кольцо; 3 - лестница; 4 - вертикальный резервуар (бак); 5 - покрытие бака; 6 - обшивка из профилированного настила; 7 - балочная диафрагма; 8 - связи между колоннами; 9 - колонна; 10 - кран БК-1000; 11 - водонапорная башня; 12 - стенд укрупнительной сборки опорного кольца, царг и днища бака; 13 - кран МКГ-25; 14 - площадка складирования металлоконструкций; 15 - площадка укрупнительной сборки колонн башни

Резервуар имеет сферическое днище высотой 5,5 м с опорным кольцом на отметке 44,5 м, передающим нагрузку на 12 колонн сварного двутаврового сечения. Покрытие бака выполняют из 12 радиально расположенных с уклоном 1:8 металлических ферм, соединенных посередине центральным кольцом. Концами фермы опираются на опоры бака, которые являются продолжением опор башни. В центре ствола опоры размещена металлическая маршевая лестница, обшитая снаружи сборными железобетонными плитами. Внутри лестничной шахты проходит водонапорная труба диаметром 1,2 м.

Колонны башни объединены в пространственный ствол восьмиступенчатой системой связей и

балочными диафрагмами в трех уровнях на отметке 6,9, 18,9 и 30,9 м. Для укрепления бака на отметке 38,0 м предусмотрено перекрытие из сборных железобетонных плит, с отметкой 38,0 м до верха бака - ограждающие конструкции из утепленных щитов из профнастила, по шатру бака уложены радиальные железобетонные плиты. Конструкции укрупняли в блоки кранами БК-1000 и МКГ-25 в пределах максимальной грузоподъемности крана БК-1000 на площадке укрупнительной сборки и на стенде (рис.2).

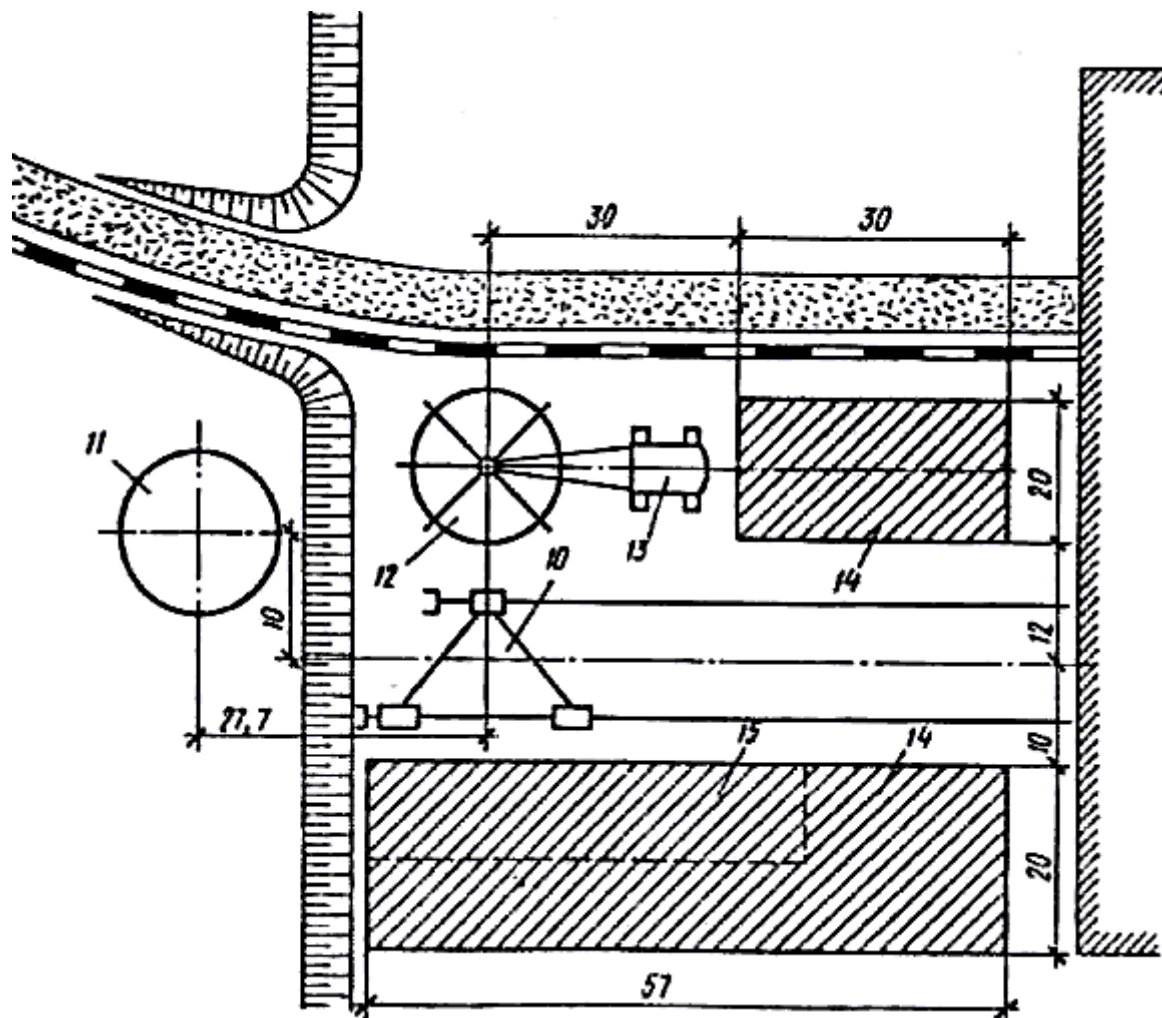


Рис.2. План монтажной площадки:

11 - водонапорная башня; 12 - стенд укрупнительной сборки опорного кольца, царг и днища бака; 13 - кран МКГ-25; 14 - площадка складирования металлических конструкций; 15 - площадка укрупнительной сборки колонн башни

Ствол башни был разделен по периметру на шесть плоских блоков высотой 22 м и массой 34 т. Блок состоял из двух колонн, высотой равной половине высоты ствола. Колонны собирали из двух отправочных марок и соединяли между собой связями. Блоки монтировали методом поворота краном БК-1000. Каждую установленную плоскость временно раскрепляли двумя парами расчалок из стального каната диаметром 15 мм. Связи между соседними плоскостями устанавливали поэлементно. Одновременно вели монтаж маршевой лестницы укрепленными блоками длиной до 20,5 м и массой до 23 т.

Опорное кольцо на отметке 44,2 м монтировали тремя укрупненными блоками грузоподъемностью до 26 т после предварительной контрольной сборки на специальном стенде. После сварки блоков убирали временные стяжные приспособления и снимали со стенда укрупнительные блоки опорного кольца. Сферическое днище бака монтировали из семи блоков-секторов массой по 4 т,

которые предварительно укрупняли внизу на специальном стенде из двух-трех лепестков сегментов. Каждый сегмент одним концом опирался на металлический фартук центральной трубы диаметром 3,2 м, а вторым (у опорного кольца) - на специальные опорные приспособления, которые убирались только после сварки всех швов и узлов крепления сферического днища, предусмотренных проектом. Опорное приспособление у опорного кольца одновременно служило подмостями для оформления монтажа стыка сферического днища с фартуком опорного кольца.

Отправочные элементы цилиндрической части бака толщиной 6, 8 и 12 мм свальцованы из двух сваренных элементов листов одинаковой толщины. Цилиндр бака собирали из 4 царг высотой по 2,8 м и массой по 23 т. Каждую царгу собирали на стенде из семи свальцованных элементов. Верхняя царга была укрупнена совместно с замыкающим кольцом. Перед подъемом царги обстраивали подмостями. Это позволило максимально использовать грузоподъемность крана и исключить устройство подмостей на высоте.

Царги цилиндрической части бака монтировали трехлучевой разборной траверсой грузоподъемностью 14 т с поперечными балками, обеспечивающими строповку царг в шести точках. Перед монтажом конструкций покрытия установили поэлементно стойки бака (12 шт.) высотой по 4,75 м.

Конструкции покрытия бака монтировали укрупненными блоками-секторами массой до 5 т, состоящими из двух радиальных ферм со связями. Перед монтажом блоков-секторов покрытия укрупнили центральную ферму длиной 20 м с кольцом по центру из трубы 600x18 мм, на которую опирались одним кольцом укрупненные блоки-секторы ферм. Центральную ферму временно раскрепляли в двух точках канатом диаметром 15 мм.

*Грануляционные башни* предназначены для получения гранул азотных удобрений. Башня (рис.3) представляет собой монолитное железобетонное цилиндрическое сооружение диаметром до 30 м и высотой более 100 м с системой из восьми перекрытий из стальных конструкций и монолитного железобетона.

