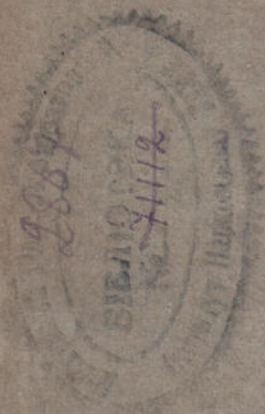


Б-20

11

Инженер Е. С. БАЛИНСКИЙ
Инженер А. Д. ПОПОВ

М О Н Т А Ж МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ СТРОИТЕЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ



ОНИ

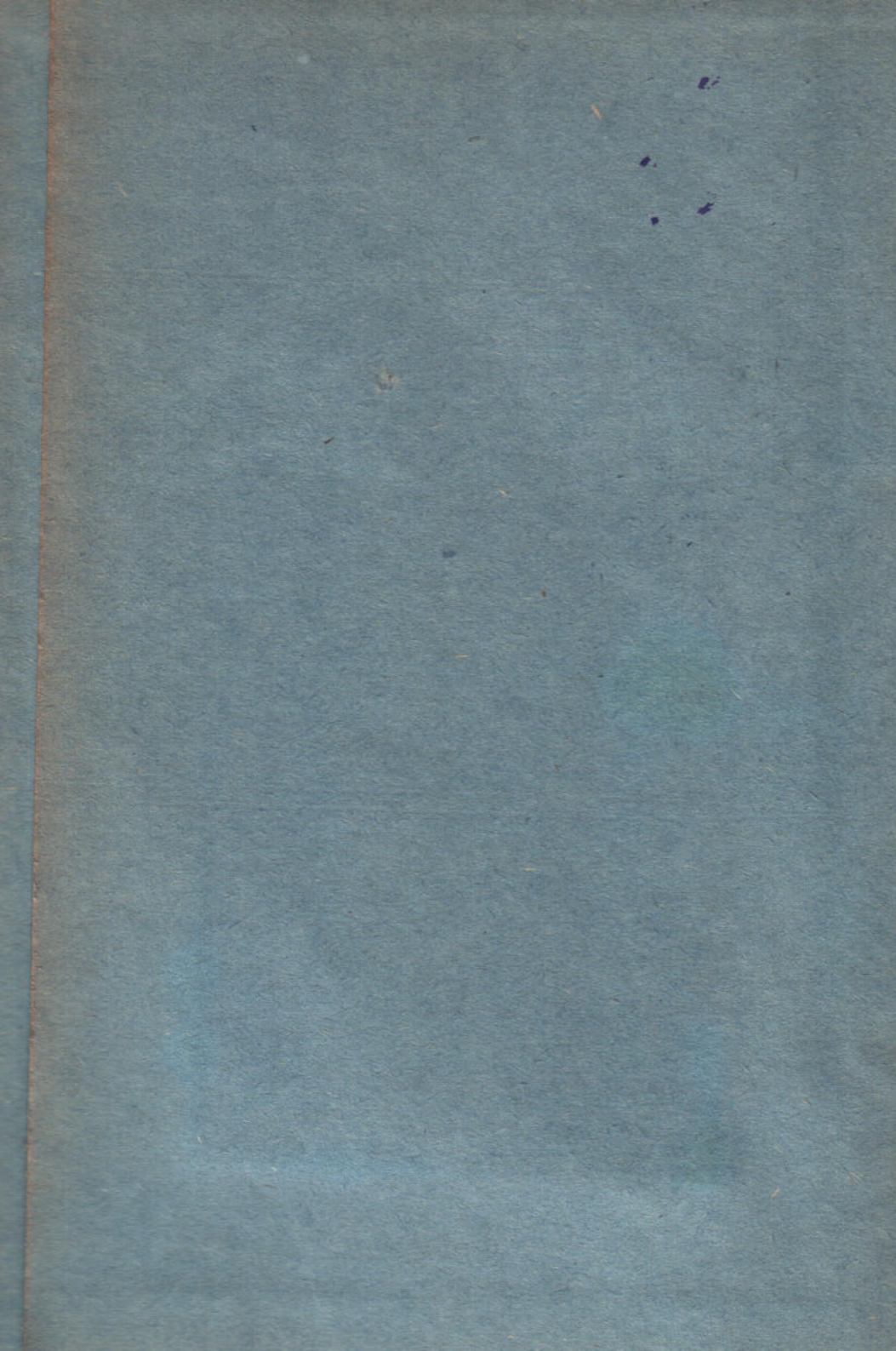
ГОСУДАРСТВЕННОЕ НАУЧНО - ТЕХНИЧЕСКОЕ
ИЗДАТЕЛЬСТВО УКРАИНЫ

НКТП

11

2867

✓



Инженер Е. С. БАЛИНСКИЙ
Инженер А. Д. ПОПОВ

У ~~624.014~~
Б-20 624.083
~~624.083~~ Б-20
Б-20

МОНТАЖ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ СТРОИТЕЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ



Га

проверено
1966 г.



ОНТИ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ
ИЗДАТЕЛЬСТВО УКРАИНЫ
Харьков

НКТП
1937

И

Библиографическое описание этого
издания помещено в „Літописі Укра-
їнського Друку“, „Картковому
Репертуарі“ и других указателях
Української Книжної Палати

22-5-3

Типо - цинкографія Д Н Т В У
Харьков, Суздальск. ряды 18/20.
Уполномочен. Главлита № 874.
Зак. № 1130

Ответственный редактор *Н. Д. Плехов*
Литредактор *А. Г. Левин*
Техредактор *Ф. И. Бергер*
Корректор *М. Е. Сердюк*

Тираж 5.000. 14¹/₈ печ. лист. В печ. листе 48 000 зн. Бум. 60 × 92. Вес 1 метр.
стопы 38 кг. Сдано в набор 21/IV-37 г. Подписано к печати 29/VI-37 г.