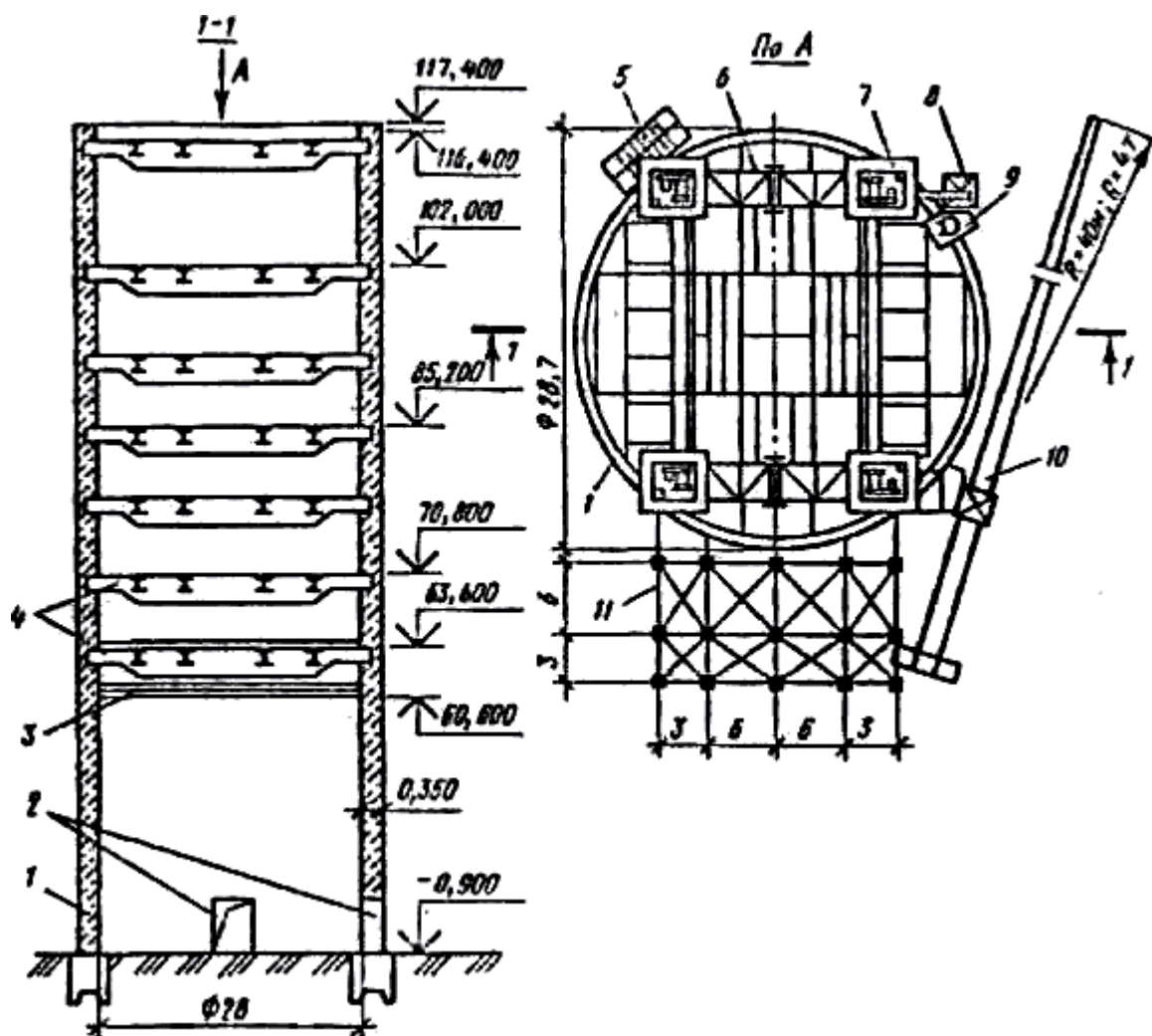


Рис.3. Схемы грануляционной башни и размещения монтажных средств:

1 - железобетонный ствол башни; 2 - монтажные проемы; 3 - защитный экран; 4 - перекрытия; 5 - постоянная маршевая лестница; 6 - монтажная балка; 7 - лебедка ЛМН-12,5; 8 - лифт; 9 - площадка для выхода рабочих из люльки; 10 - прислонный кран КБ-573; 11 - пристройка к башне

Каждое перекрытие, кроме нижнего, опирается на ствол башни концами двух несущих стальных балок через опорные плиты, устанавливаемые в специальных окнах. Второстепенные балки опираются на несущие и крепятся с помощью столиков и накладок к закладным деталям в железобетонном стволе. На железобетонную монолитную плиту каждого перекрытия устанавливают различное технологическое оборудование. Нижнее, восьмое, перекрытие (защитный экран) подвешено к основному перекрытию на отметке 60,6 м.

Пристройка грануляционной башни - многоэтажная этажерка размерами в плане 9x18 и высотой 120 м. Шаг колонн в пристройке 3 и 6 м, высота этажа 6 и 6,6 м. Несущие конструкции - стальные перекрытия из монолитного железобетона, ограждающие конструкции из железобетонных стеновых панелей с металлическими переплетами. Геометрическую неизменяемость каркаса пристройки обеспечивают вертикальные связи по колоннам, горизонтальные связи по каждому перекрытию и шарнирные соединения перекрытия с железобетонными стволами башни. Масса стальных конструкций башни 1583 т, в том числе перекрытий 883 т и пристройки 700 т.

Поэлементный и последовательный монтаж всех перекрытий от нижнего до верхнего одновременно с возведением железобетонного ствола башни в скользящей опалубке был возможен, но малоприменим по следующим причинам: практически невозможно совместить непрерывное

бетонирование ствола с производством монтажных работ; опирание конструкций перекрытий на свежееуложенный бетон недопустимо; не выпускается башенный кран грузоподъемностью 25 т на вылете стрелы до 30 м с высотой подъема груза до 125 м, необходимый в этом случае для установки несущих балок перекрытия; монтировать несущие балки перекрытия частями с укрупнительной сборкой в проектном положении невозможно из-за недостаточной несущей способности рабочей площадки, используемой для бетонирования. Поэтому более целесообразно было монтировать каждое перекрытие в целом виде. Для этого после окончания работ по возведению всего ствола и ствола до уровня следующего перекрытия вспомогательного оборудования (грузовых, пассажирских лифтов, рабочей площадки, домкратных устройств и т.д.) собирали перекрытие ствола башни на земле и поднимали в проектное положение стальные конструкции с монолитным железобетонным перекрытием, антикоррозийной защитой и с наиболее тяжелым оборудованием, установленным на данном перекрытии.

*Укрупнительную сборку* перекрытия выполняли внутри башни краном МКГ-25-БР, для его прохода предусматривали проем в стенах. Одновременно со сборкой конструкций генподрядная организация устанавливала опалубку для бетонирования перекрытия, производила армирование и укладку бетона. На готовое перекрытие устанавливали технологическое оборудование с его временным закреплением.

После набора бетонными перекрытиями 70% проектной прочности их поднимают на проектную отметку с помощью четырех 100-тонных полиспастов, подвешенных к временным монтажным балкам, которые опираются на верхний обрез железобетонного ствола, и двух траверс, подведенных под несущие балки перекрытий.

При подъеме каждого перекрытия для возможности свободного прохождения внутри ствола балки поднимали укороченными на 120-300 мм, а после подъема перекрытия в проектное положение их наставляли или опирали с помощью специальных выдвижных столиков с овальными отверстиями. На стволе башни предусматривали закладные детали для крепления подмостей на всех уровнях и крепления прислонного крана КБ-5 73.

Вспомогательные монтажные балки на отметке 117,4 м представляют собой пространственные мосты с площадками под лебедки грузоподъемностью 12 т. Их монтировали с помощью крана КБ-573, затем этим же краном устанавливали лебедки, поднимали бухты с канатом и запаковывали грузовые полиспасты. Полиспасты распускали на всю высоту башни подвижные блоки перекрытия. Поднятые перекрытия подвешивали в четырех точках с помощью жестких тяг к ранее поднятым, верхнее перекрытие - к монтажным балкам. После этого монтажники опускались на перекрытие и производили работы по монтажу (с помощью крана КБ-573), оформлению концов несущих балок в окна ствола башни и узлов примыкания второстепенных балок к закладным деталям в стволе. На верхнюю отметку ствола грануляционной башни и к лебедкам, установленным на монтажные балки, рабочие поднимались на временном лифте, а с перекрытия на перекрытие сверху вниз переходили по вертикальной навесной лестнице. Подъем перекрытия длился 4-6 часов. Пристройку монтировали краном КБ-573. При этом применяли максимальное укрупнение конструкций в плоские рамы массой до 8 т.

*Надшахтные здания (копры)* в зависимости от производительности шахты представляют собой башни или многоярусные этажерки размером в плане от нескольких метров до десятков метров при высоте от 30 до 125 м. Такое сооружение высотой до 70 м собирают полностью на земле в горизонтальном положении и поднимают поворотом вокруг опорного шарнира с применением конструкций проектной укосины копра в качестве грузоподъемного портала или шевра.

Надшахтные здания высотой более 70 м обычно монтируют методом наращивания с использованием башенного передвижного или прислонного крана.



Надшахтные здания и сооружения с основанием 21х24 м и высотой 106 м с каркасом из сварных двутавров, перекрытиями из сборного и монолитного железобетона по профнастилу, ограждающими конструкциями из керамзитобетонных панелей (масса общая около 2800 т) монтируют с использованием прислонных кранов (рис.4).

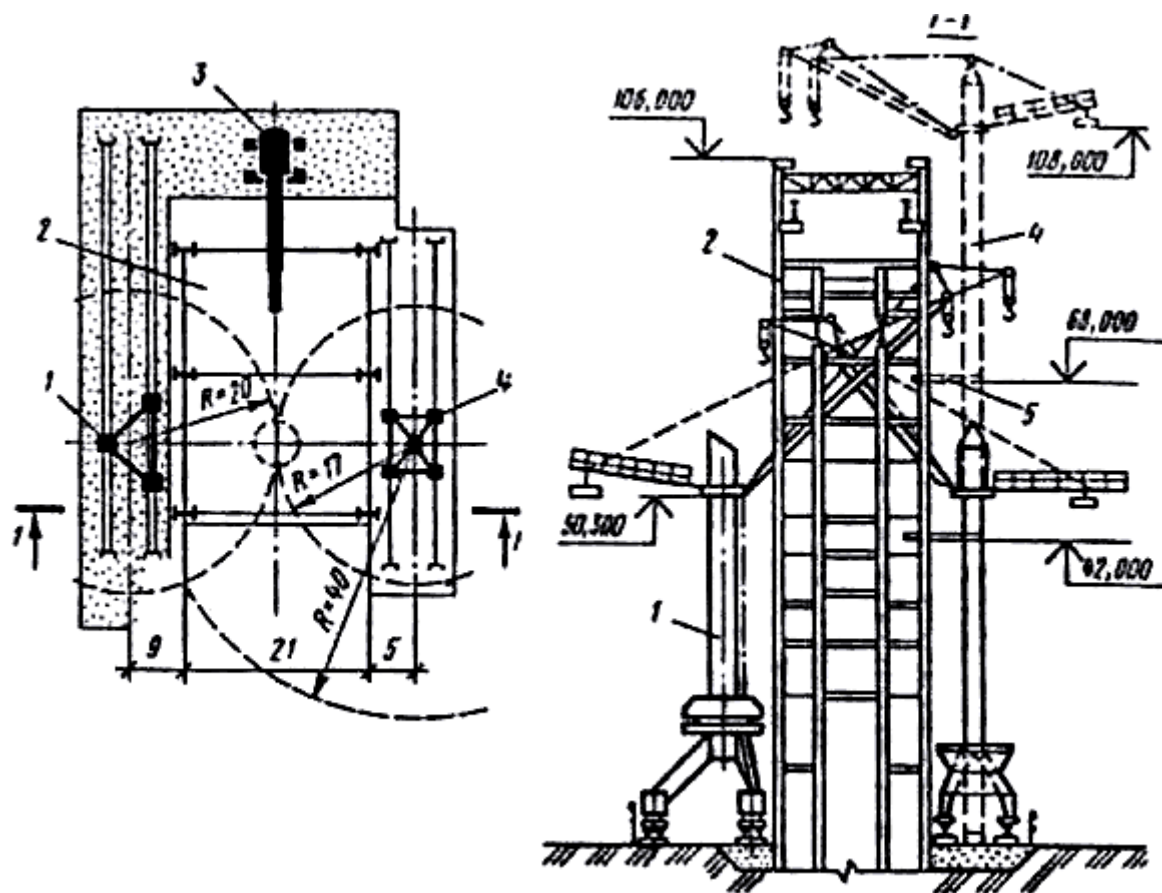


Рис.4. Схема механизации монтажа надшахтного здания (копра):

1 - передвижной башенный кран БК-1000-40; 2 - надшахтное здание; 3 - стреловой кран МКГ-25; 4 - прислонный кран БК-300П; 5 - диафрагмы для крепления крана БК-300П к зданию

Ранее монтаж таких надшахтных зданий проводили около 22 месяцев ползучими кранами, смонтированными внутри копра с восемью перестановками. Для сокращения продолжительности монтажа конструкций копра шахты до отметки 71,6 м их монтировали двумя кранами КБ-1000 и КБ-300 без прислонного исполнения для получения большей маневренности. После достижения отметки 71,6 м кран КБ-300 был переоборудован в прислонный и закреплен на отметке 42,0 и 68,0 м к несущим конструкциям надшахтного здания (такое переоборудование заняло 4 дня). Несущие конструкции копра монтировали плоскими блоками массой до 24 т. Укрупнение выполняли на приобъектном складе краном МКГ-25. Копер возводили по ярусам, которые доводились до 100% готовности, включая установку технологического оборудования и выполнение общественных работ. Параллельно с монтажом конструкций надшахтного здания кранами было подано на перекрытие около 1500 т оборудования и различных материалов. Монтаж копра был выполнен за 10 месяцев.

*Технологические этажерки* нередко монтируют при строительстве установок замедленного коксования на нефтеперерабатывающих заводах. Они представляют собой пространственные металлические конструкции размером в плане 8х34 м, высотой 66,6 м, установленные на постамент высотой 14 м; масса этажерки 365 т (рис.5).

В практике применяют в основном два способа крупноблочного монтажа этажерок.

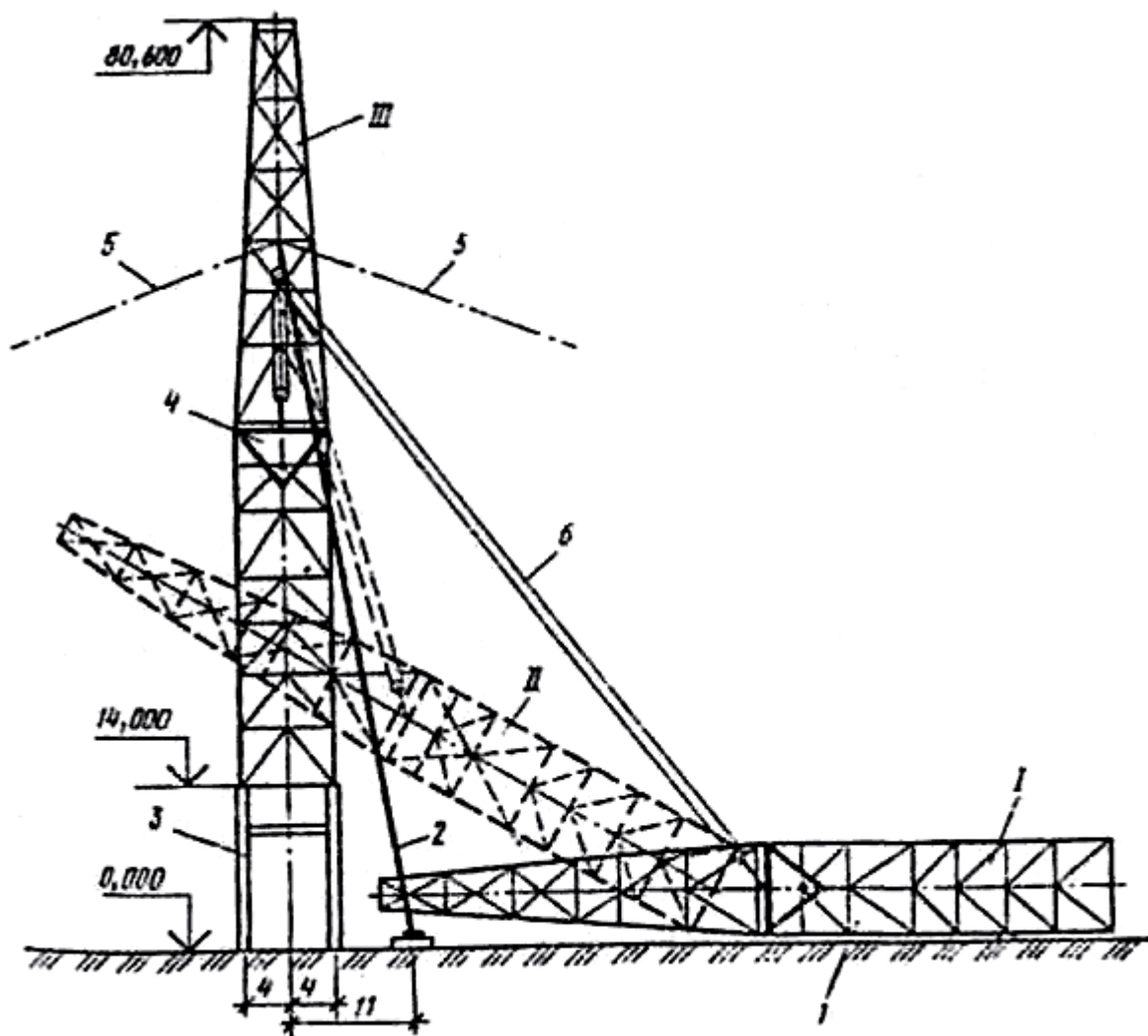


Рис.5. Схема подъема этажерки на постамент мачтой:

1 - этажерка; 2 - монтажная мачта; 3 - постамент; 4 - ферма усиления; 5 - ванты-расчалки мачты; 6 - полиспаст; /.../// - положения этажерки на различных этапах подъема

По первому способу этажерку делят на три пространственных горизонтальных блока. Первые два блока собирают на монтажной площадке в вертикальном положении, что приводит к необходимости выполнять работы на значительной высоте. Третий блок укрупняют, стыкуют с ранее установленными, при этом необходимо состыковать и сварить 10 пар колонн, для чего устанавливают специальные приспособления и работы производят при подведении верхнего блока.