ВВЕДЕНИЕ

Монтаж металлических конструкций — по существу отдельная отрасль строительных работ и выполнение их осуществляется либо специальными монтажными организациями, специализировавшимися на монтаже металлических конструкций, либо монтажными отделами строительных организаций, ведущих стройку.

Однако проектировщику металлических конструкций необходимо быть вполне в курсе существующих приемов монтажа, так как при самом проектировании должны быть предусмотрены монтажные стыки и членение конструкций на отдельные элементы, допускающие их удобную установку.

В крупных инженерных сооружениях вопросы монтажа могут иметь влияние также на выбор той или иной схемы сооружения.

Весь процесс монтажа конструкций может быть расчленен на следующие основные операции:

- 1) Погрузка и транспортировка конструкций от завода-изготовителя к месту монтажа и выгрузка.
- 2) Подтаскивание к месту непосредственной установки и сборка перед установкой.
- 3) Клепка или сварка на временных стеллажах.
- 4) Подъем и установка отдельных элементов конструкций.
- 5) Проверка всего сооружения.
- 6) Верховая клепка или сварка.
- 7) Окончательное освидетельствование и приемка конструкций.

Сообразуясь с изложенным порядком, мы даем описание производства отдельных работ, а также оборудования и приспособлений, употребляемых при монтаже.

Приступая к монтажу конструкций надо разработать подробный проект монтажа, без чего не могут быть правильно организованы работы.

Изложение основных элементов проектирования монтажа мы помещаем после описания производства работ, так как без знакомства с ними был бы непоятен процесс проектирования.

1. ПОГРУЗКА, ТРАНСПОРТ И ВЫГРУЗКА КОНСТРУКЦИЙ

а) Погрузка конструкций

Погрузка конструкций на железнодорожные вагоны или другие виды транспорта производится на территории завода-изготовителя, в большинстве случаев располагающего подъемными кранами. Тогда погрузка не представляет никаких затруднений.

При отсутствии подъемных кранов для погрузки должны быть устроены простейшие подъемные приспособления, аналогичные применяемым при подъеме конструкций, речь о них ниже.

При отправке конструкций должно быть обращено внимание на то, чтобы все мелкие части (накладки, планки, стыковые уголки и т. п.) были отправлены вместе с конструкциями.

Для этой цели лучше всего, чтобы все стыковые элементы были прикреплены болтами на своих местах.

Кроме того, все элементы конструкций должны быть замаркированы, т. е. на них должны быть покрашены номера и буквы (марки), на основании которых можно было бы разобраться, куда данные элементы относятся.

Это обстоятельство очень важно для мелких элементов (связей, отдельных элементов фахверка и т. п.), установить назначение которых по внешнему виду представляет большие затруднения.

Отправляемые конструкции должны быть снабжены схематическими чертежами здания с указанием всех принятых марок.

При отправке с завода одновременно конструкций нескольких зданий очень полезно применять окраску их в разные цвета, присваивая частям каждого здания определенный цвет.

б) Транспорт конструкций

Железнодорожный транспорт

Самым распространенным, наиболее удобным и дешевым видом транспорта конструкций является железнодорожный. Основное преимущество его (помимо дешевизны доставки на большие расстояния) заключается в том, что большие размеры железнодорожных платформ позволяют грузить на них крупные части конструкций. Таким образом, при наличии железнодорожного транспорта конструкции могут быть расчленены на более крупные элементы, что позволяет свести до минимума количество монтажных стыков, упрощая и удешевляя монтаж.

Обстоятельство это заставляет пользоваться железнодорожным транспортом даже в тех случаях, когда изготовление конструкций происходит в мастерских, организованных на площадке строительства, и расстояние доставки не превышает 2—3 км.

Даже при таком небольшом расстоянии выгоднее пользоваться ж.-д. платформами, чем какими-либо другими видами грузового или автомобильного транспорта.

Размеры отдельных элементов конструкций, подлежащих транспортировке, должны быть согласованы заводом-изготовителем с организацией, производящей монтаж. Размеры эти зависят от подъемных средств, которыми располагает стройка, и от способов транспорта.

Наибольшая грузоподъемность подъемных приспособлений устанавливает максимальный вес отдельных элементов, условия транспорта, их геометрические размеры.

При железнодорожном транспорте наибольшие поперечные размеры отдельных элементов определяются габаритом подвижного состава. Очертание нормального габарита широкой колеи дано на рис. 1. Высота платформы, т. е. расстояние от головки рельса до верхней поверхности пола вагона, составляет 1292 мм; кроме того, согласно требованию НКПС конструкции должны обязательно укладываться на подкладках.

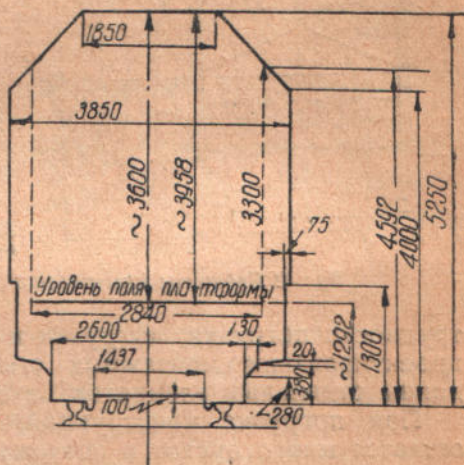


Рис. 1. Нормальный габарит подвижного состава

При высоте подкладки в 250—300 мм полезная наибольшая высота габарита в средней части платформы составит $5250 - 1292 - 250 \cong 3700$ мм. Это есть наибольший размер элемента по высоте при погрузке его в вертикальном положении. Остальные поперечные размеры ясны из чертежа.