При втором способе монтажа этажерку делят на два вертикальных блока. Укрупненные блоки монтируют поочередно, затем производят досборку части этажерки из отдельных элементов между блоками.

При обоих способах монтаж выполняют двумя мачтами высотой 72 м, грузоподъемностью 100 т. В начале монтажа мачты наклоняют к укрупненному блоку, затем с поднятым грузом - в обратную сторону (к постаменту). Такой сложный маневр двумя мачтами требует высокой квалификации монтажников и имеет повышенную опасность. Кроме того, при подъемах возникает необходимость передвижения мачт. Для устранения указанных недостатков разработан метод монтажа полностью собранной этажерки.



Металлические конструкции этажерки представляют собой пять плоских ферм длиной 65,6 м, соединенных между собой разрезными балками. В поперечном направлении этажерка обладает ограниченной несущей способностью и не выдерживает нагрузки от соответственной массы при строповке за временные боковые поверхности. Конструкция усиления была решена в виде фермы - траверсы (длиной 36 м, грузоподъемностью 400 т), представляющей собой трехпоясную трубчатую пространственную ферму, размещенную внутри этажерки и прикрепленную к ней двумя вертикальными поясами, третий пояс остается свободным. Ферма усиления располагается в металлической конструкции этажерки таким образом, что узлы строповки находятся на расстоянии 6 м от ее центра тяжести. Масса фермы усиления 50 т.

Укрупнительную сборку этажерки в горизонтальном положении выполняли перед постаментом, на сборочной площадке со щебеночным покрытием. Для создания жесткости нижней части этажерки, обеспечения точности сборки и неизменяемости взаимного расположения опорных частей колонн, что особенно важно при установке конструкции на фундаменте анкерными болтами, было выполнено усиление низа этажерки, представляющее собой две трубы, пропущенные вдоль этажерки и соединенные между собой связями ( $Q=7$  т). В качестве основных грузоподъемных средств использовали комплект из двух мачт типа АК-400 ( $Q=400$  т), высотой 62 м при неизменяемом в плане положении мачт в процессе подъема этажерки.

Для оснащения грузовых полиспастов грузоподъемностью до 280 т потребовалось два каната диаметром 33 мм, длиной по 2 км. На каждый полиспаст были установлены 2 лебедки грузоподъемностью по 12,5 т. Для полиспастов вант-расчалок мачт были предусмотрены электролебедки грузоподъемностью 8 т. Управление четырьмя лебедками грузовых полиспастов мачт и двумя лебедками тормозных полиспастов осуществлялось со специального пульта.

Установка этажерки в проектное положение предусматривалась в три этапа (рис.5): перевод из горизонтального положения I в наклонное II с расположением верха этажерки выше постамента, подъем этажерки над постаментом до вертикального положения грузовых полиспастов мачт и наводка этажерки в проектное положение III на анкерные болты. Комплекс работ по укрупнительной сборке, монтажу этажерки единым блоком и демонтажу такелажных средств занял 5 месяцев при численности бригады 12 человек; стоимость работ была снижена в 2 раза по сравнению с монтажом из отдельных блоков.

*Вытяжные башни-трубы* предназначены для вывода в атмосферу газов и обычно состоят из каркаса - стальной решетчатой свободно стоящей башни и расположенных внутри или снаружи нее одного или нескольких газоотводящих трубчатых стволов из коррозиестойких материалов или из малоуглеродистой стали с соответствующим внутренним антикоррозийным покрытием или оцинковкой. Каркасы вытяжных башен-труб по конструкции схожи с радио- и телебашнями, но существенным их отличием является большая масса и наличие жестких диафрагм для поддержания труб. Решетка этих башен более частая и массивная.

Вытяжные трубы иногда возводят также из кирпича или железобетона (сборного и монолитного), но эксплуатационная надежность их ниже, а трудоемкость возведения выше, и поэтому в последние годы они применяются значительно реже металлических. Методы монтажа вытяжных башен-труб аналогичны методам монтажа радио- и телевизионных башен, надшахтных копров и этажерок. Вытяжные башни-трубы высотой до 100-120 м при наличии на площадке места собирают в горизонтальном положении вместе с газоотводящими стволами у места установки и затем поднимают в вертикальное положение одним из методов поворота. При этих методах подъема все элементы каркаса необходимо проверить на прочность и устойчивость, так как каркас башни не рассчитан на подъем в собранном виде. Элементы конструкции, нагрузки в которых превышают допустимые, усиливаются. Такие башни-трубы монтируют также наращиванием с применением прислонного крана.

Рассмотрим схему подъема вытяжной трубы в целом виде методом поворот-выжимание (рис.6).

Трубы длиной 60 м и массой 180 т собирают в горизонтальном положении.

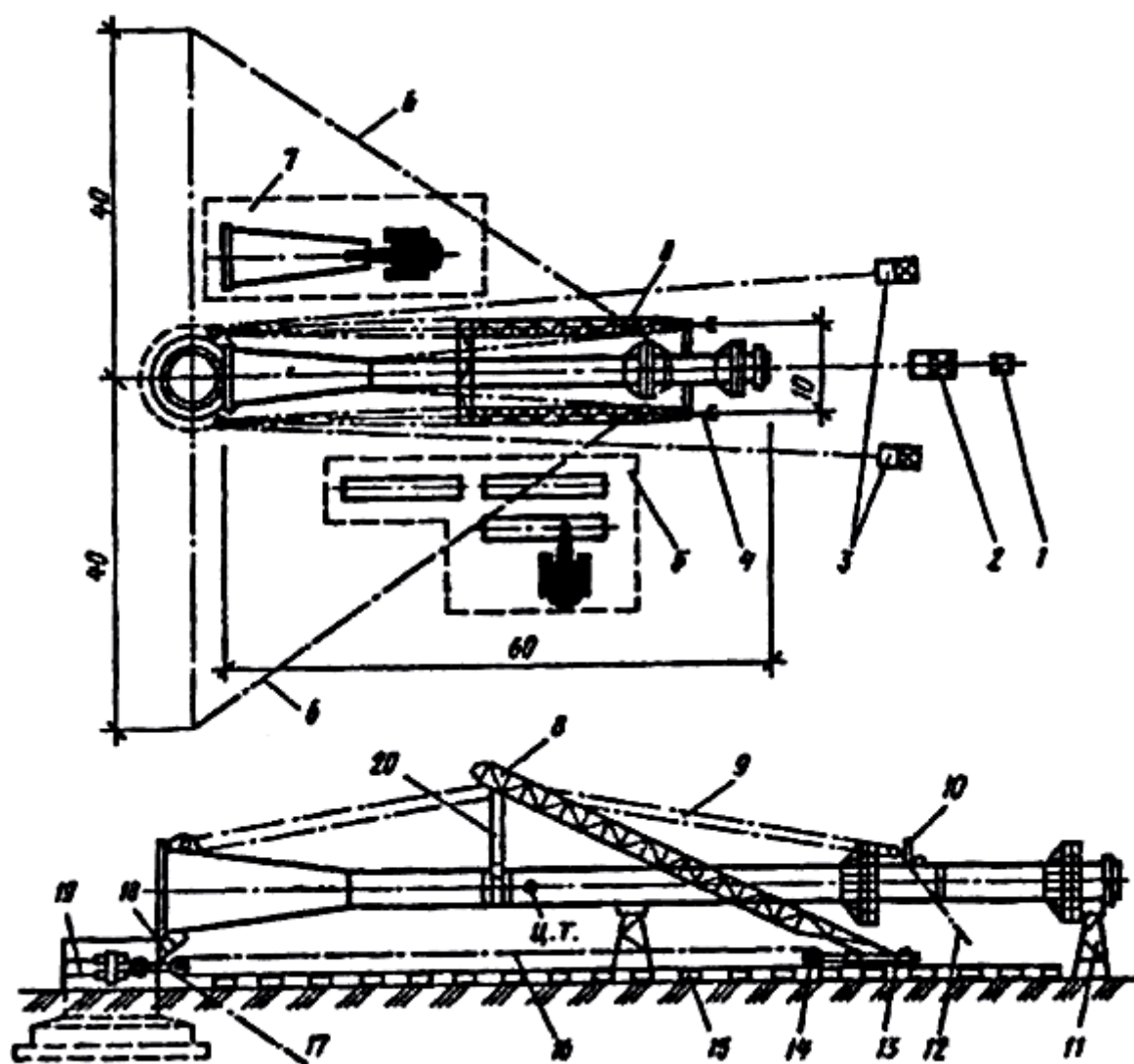


Рис.6. Схема подъема вытяжной трубы поворотом-выжиманием:

а - план монтажной площадки; б - разрез, положение трубы в начале подъема; 1 - теодолит; 2 - электролебедка тормозная грузоподъемностью 5 т; 3 - то же, грузовая грузоподъемностью 12,5 т; 4 - рельс; 5 - площадка укрупнительной сборки царг цилиндрической части трубы; 6 - расчалка страховочная; 7 - площадка укрупнительной сборки краном МКГ-25 конической части трубы; 8 - монтажный портал; 9 - расчалки шпренгельной системы; 10 - натяжное устройство; 11 - временная опора; 12 - канат тормозного полиспаста; 13 - тележка портала; 14 - блок пятирольный; 15 - шпалы под рельсами Р-43; 16 - полиспаст грузовой; 17 - сбегающая на лебедку нить грузового полиспаста; 18 - хомут для крепления неподвижных блоков полиспаста; 19 - поворотный шарнир; 20 - стойка

Предварительно нижнюю часть трубы устанавливают краном на основание, обеспечивая вертикальное положение, затем соединяют шарниром с фундаментом; поворотом шарнира с помощью крана коническую часть трубы переводят из вертикального положения в горизонтальное и состыковывают с укрупненной цилиндрической частью. Для усиления трубы применяют шпренгельную систему, установив в месте соединения монтажного портала с трубой стойки высотой 5,5 м и раскрепив ее расчалками - канатами за верхний и нижний концы трубы. Расчалки из восьми ниток диаметром 26 мм натянули винтовыми приспособлениями. Верхнюю часть стойки соединяют с монтажным порталом шарниром.

Подъем трубы в вертикальное положение осуществляют решетчатым монтажным порталом высотой 30 м и грузоподъемностью 200 т. Опоры портала, стянутые трубой диаметром 219 мм, опирают на тележки, перемещаемые по рельсовому пути. К тележкам прикрепляют подвижные блоки полиспастов, к фундаментам трубы - неподвижные.

При установке трубы используют две электролебедки грузоподъемностью 12,5 т. На тормозном полиспасте, состоящем из двух ниток каната диаметром 22 мм, используют электролебедку грузоподъемностью 5 т. Электролебедки закрепляют за инвентарные якоря, состоящие из рамы, нагруженной железобетонными блоками. После подъема трубы над временными опорами на 0,1-2 м делают остановку для осмотра такелажной оснастки, после чего продолжают подъем. При переходе системы через центр тяжести трубы ее удерживают от самопроизвольного опрокидывания натяжением троса тормозной лебедки. Положение трубы во время подъема и после окончания установки на фундамент контролируют теодолитом.

### Монтаж сооружений комплекса доменной печи

По расположению отдельных сооружений и их назначению комплекс доменной печи разделяют на объекты центрального узла, находящиеся в непосредственной близости от доменной печи и связанные с ней, и объекты внешнего комплекса, номенклатура и размещение которых зависят от конкретных условий, как доменного цеха, так и металлургического цеха в целом.

Центральный узел состоит из следующих основных сооружений (рис.7): собственно доменной печи, литейного двора, блока воздухонагревателей с дымовой трубой, пылеуловителя, лифта для обслуживающего печь персонала, устройства для подачи шихты на колошник печи (наклонного моста или галереи подачи шихты), пункта управления печью и воздухонагревателями, а при объеме печи 3200 м<sup>3</sup> и больше - установок грануляции шлака с вытяжными трубами.

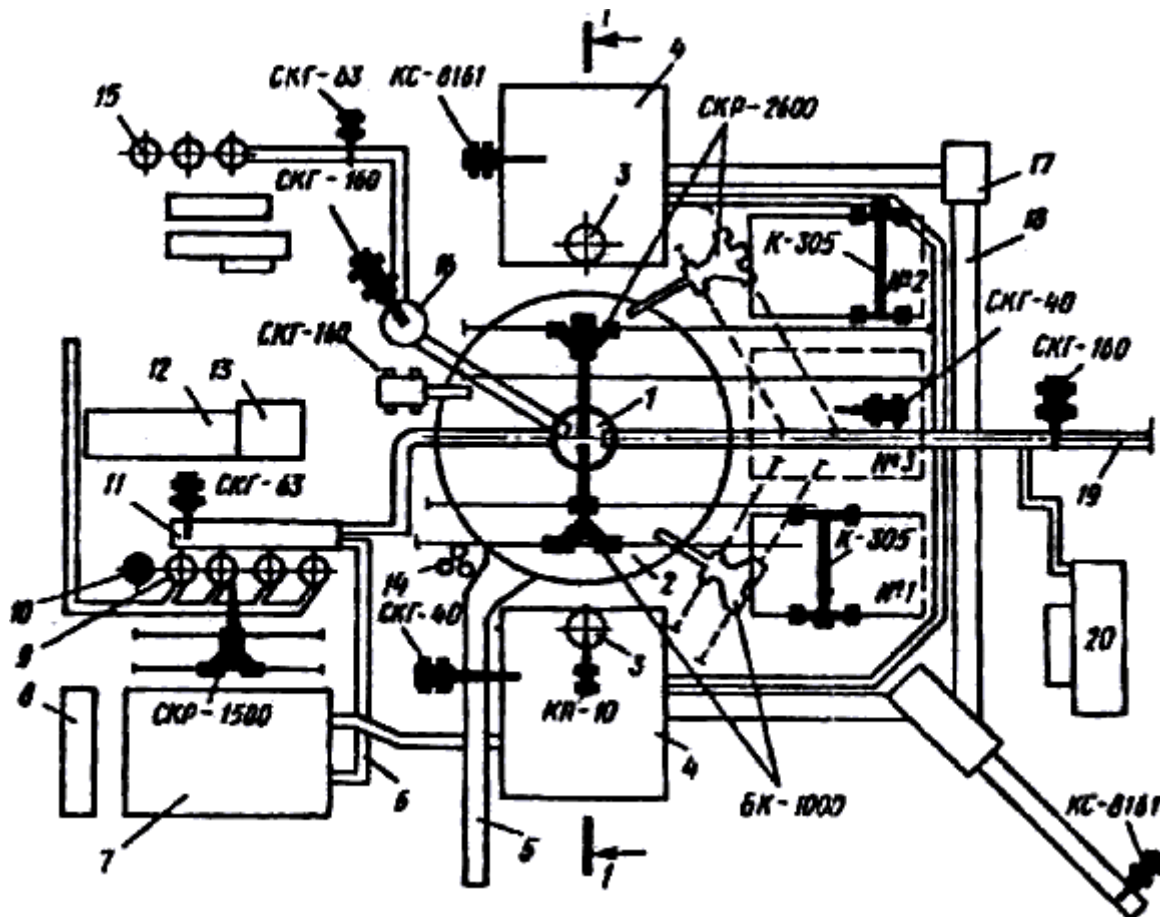
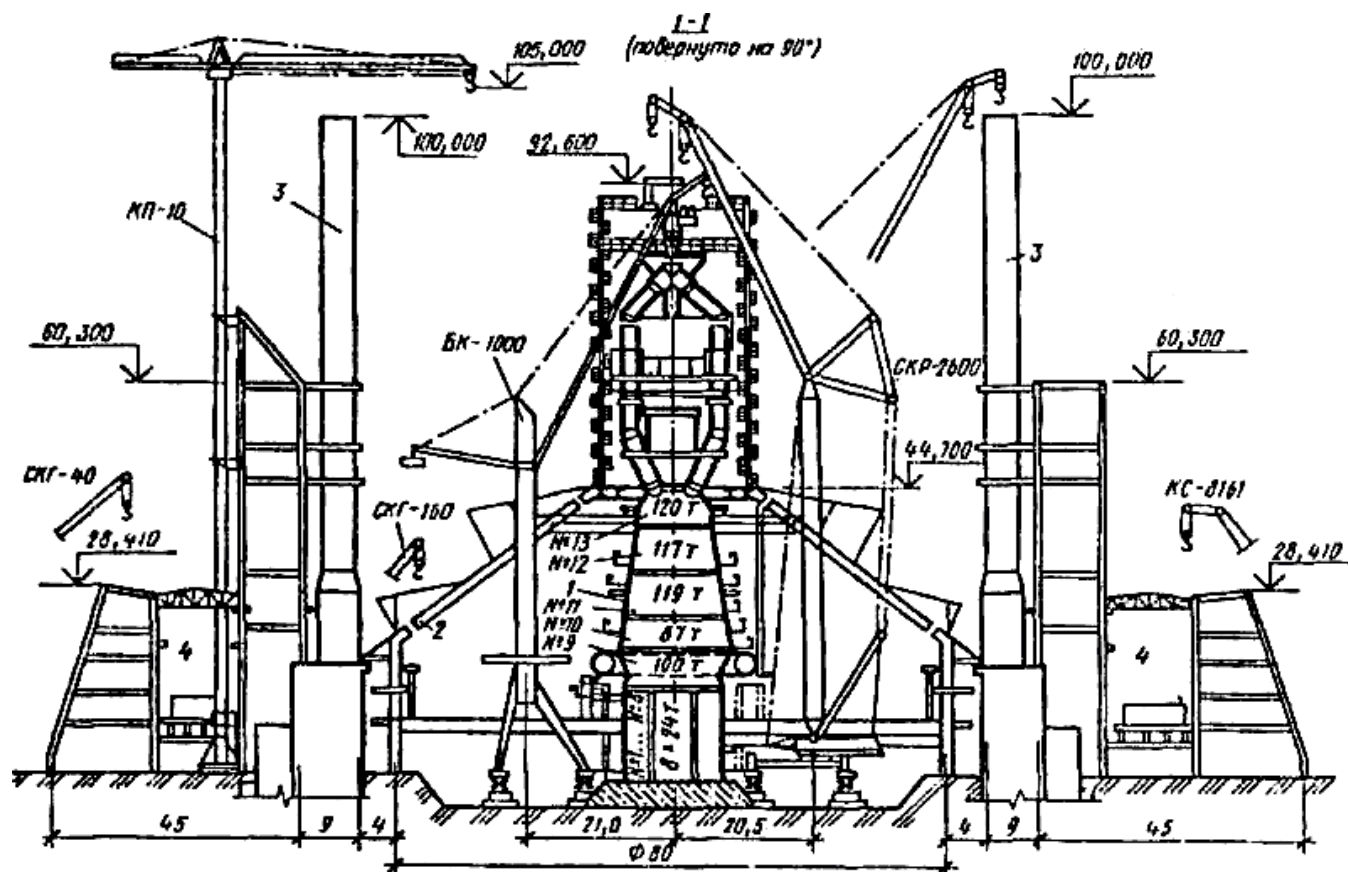