У бортов платформы габарит доходит до 3300 мм в зависимости от скоса габаритной рамки.

В исключительных случаях, при необходимости перевозки особо крупных частей конструкций, расчленение которых на элементы меньших размеров представляло бы большие затруднения при монтаже, могут быть допущены отклонения от нормального габарита (указанного выше). Перевозка в этом случае ограничивается специальными правилами НКПС. Размеры этих габаритов даны на рис. 2. Наибольшая длина отдельных частей может быть значительной, так как допускается перевозка конструкций на двух и больше сцепленных платформах. На ри-

сунке 3 показан способ погрузки длинных элементов на трех железнодорожных открытых вагонах.

На дорогах СССР обращаются железнодорожные открытые вагоны различной длины: 6,4; 8,53; 9,14; 10 и 36 м, грузоподъемностью 12,5, 15, 16,5 и 20 т, а также большие четырехосные платформы грузоподъемностью 45,4 т.

Таким образом железнодорожный транспорт допускает погрузку элементов весьма значительной длины, однако, ввиду

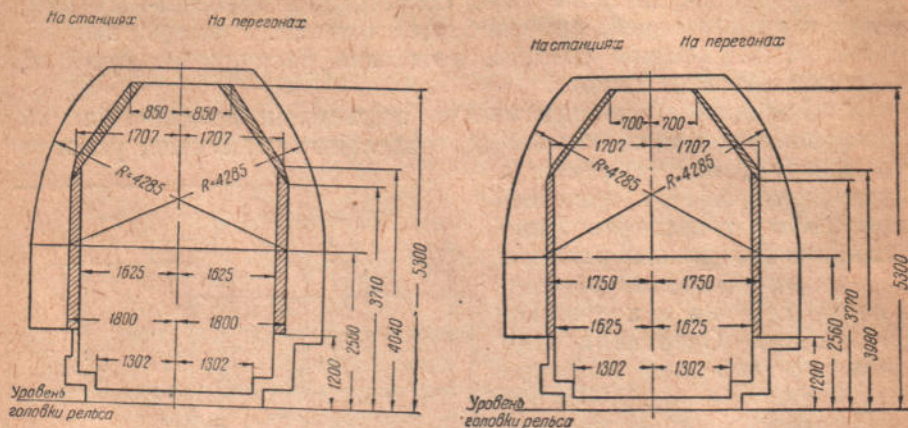


Рис. 2. Габариты при перевозке по специальным правилам

трудности погрузки, выгрузки и дальнейших перемещений, при проектировании монтажных стыков следует придерживаться длины отдельных элементов не свыше 16—18 м.

При погрузке конструкций, вследствие их громоздкости, остается много пустот и поэтому подъемная сила платформ зачастую оказывается неиспользованной.

Только некоторые сплошно-стенчатые массивные конструкции, как подкрановые балки, колонны и др., а также плоские элементы сооружений, как, например, прогоны, листы настилов

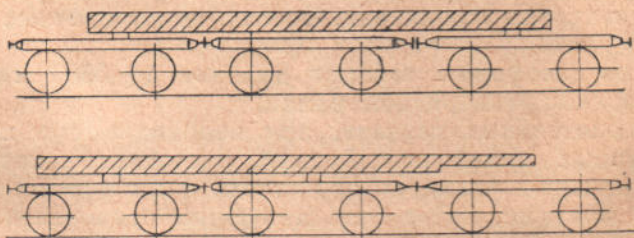


Рис. 3. Способ погрузки длинных конструкций

и др. позволяют использовать подъемную силу до 90%; большинство же решетчатых конструкций в пределах 65—50%.

При перевозке таких неполногрузных отправок железная дорога взимает, помимо установленной тарифной ставки за объявленный груз, еще штраф за недогруз. Этот штраф исчисляется за каждую тонну недогруза в размере 20 руб. в случае, если груз при отправлении взвешивался и 10 руб. за тонну, если взвешивания не было.

Ниже приводятся в виде примера выборки из таблиц тарифных ставок для различных расстояний (в руб. и коп.):

Грузоподъемность в тоннах	Расстояния км				
	241—260	511—540	640—680	850	1000
18	203,40	335,90	410,30	498,50	549,90
14	166,60	274,90	337,90	409,60	451,20
12	148,50	244,80	298,80	362,00	398,50
9	120,30	197,90	241,50	291,70	320,50

Если взять для примера случай наиболее часто встречающегося использования грузоподъемности 12 т на платформу, то, при расстоянии перевозки на 640—680 км, тарифная плата за тонну перевозки составит $298 \cdot 80 : 12 = 24$ руб. 90 коп., добавочная же доплата от штрафа за недогруз на тонну перевозки:

$$20 (18 - 12) : 12 = 10 \text{ руб.}$$

Что надлежит учитывать при отправлениях.

Автомобильный и гужевой транспорт

Следующим видом транспорта, пригодным для перевозки конструкций, является автомобильный. Ввиду его высокой стоимости и необходимости при пользовании им расчленять конструкции на сравнительно мелкие части, этот род транспорта может быть применен только в тех случаях, когда невозможна доставка по железной дороге. Наибольший возможный размер отдельных элементов конструкций должен быть выяснен в каждом отдельном случае в зависимости от грузоподъемности и типа автомобилей.