Рис.7. Стройгенплан доменной печи объемом 3200 м<sup>3</sup>:

1 - доменная печь; 2 - литейный двор; 3 - вытяжные трубы установок; 4 - придоменный гранулировщик шлака; 5 - въездная эстакада; 6 - электрокабельная галерея; 7 - здание управления печью; 8 - станция подачи воздуха; 9 - блок воздухонагревателей; 10 - дымовая груба; 11 - здание воздухонагревателей; 12 - вытяжная станция литейного двора; 13 - помещение фильтров; 14 - блок-лифт; 15 - газоочистка; 16 - пылеуловитель; 17, 18 - галереи перегрузки и механизированной уборки гранулированного шлака; 19 - галерея подачи шихты на колошник; 20 - воздуходувная станция; N 1...13 - монтажные блоки кожуха доменной печи



Продолжение рис.7: схема монтажа доменной печи объемом 3200 м<sup>3</sup>

Объекты внешнего комплекса включают: бункерную эстакаду, скиповую яму, газоочистку, разливные машины, ТЭЦ, паровоздуходувную станцию (ПВС), тракты (галереи) подачи руды, межцеховые газо- и воздухопроводы, другие объекты вспомогательного назначения.

Главными особенностями, определяющими организацию и технологию монтажных работ на объектах комплекса доменной печи, являются: стесненность площадки; значительная высота объектов (около 100 м); преобладание тонколистовых (до 60 мм) конструкций с большой протяженностью сварных соединений и массой наплавленного металла; наличие, как правило, близко расположенных действующих доменных печей и необходимость обеспечения на весь период строительства новой доменной печи нормальных условий эксплуатации существующих печей.

При монтаже собственно доменной печи длительное нахождение кранов в пределах литейного двора препятствует выполнению земляных работ, бетонированию водоводного и кабельного тоннелей и фундаментов под колонны рабочей площадки, а при их первоочередном возведении неизбежна отсрочка монтажа стальных конструкций и последующих работ. Поэтому краны приподнимают над

землей, устанавливая их на специальные подкрановые балки, опирающиеся на железобетонные фундаменты, а для скорейшего предоставления фронта работ по монтажу конструкций литейного двора краны своевременно перевозят на заранее подготовленные пути за пределами литейного двора (пунктир на рис.7). В зоне действия основных монтажных механизмов предусматривают площадки для укрупнительной сборки и сварки конструкций, так как сложно транспортировать крупногабаритные блоки при сборке их вне зоны действия монтажных кранов.

Работы по монтажу конструкций сооружений комплекса доменной печи вследствие большой металлоемкости выполняют несколько монтажных организаций, что требует четкого планирования взаимодействия между ними и применения поузлового метода организации и управления строительством комплекса.

Монтаж объектов центрального узла начинают с воздухонагревателей для создания фронта работ по огнеупорной кладке, так как продолжительность работ на каждом воздухонагревателе составляет 3-5 месяцев. Наиболее сложными по монтажу конструкций сооружений доменной печи являются кожух доменной печи, блок воздухонагревателей, галерея подачи шихты на колошник печи.

Монтаж конструкций центрального узла доменной печи N 6 объемом 3200 м<sup>3</sup> Новолипецкого металлургического комбината ДП N 6 НЛМК выполняли кранами СКР-2600 и БК-1000, расположенными соответственно на сооружении правой и левой установок придоменной грануляции шлака.

Периодически к монтажу конструкций центрального узла печи подключали кран башенно-стреловой СКГ-160, установленный со стороны здания фильтров. Пути кранов БК-1000 и СКР-2600 были предусмотрены на стальных подкрановых балках, опирающихся на железобетонные фундаменты. Укрупнительную сборку конструкций производили на приобъектных площадках N 1 (расположенной со стороны крана БК-1000), N 2 (расположенной со стороны крана СКР-2600) и N 3 (расположенной между путями кранов СКР-2600 и БК-1000). Площадки укрупнительной сборки N 1 и 2 были оборудованы козловыми кранами К-305, а площадку N 3 обслуживал кран СКГ-40. На площадке N 1 на стендах производили сборку и электрошлаковую сварку восьми монтажных блоков горна из скорлуп стали 16Г2АФ-Ш толщиной 40 мм (каждый массой по 24 т), которые затем монтировали краном БК-1000. Монтажные блоки фурменной зоны и купола печи укрупняли на стенде на площадке N 2. Сборку скорлуп осуществляли с помощью электрошлаковой сварки на стенде площадки N 1 и краном БК-1000 передавали на стенд площадки N 3 на дальнейшее укрупнение в конусные царги с применением также электрошлаковой сварки. Кожух шахты печи из пяти блоков с наибольшей массой до 120 т монтировали рельсовым краном СКР-2600 (длина стрелы и клюва 46 и 31 м, грузоподъемность 130 т).

Несущий каркас литейного двора представляет собой единую пространственную конструкцию, состоящую из двадцати Г-образных рам, расположенных через 18° по окружности радиусом 40 м и соединенных между собой кольцами (на уровне верха колонн и колошниковой площадки) и связями. Каркас литейного двора был разбит на плоскостные монтажные блоки: блоки колонн массой 64 т, блоки ригелей покрытия массой 47 т и верхнее опорное кольцо купола литейного двора массой 170 т. Верхнее опорное кольцо купола литейного двора массой 170 т монтировали двумя кранами - СКР-2600 и БК-1000, устанавливая его на десять трубчатых стоек, опертых через домкраты на кольцевую площадку доменной печи на отметке 39,6 м. Для восприятия горизонтальных усилий от ригелей покрытия литейного двора в период монтажа верхнее опорное кольцо крепили к кожуху печи с помощью системы временных горизонтальных связей.

После монтажа верхнего опорного кольца купола литейного двора кран СКР-2600 переоборудовали во II исполнение (длина стрелы 58 и клюва 44 м, грузоподъемность 75 т).

Выработка по монтажу металлоконструкций доменной печи и литейного двора составила 276 кг/чел.-смен.

Монтаж конструкций лифта, электрокабельной шахты (на полную высоту) и трубы для взятия печи на тягу (до отметки 80 м) производили краном СКР-1500, монтировавшим воздухонагреватели, а выше отметки 80 м - краном КП-10.

Вытяжные трубы высотой 100 м установок придоменной грануляции шлака по первоначальному решению ППР должны были монтировать (со стоянок кранов, располагаемых в литейном дворе) следующим образом: левую трубу до отметки 80 м - краном БК-1000, правую на всю высоту - краном СКР-2600. При этом варианте монтаж каркаса литейного двора мог быть завершен только после окончания монтажа вытяжных труб и выхода кранов за пределы литейного двора.

С целью сокращения сроков строительства по предложению монтажной организации краны БК-1000 и СКР-2600 до начала монтажа вытяжных труб были переведены на новые подкрановые пути за пределами литейного двора, развернутые соответственно в направлении левой и правой установок грануляции. С этих путей кранами БК-1000 и СКР-2600 заканчивали монтаж конструкций литейного двора и вытяжных труб установок придоменной грануляции (правой на всю высоту, а левой - до отметки 80 м; монтаж вытяжной трубы с отметки 80 м производили краном КП-10).

Монтаж здания и блока воздухонагревателей выполняли кранами СКГ-63БС (длина стрелы 30, клюва - 19 м), СКР-1500 и СКГ-160. Пути крана СКР-1500 укладывали на стальные подкрановые балки, опертые на железобетонные фундаменты, что дало возможность приступить к монтажу кожухов воздухонагревателей до окончания строительства тоннеля под борова и обратной засыпки котлована.

Кожух каждого воздухонагревателя монтировали из шести блоков максимальной массой 76 т в два этапа: 1-й этап - монтаж воздухонагревателей N 1 и 2, а затем N 3 и 4 до отметки 43, 82 м краном СКР-1500 в IV исполнении (грузоподъемностью 100 т). Стенды для укрупнительной сборки воздухонагревателей N 3 и 4 убрали, а кран СКР-1500 переоборудовали во II исполнение (грузоподъемностью 50 т); 2-й этап - монтаж куполов воздухонагревателей N 1-3 осуществляли краном СКГ-160, работавшим в то время на центральном узле печи, и воздухонагревателя N 4 - краном СКР-1500 во II исполнении (после завершения его переоборудования). Укрупнительную сборку блока N 6 (купола) производили на стендах N 1 и 2. В результате отказа от ожидания переоборудования крана СКР-1500 во II исполнение воздухонагреватели N 1 и 2 были смонтированы и сданы под огнеупорную кладку раньше установленного срока почти на месяц.

Средняя выработка при возведении блока воздухонагревателей со зданием составила 195 кг металлоконструкций на 1 чел.-смену.

На доменной печи металлургического комбината им. Андропова (ДП N 6 НЛМК) и в дальнейшем на других крупных печах полезным объемом  $3200 \text{ м}^3$  и более применялось *новое конструктивное решение наклонной галереи* для подачи шихты на колошник в виде трубы большого диаметра. На ДП N 6 НЛМК она представляет собой трубу диаметром 6 м, общей протяженностью около 320 м и пролетами до 80 м. Стенка трубы выполнена из стальных листов толщиной 10, 12, 14, 16 и 20 мм; внутри трубы с переменным шагом располагаются ребра жесткости из уголка 160x100x10 мм. Наклон галереи  $10,5^\circ$ , а верхняя отметка 63, 5 м. Пролетные строения галереи были разбиты на семь монтажных блоков. Масса блока полной готовности достигала 244 т.

Укрупнительную сборку металлоконструкций галереи производили на площадке укрупнительной сборки. Листовые конструкции пролетных строений подавали на строительную площадку в рулонах шириной 12 м. Каждый рулон массой 60 т состоял из одного полотнища (из расчета на три секции галереи) длиной до 60 м.



Первый и второй блоки установили кранами СКГ-160 грузоподъемностью 100 т со стрелой длиной 50 м и СКГ-100 грузоподъемностью 63 т со стрелой длиной 30 м. Операцию поворота и придания блокам необходимого уклона выполняли гуськом крана СКГ-40. При установке первых двух блоков на опоре их устойчивость обеспечивал временный подкос. Третий блок массой 208 т подняли тремя кранами - СКГ-100 и КС-8161 грузоподъемностью 63 т со стрелами длиной 30 м и СКГ-160 грузоподъемностью 100 т со стрелой 50 м. На краны СКГ-100 и КС-8161 приходилась нагрузка по 59 т и на СКГ-160 - 90 т. Четвертый и пятый блоки монтировали двумя кранами СКГ-160 со стрелами 50 м и одним имевшимся на монтаже центрального узла доменной печи краном СКР-2600 во II исполнении, грузоподъемность которого на вылете 20,5 м достигала 73 т. При подъеме четвертого и пятого блоков на краны передавались нагрузки: на СКГ-160 - по 87 т и на СКР-2600 - 70 т. Шестой блок подняли кранами СКР-2600 и БК-1000 грузоподъемностью 50 т. На опоре для устойчивости трубы вместо расчалок применили временный подкос-распорку, который установили на колонны литейного двора. Для монтажа всей галереи была сооружена только одна временная опора при монтаже первого блока.

*При монтаже конструкций доменной печи N 9 объемом 5000 м<sup>3</sup>* Криворожского металлургического завода впервые в практике строительства домен укрупнительную сборку блоков воздухонагревателей производили вне зоны действия монтажного крана с транспортированием блоков в зону монтажа. Площадка укрупнительной сборки монтажных блоков (воздухонагревателей) высотой 10-11 м и массой 80-100 т размещалась параллельно продольной оси воздухонагревателей. Для укрупнительной сборки на площадке был установлен козловой кран УКП-100-32 пролетом 32 м, высотой подъема 26 м и грузоподъемностью 100 т с двумя (вместо одной) грузоподъемными тележками по 50 т. Одна из тележек передвигалась вдоль ригеля, вторая - была неподвижна и располагалась на расстоянии 5 м от жесткой ноги крана. Площадка была оборудована сборочными стендами, комплектами переставных подмостей, сварочными постами.

Укрупненный блок воздухонагревателя с помощью грузоподъемных тележек козлового крана поднимали и устанавливали на передаточную тележку, выполненную из параллельно спаренных железнодорожных платформ, которую передвигали в зону монтажа по рельсовым путям с помощью двух электрических лебедок грузоподъемностью по 5 т; одна лебедка груженой тележки - тяговая, вторая - возврата освобожденной от блока тележки и тормозная, так как по условиям площадки передаточные пути имели уклон в сторону воздухонагревателей (рис.8).



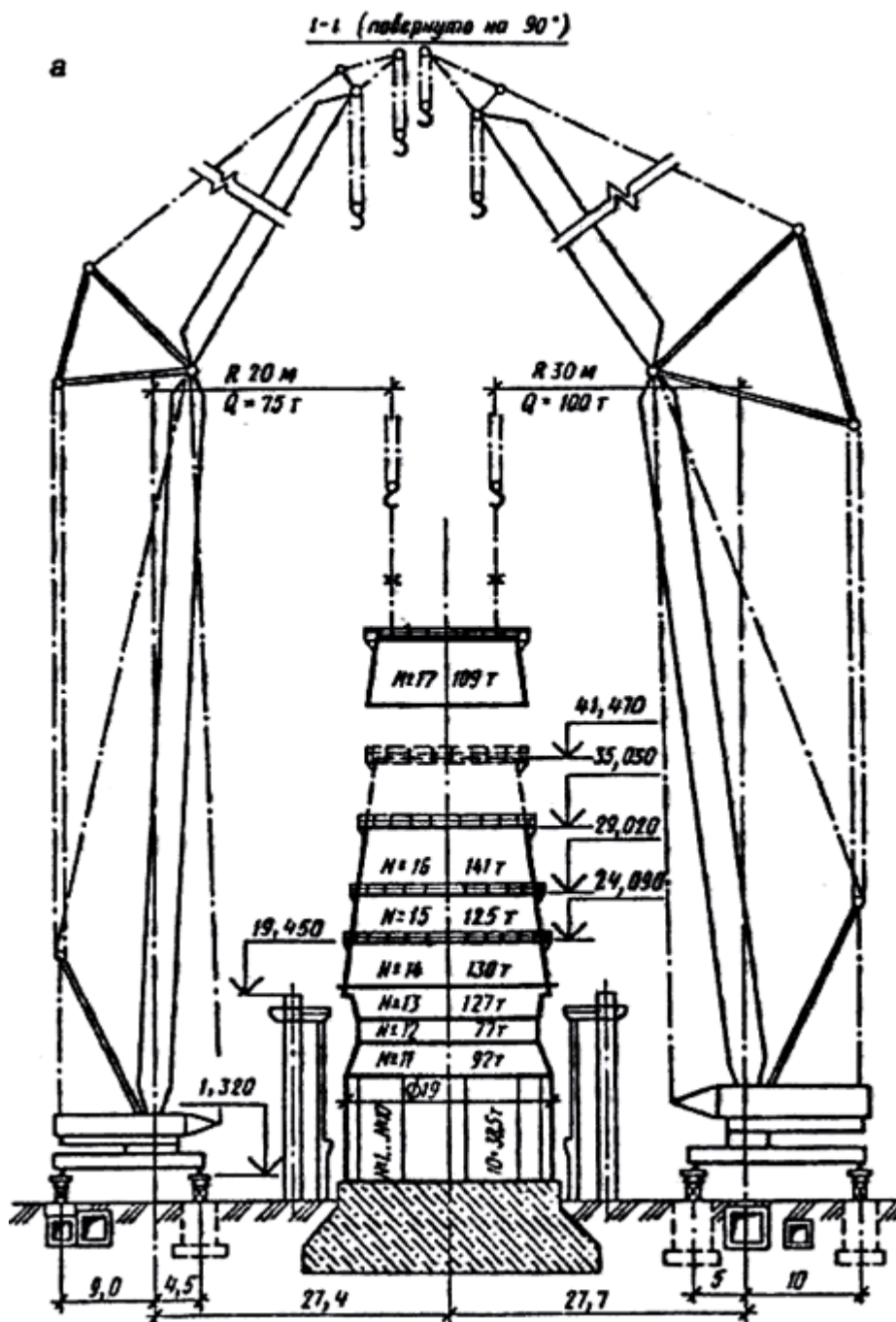


Рис.9. Схема монтажа кожуха доменной печи объемом 5580 м<sup>3</sup>

а - разрез

Для приемки и частичного укрупнения конструкций доменной печи литейного двора, пылеуловителя и установок грануляции шлака были предусмотрены три площадки, оборудованные козловыми кранами КК-32 и К-305Н. Поскольку монтаж конструкций газоочистки доменной печи ограничивал передвижение крана СКР-2600 в зону площадок под козловыми кранами, укрупнительную сборку конструкций, подъем которых предусмотрен кранами СКР, одновременно выполняли на территории литейного двора в зонах между пылеуловителем, доменной печью и зданием управления печью (рис.10, б).