Так как длина платформы грузовых автомобилей сравнительно невелика, а членение конструкций на элементы небольшой длины затруднительно и вызывает значительный перерасход металла на установку стыковых накладок, при автомобильном транспорте необходимо пользоваться прицепами и специальными автомобилями-тягачами. Наибольшие поперечные размеры конструкций при автомобильном транспорте, кроме размеров самих машин, могут быть ограничены размерами (на шоссе) мостов с ездой по низу. На рис. 4 и в

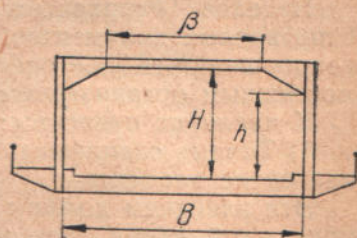


Рис. 4. Габарит шоссейных мостов

таблице даны габариты шоссейных мостов для дорог различного грузооборота и ширины.

Число путей по мосту	Четыре		Три		Два
	A	A	B	B	B
	сильное	нормальное	сильное	нормальное	сильное
Ширина в свету между фермами B	13	11	10	8,5	6,5
Высота проезда H	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5
Высота до скоса h	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7
Верхняя ширина габарита β	11	9	8	6,5	4,5

При назначении длины отдельных элементов, перевозимых на автомобилях с прицепами, надлежит учитывать минимальные радиусы закругления шоссе, что особенно важно для перевозок в горных местностях.

Наконец, третьим видом сухопутного транспорта является гужевой транспорт. Этот вид перевозки является наиболее медленным и несовершенным. Он может конкурировать с автомобилем только при коротком расстоянии возки. Для перевозки этим способом пользуются специальными повозками усиленного типа, аналогичными применяемым при перевозке котлов.

В качестве движущей силы могут быть использованы лошади или тракторы.

Документация отправок

Изделия, отправляемые с заводов-изготовителей, помимо отправочных документов, требуемых железной дорогой, должны сопровождаться еще специальными документами, необходимыми монтажным организациям.

К числу их относятся:

1) Точные спецификации отправленных на каждой платформе или сцепе элементов.

Эти элементы должны иметь такую же маркировку, как и на монтажной схеме сооружения, экземпляр которой монтажная организация должна иметь у себя.

2) Если по условиям перевозки элемент не мог быть погружен в собранном виде, то отдельные детали его и места их присоединения должны иметь специальную маркировку, по которой можно безошибочно произвести сборку элемента на месте.

При этом заводом-изготовителем должны быть составлены и приложены специальные монтажные схемы (сборочные).

3) Если элементы отправляются преимущественно россыпью (как например в мостах), то монтажная организация должна получить полный альбом элементов с эскизами отдельных деталей, указанием их числа и марок.

4) В монтажных схемах должны быть точно обозначены монтажные болты и заклепки.

5) Наконец, должна быть приложена ведомость монтажных болтов и заклепок с указанием их диаметров, длин и количеств каждого сорта и размера. Мелкие детали, как например, стыковые и соединительные планки, накладки и пр. прибалчиваются, во избежание утери, к деталям (при их отправке).

в) Выгрузка металлоконструкций

При организации выгрузки металлоконструкций в первую очередь должны быть фиксированы места выгрузки. Так как монтируемые сооружения занимают собой в плане достаточно большие площади, то доставить конструкции при железнодорожном транспорте непосредственно к месту сборки и установки обычно не представляется возможным. Места выгрузки в этом случае должны быть выбраны таким образом, чтобы, с одной стороны, обеспечить для выгружаемых элементов достаточно места, с другой, по возможности, уменьшить расстояние от места выгрузки к месту будущей сборки и подъема конструкций.

При назначении этих мест должны быть учтены также план строительных работ, расположение строительных материалов, котлованов для фундаментов и других обстоятельств, могущих влиять на удобство подтаскивания конструкций к месту установки.

Выгрузка конструкций может быть произведена двумя способами: подъемными кранами или вручную простейшими подъемными средствами. В первом случае выгрузка не требует никаких специальных приспособлений, кроме подъемного крана и стропов (см. ниже) для подвески элементов конструкций к крюку крана.

Кроме того, бригада рабочих, обслуживающих выгрузку (обычно из 3 человек), должна иметь ломы для небольших перемещений конструкций. Разгрузка при помощи крана настолько ускоряет и удешевляет работы, что на всех крупных стройках организация разгрузки кранами должна быть признана обязательной.

При отсутствии подъемных кранов, во избежание повреждений конструкций при сбрасывании с вагонов, для правильной разгрузки их должны быть устроены специальные приспособления.

Простейшим приемом разгрузки является укладка на край вагона наклонных рельсов или уголков (последние можно применять только при легких конструкциях) по схеме на рис. 5. Находящиеся на вагоне элементы конструкции сдвигаются (по одной штуке) при помощи реечных домкратов и ломов на край вагона, затем на наклонные рельсы, по которым спускаются на землю.

Во избежание сдвига и соскальзывания концов рельсов с края вагона они должны быть надежно уперты в землю своими нижними концами.

Такой прием разгрузки является чрезвычайно длительным, так как требует немедленного оттачивания в сторону по земле уже разгруженных элементов либо перестановки вагона и рельсов для разгрузки следующей штуки. Поэтому такой способ может быть допущен при легких конструкциях и небольшом ежедневном поступлении конструкций на площадку.