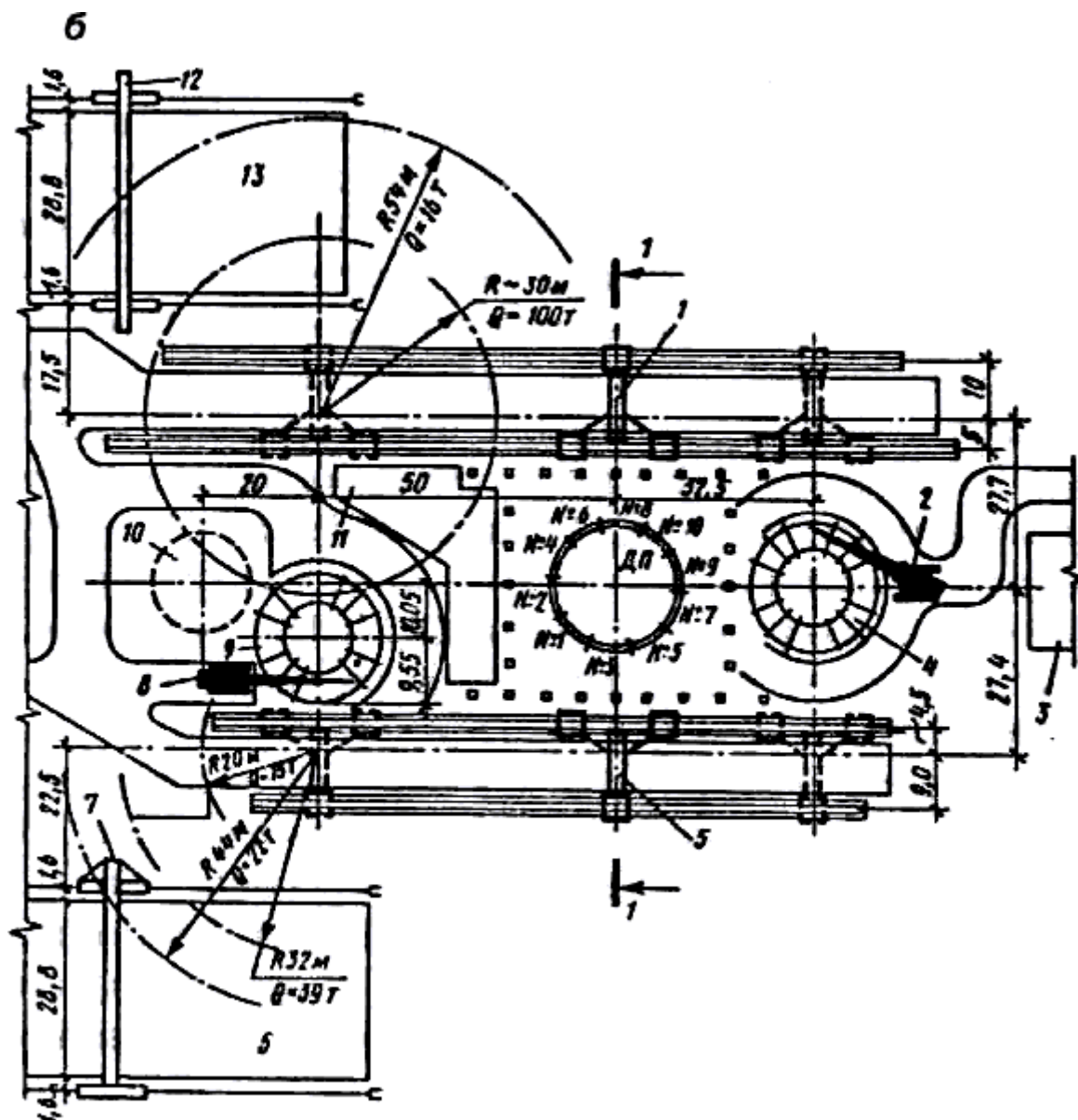


Рис.10. Продолжение рис.9:

*б* - план монтажной площадки; *1* - кран СКР-2600; *2* - кран СКГ-40; *3* - здание управления печью; *4* - стенд N 2 для укрупнения царг кожуха печи; *5* - кран СКР-2600; *6* - площадка N 3 с зоной укрупнения скорлуп горна печи (блоки 1-10); *7* - козловой кран К-305; *8* - кран МКГ-25БР; *9* - стенд N 1 для укрупнения царг кожуха печи; *10* - пылеуловитель; *11* - площадка N 2 для складирования металлоконструкций; *12* - козловой кран КК-32; *13* - площадка N 1 для укрупнения скорлуп шахты печи; N 1-17 - монтажные блоки с указанием их массы

Масса царги кожуха печи (толщина стали 16Г2АФ-Ш 45-60 мм) доведена до 141 т, пылеуловителя (нижний пояс) - до 145 т; подъем царг производился двумя кранами СКР (рис.9, а).

Кольцевой воздухопровод горячего дутья поднимали одним укрупненным блоком с площадкой над фурмами и частью площадок по верху воздуховода (масса 185 т), опорную кольцевую балку литейного двора - также одним укрупненным блоком массой 137 т.

Колонны литейного двора укрупняли попарно с раскреплением их конструкциями площадок, связями по колоннам и фахверка, ригелями кровли с ветроотбойным щитом; масса таких блоков до 100 т. Рабочие площадки литейного двора в зоне между кранами СКР монтировали кранами СКГ-40БС. Для монтажа каркаса литейного двора и конструкций на пылеуловителе использовали также кран СКГ-160.





Рис.11. Схема монтажа воздухонагревателей доменной печи объемом 5580 м(3):

1 - купол воздухонагревателя; 2 - здание воздухонагревателей; 3 - воздуховод горячего дутья; 4 - кран БК-1000; 5 - стальные подкрановые балки по железобетонным фундаментам; 6 - опора камеры горения; 7 - камера горения; 8 - камера посадки; 9 - дымовой боров; 10 - эстакада газозовдухопроводов; 11 - кран СКР-2600 N 2

Площадки укрупнительной сборки царг кожухов воздухонагревателей устраивали в зоне действия крана СКР-2600: в торцах подкрановых путей и их междупутье, а также в зоне строительства станции подачи воздуха горения. Укрупнение скорлуп в царги (из стали 09Г2С толщиной 25-40 мм) производили с применением преимущественно крана СКГ-40БС и автоматической сварки вертикальных швов. Совместно с монтажниками контрольную сборку листовых конструкций воздухонагревателей, совмещая ее с укрупнительной сборкой, выполняли на приобъектной площадке также представители Череповецкого завода-изготовителя металлоконструкций. Укрупненные блоки подавали краном СКР-2600 для установки в проектное положение, при этом максимальная масса блока камеры насадки составляла 108 т, камеры горения - 59 т.

Камеры горения монтировали на балочных клетках специальных опорных устройств с отставанием по высоте от камеры насадки на один или два монтажных блока. Цилиндрические царги камер горения крепили поярсно к конструкциям технологических площадок камер насадки.

Подкупольные коробчатые балки воздухонагревателей с двумя верхними поясами камер насадки и горения укрупняли и сваривали на специальном стенде; монтировали их из двух частей с разрезкой вдоль оси камер насадки и горения (общая масса подкупольной балки с подмостями - 163 т).

Купола воздухонагревателей укрупняли и сваривали непосредственно на укрупненных блоках тех коробчатых подкупольных балок, на которые их устанавливают при монтаже; этим обеспечивалась требуемая точность сборки на высоте. Для сборки и сварки элементов купола изнутри использовали специальный стенд массой 19,5 т. Устанавливали купол воздухонагревателя после проектного закрепления элементов подкупольной коробчатой балки к кожухам камер насадки и горения. Купол монтировали одним подъемом, масса купола с купольными площадками и подмостями - 115 т.

Каркас здания воздухонагревателей монтировали краном БК-1000 укрупненными блоками с конструкциями фахверка и ригелей кровли с фонарем (масса блоков до 50 т); укрупнение вели краном СКГ-40БС.

Выработка по монтажу металлоконструкций блока воздухонагревателей и здания составила 215 кг/чел-смен.

Монтажные работы вели в соответствии с Инструкцией по монтажу стальных конструкций доменных цехов.

Электронный текст документа подготовлен ЗАО "Кодекс" и сверен по авторскому материалу.

Автор: Демьянов А.А. - к.т.н., преподаватель

Военного инженерно-технического университета, Санкт-Петербург, 2011