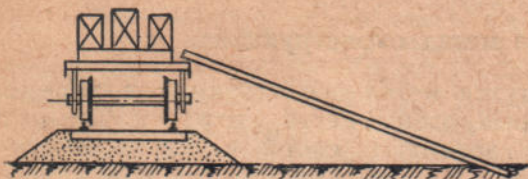


Рис. 5. Приспособление для разгрузки легких элементов

Более совершенное приспособление для выгрузки изображено схематически на рис. 6.

Оно состоит из временных стеллажей, устроенных на одном уровне или немного ниже пола железнодорожных платформ. Стеллажи состоят из ряда рельсов или балок А, расположенных горизонтально перпендикулярно к оси пути на расстоянии двух метров друг от друга. Рельсы эти уложены на прогонах В, к которым они пришиты костылями. Расстояния а между прогонами назначаются в зависимости от веса конструкций с таким расчетом, чтобы при максимальной сплошной загрузке стеллажа конструкциями рельсы или балки не могли прогнуться.

Оно состоит из временных стеллажей, устроенных на одном уровне или немного ниже пола железнодорожных платформ. Стеллажи состоят из ряда рельсов или балок А, расположенных горизонтально перпендикулярно к оси пути на расстоянии двух метров друг от друга. Рельсы эти уложены на прогонах В, к которым они пришиты костылями. Расстояния а между прогонами назначаются в зависимости от веса конструкций с таким расчетом, чтобы при максимальной сплошной загрузке стеллажа конструкциями рельсы или балки не могли прогнуться.

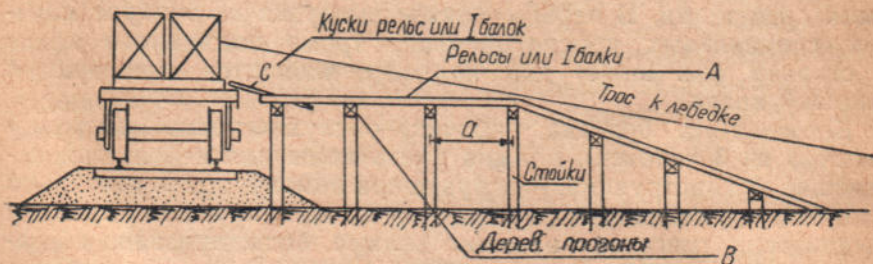


Рис. 6. Приспособление для разгрузки тяжелых элементов

При этом подсчете полагают, что отдельная штука опирается только на два рельса или балки, т. е. что наибольшее давление на рельс может быть равно $\frac{P}{2}$, где P — наибольший вес одной штуки.

Длина стеллажа вдоль пути назначается в зависимости от интенсивности ожидаемого поступления конструкций, времени, потребного для разгрузки, и времени освобождения стеллажей.

Для сдвигания конструкций на стеллаж используются обычно

лебедками грузоподъемностью 2—3 т, расположенными в стороне от стеллажей, и стальными канатами (тросами). Для плавного сдвига с платформы на стеллажи тяжелых элементов под них подкладываются (приподнимают их домкратами) короткие куски рельсов С. Разгрузка производится путем сдвигания конструкций на стеллажи, причем благодаря достаточной их ширине, на них может поместиться один или два вагона конструкций. После разгрузки и освобождения вагона части (не задерживая уже подвижного состава) могут быть сдвинуты по наклонной части стеллажей на заранее приготовленные катки, по которым они подтаскиваются к месту установки. Для разгрузки таким способом требуется при двух лебедках от 8 до 12 человек в зависимости от веса конструкций.

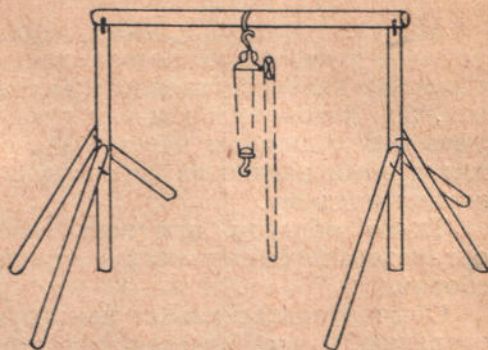


Рис. 7. Приспособление для разгрузки с грузовика

Нормальный перечень оборудования и инструмента, необходимый для обслуживания вагона или сцепления, следующий:

Лебедок грузоподъемностью 2—3 т	2 шт.
Троса стального 16—20 мм длиной 60 м	2 куска
Домкратов реечных 5-тонных	2 шт.
Стропов	2 шт.
Ломов	4 шт.

В случае транспортировки конструкций автомобильным или гужевым транспортом места разгрузки можно расположить гораздо ближе к монтируемому зданию, сводя, таким образом, до минимума затраты на подтаскивание конструкций.

Выгрузку конструкций лучше всего производить при помощи крана. В случае его отсутствия пользуются простейшими подъемными приспособлениями, описание которых дано ниже, либо козлами по рис. 7.

Таких козел устраивают двое, располагая их на расстоянии, равном приблизительно двум третям длины перевозимых элементов. Для разгрузки конструкции завозят под козлы, затем при помощи блоков Людерса (талей), подвешенных к козлам, части приподнимаются с автомобиля. После ухода его конструкции опускаются на катки и оттаскиваются в сторону, освобождая место для следующей партии.

Надо иметь в виду, что при автомобильном и гужевом транспорте, употребляемом обычно на коротких расстояниях, время погрузки и выгрузки составляет значительную долю в общей продолжительности возки.

Обстоятельство это в целях максимального использования дорогих транспортных средств требует хорошей организации разгрузки, расходы на которую всегда окупаются.

2. ПОДТАСКИВАНИЕ К МЕСТУ НЕПОСРЕДСТВЕННОЙ УСТАНОВКИ И СБОРКА

Мы уже указывали выше, что при пользовании железнодорожным транспортом невозможно выгрузить все элементы конструкций непосредственно у места их установки. Равным образом, при автомобильном или гужевом транспорте нельзя избежать необходимости перемещать отдельные элементы по земле для формирования из них отдельных крупных единиц, подлежащих подъему.

Таким образом, при всех видах транспорта должно быть организовано подтаскивание конструкций до их окончательной сборки.

Обычно подтаскивание конструкций выделяется в отдельную операцию и выполняется самостоятельной бригадой рабочих. Только при небольших расстояниях эта операция поручается бригадам сборщиков.

а) Подтаскивание элементов металлоконструкций

Подтаскивание конструкций обычно производится перемещением их волоком при помощи системы лебедок, тросов и блоков. Для уменьшения трения под перетаскиваемые части подкладывают деревянные катки из обрезков бревен диаметром 11—15 см длиной в зависимости от поперечных размеров перемещаемых элементов.

При мягком грунте для того, чтобы катки не загрузали в землю укладывают вдоль движения частей толстые доски (толщиной 40—50 мм). Перетаскивание производится на нескольких катках. Задние катки, освобождающиеся по мере продвижения части, перекладываются вперед.

Подтаскивание частей должно производиться таким образом, чтобы доставленные к месту установки элементы располагались сразу на месте их дальнейшей сборки.

Во избежание частых перестановок лебедок, что всегда связано с расходами и большой потерей времени, при монтаже широко пользуются оттяжными блоками, служащими для придания канатам надлежащего направления. На рис. 8 дана примерная схема расположения лебедок и производства работ по подтаскиванию конструкций на территорию монтируемого цеха. Лебедка A_1 , расположенная осью своего барабана параллельно оси цеха, через оттяжный блок D обслуживает участок $abcd$, подтаскивая на него колонны. Лебедка A через оттяжные блоки B и C обслуживает среднюю часть цеха. Перемещая блок C от одного фундамента к другому и меняя длину оттяжки, можно

подать конструкцию в любую точку между колоннами цеха. Первые оттяжные блоки *B* и *D* привязав их к фундаменту возможно коротким стропом для того, чтобы обеспечить правильное наматывание каната на барабан лебедки.

Для этой цели эти блоки должны лежать приблизительно на перпендикуляре к оси барабана лебедки, восстановленном из ее середины. Расстояние от лебедок до первых оттяжных блоков должно быть не менее 8 м.

При перетаскивании конструкций, имеющих значительные выступающие части (например, колонны с широкими подошвами), применяют специальные сани, подкладываемые под конструкции.

Под сани для облегчения движения подкладываются катки. Сани устраиваются из бревен или брусьев, которые соединяются между собой деревянными распорками и болтами. Конструкция таких саней дана на рис. 9.

Если расстояние подтаскивания значительно и составляет одно направление, часто бывает выгодным устройство для перетаскивания временного пути

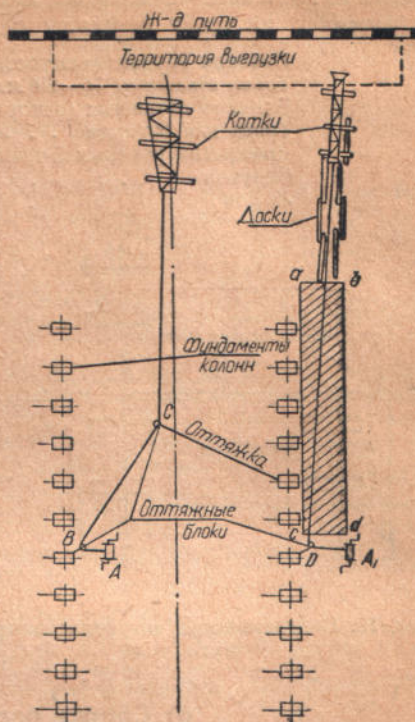


Рис. 8. Схема расположения механизмов и деталей при подтаскивании

из рельсов, по которым элементы конструкций перемещаются со значительно меньшим трением.

Временный путь может быть зашит не на целых шпалах, а на отдельных подкладках длиной около 1 м.

Части в этом случае при перетаскивании располагают перпендикулярно направлению пути по схеме на рис. 10. Для движения лучше всего пользоваться двумя лебедками, действующими на оба конца части.

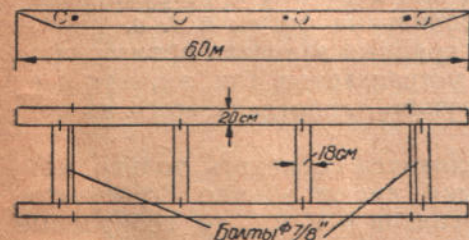


Рис. 9. Сани для перевозки тяжелых элементов

Для перетаскивания конструкций с большим успехом могут быть применены электрические приводные лебедки.

Для перетаскивания конструкций с большим успехом могут быть применены электрические приводные лебедки.

Состав рабочих, обслуживающих при перетаскивании конструкций каждую лебедку (при ручных лебедках), обычно 6—8 человек, из них четыре на лебедке. Нормальный комплект инструмента на одну бригаду следующий:

Лебедок грузоподъемностью 2—3 т	1 шт.
Троса стального 16—20 мм	150 м ¹
Блочков оттяжных (однороликовых)	2 шт.
Троса для оттяжек	30 м
Домкратов реечных 5-тонных	1 шт.
Стропов	1 шт.
Ломов	2 шт.

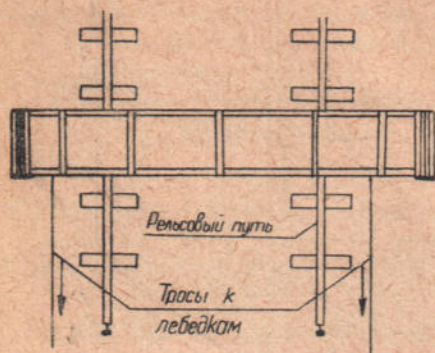


Рис. 10. Подтаскивание по рельсовому пути

При наличии подъемных кранов, могущих легко производить погрузку и выгрузку, выгодно применять для подтаскивания конструкций перевозку их на узкоколейных вагонетках. При небольшом весе конструкций могут быть использованы рамы и ходовые части обычных строительных вагонеток. При большом весе, вагонетки (в виде платформ) должны быть изготовлены в соответствии с наибольшим весом перевозимых деталей.

б) Сборка перед установкой

Конструкции доставляются к месту монтажа расчлененными на отдельные части, размеры которых зависят от условий транспорта и способов разгрузки. Для установки конструкций отдельные части должны быть собраны в крупные единицы, представляющие собой самостоятельные элементы конструкций: колонны, подкрановые балки, стропильные фермы и т. п.

Сборка отдельных частей в крупные элементы производится либо на временных стеллажах, устраиваемых так же, как и на заводах, изготавливающих конструкции, либо чаще всего на подкладках или козелках.

При сборке на монтаже приходится соединять только монтажные стыки. Так как эти стыки имеют обычно ступенчатое расположение частей (листов, уголков и т. п.), то собираемые элементы конструкций приходится сдвигать один по направлению к другому, преодолевая при этом довольно значительное трение.

Для такой сборки очень удобно применение талей (блоков Людерса)² грузоподъемностью 1—1½ т.

¹ При большом расстоянии длина должна быть увеличена.

² Описание их дано ниже.

Такой талью действуют в горизонтальном направлении, привязав помощью стропов крюк ее к соединяемым элементам. После соединения всех частей их тщательно выравнивают таким образом, чтобы не было никаких перекосов или искривлений и чтобы все геометрические размеры элемента были соблюдены. Тщательный надзор за этой операцией особенно важен при сварных конструкциях, в которых обычно отсутствуют отверстия в стыках и где, следовательно, легче всего допустить ошибки при сборке.

После проверки правильного положения отдельных частей, составляющих данный элемент, стыки должны быть окончательно собраны.

В клепаных конструкциях это достигается постановкой всех стыковых накладок, которые должны быть стянуты достаточным количеством сборочных болтов (не реже как через 3—4 дыры).

Болты должны быть хорошо затянуты. Это особенно важно при сборке стыков, состоящих из большого количества наложенных друг на друга элементов (4—5 толщин и больше). В этом случае затяжку болтов проверяют следующим образом: вблизи проверяемого болта производят несколько сильных ударов кувалдой (весом 2—3 кг), после чего болт не должен ослабевать, т. е. при пробе нормальным сборочным ключом гайка болта не должна поворачиваться. Во все дыры должна свободно (от руки) проходить холодная заклепка.

При правильном изготовлении конструкций все дыры монтажных стыков должны быть проверены и рассверлены на заводе-изготовителе.

Таким образом, при правильной сборке все дыры должны сойтись.

Однако при большом объеме монтажа неизбежны случаи несовпадающих дыр. Поэтому площадка работ должна быть обеспечена пневматическим хозяйством, т. е. к месту монтажа должен быть подведен сжатый воздух давлением 6 атмосфер и работы должны быть обеспечены достаточным количеством пневматических сверлильных машин и гибких резиновых шлангов.

При сварных конструкциях все стыковые накладки должны быть поставлены на место (за исключением накладок, прикрывающих швы) и либо прижаты струбцинами, либо прихвачены сваркой в нескольких местах. Во время прихватки накладки должны прижиматься струбцинами, которые могут быть сейчас же после прихватки сняты.

Перед тем, как приступить к клепке или сварке монтажных стыков, конструкции должны быть осмотрены компетентным лицом и приняты. При этом, кроме указаний, сделанных выше, должно быть обращено особое внимание на наличие всех накладок и правильное их расположение *в соответствии с чертежом*. Опыт показал, что очень часто либо вследствие утери

во время перевозки, либо по небрежности сборщиков некоторые стыковые накладки не ставятся вовсе.

Сборка конструкций при монтаже производится обычно бригадами в составе от 4 до 8 человек в зависимости от размера и веса отдельных элементов.

Нормальный комплект инструмента для одной бригады, обслуживающей сборку клепаных конструкций, следующий:

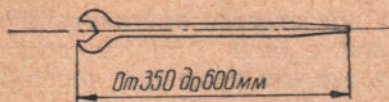


Рис. 11. Сборочный ключ

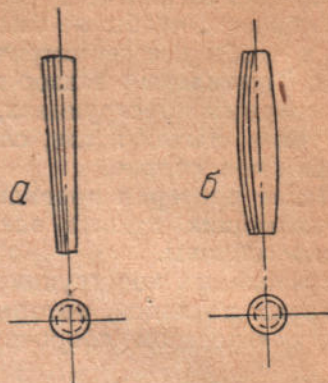


Рис. 12. Оправки конические и проходные

Таль (блок Людерса) грузоподъемностью 1—1½ т	1 шт.
Реечный домкрат 5-тонный	1 шт.
Сборочные ключи (см. рис. 11) размером в зависимости от диаметра болтов	8 шт.
Оправки конические и проходные (см. рис. 12 а и б)	4 шт.
Ручной молоток (слесарный)	1 шт.
Кувалда (весом 2—3 кг)	2 шт.
Ломы	от 2 до 4 шт.
Стропы	2 шт.

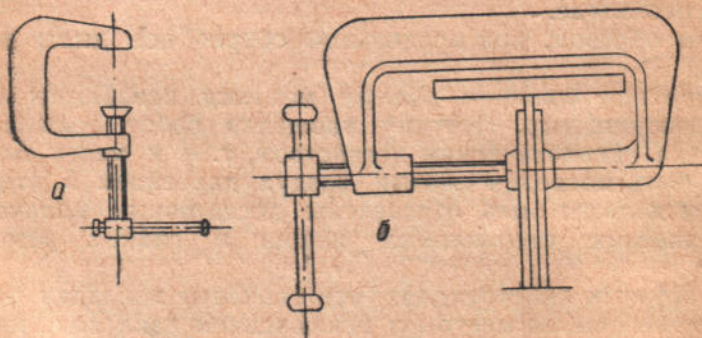


Рис. 13. Струбцины

Для обслуживания сборки сварных конструкций потребный инструмент на бригаду следующий:

Таль (блок Людерса) грузоподъемностью 1—1½ т	1 шт.
Домкрат реечный 5-тонный	1 шт.
Кувалды (2—3 кг)	1 шт.
Струбцины (см. рис. 13)	от 4 до 8 шт. ¹
Ломы	от 2 до 4 шт.
Стропы	2 шт.

¹ При условии немедленной прихватки стыковых накладок.

Кроме того, в распоряжении сборщиков должен находиться электросварщик с соответствующей аппаратурой для прихватки стыковых накладок и соединяемых элементов. Один электросварщик на прихватке может обслужить несколько бригад.

3. КЛЕПКА ИЛИ СВАРКА ПЕРЕД УСТАНОВКОЙ

После сборки и приемки собранных частей приступают к их клепке или сварке.

Клепка на монтаже конструкций производится либо ручным способом, либо пневматическими клепальными молотками. Применение машинной клепки, электрической клепки, или клепки пневматическими скобами, в виду громоздкости необходимых приспособлений, не может быть оправдано.

Клепка и сварка при сборке перед монтажом производится так, чтобы все заклепки или все швы за исключением монтажных были заклепаны или заварены до подъема конструкций.

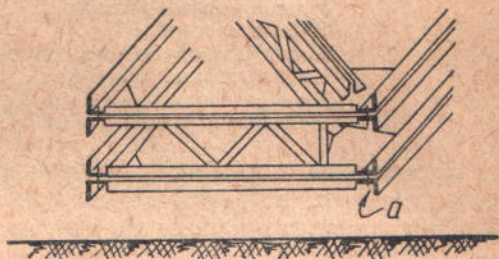


Рис. 14. Конструкции, требующие кантовки

Оставление этих операций незаконченными вызывает значительные дополнительные затраты по производству этих работ на большой высоте, связанные с устройством рештований.

Очень часто, при некоторых типах конструкций, не удается выклепать все заклепки, имея доступ только к одной стороне склепанной части.

Например, в фермах с поясами коробчатого типа по рис. 14 нижний ряд заклепок *a* не может быть выклепан ни сверху, ни сбоку.

В этом случае необходимо перекантовать элементы конструкций после выклепки их с одной стороны. При больших поперечных размерах конструкций (стропильные фермы, высокие решетчатые подкрановые балки и т. п.) эта операция представляет большие затруднения и не может быть выполнена без специальных подъемных средств.

Для перекантовки в этих случаях пользуются либо подъемным краном, либо обычной грузоподъемной мачтой.

Конструкции малых поперечных размеров (колонны, подкрановые балки) могут быть перекантованы при помощи реечных домкратов.

В исключительных случаях, когда количество заклепок подлежащих клепке после перекантовки, невелико, можно их



заклепать во время подъема конструкций, подготовив для этой цели соответствующую бригаду клеपालщиков. Перекантовка конструкций почти всегда необходима при сварных соединениях, так как потолочная варка швов, расположенных снизу, не допускается.

Нормальный инструмент, потребный для одной клеपालной бригады при ручной клепке (бригада из 4 человек), следующий:

Горно переносное с ремнем	1 шт.
Клеши нагревательные для заклепок	1 шт.
Бородки	1 шт.
Оправки (проходные)	комплект
Обжимки	комплект
Клеши обжимочные	2 шт.
Кувалды весом 2 — 2 ¹ / ₂ кг.	2 шт.
Клепальные молотки	2 шт.
Ручной молоток (слесарный)	1 шт.
Зубило слесарное	1 шт.
Косяк (для срубывания заклепок)	1 шт.
Ключи гаечные сборочные	комплект
Вага для поддержки заклепок	1 шт.
Поддержки разной длины	комплект

Комплекты оправок, обжимок и ключей зависят от диаметров заклепок, встречающихся при клепке данной конструкции.

При пневматической клепке состав инструмента несколько меняется; нормально он состоит из:

Горна переносного с ремнем	1 шт.
Клешей нагревательных для заклепок	1 шт.
Бородок	1 шт.
Оправок (проходных)	комплект
Обжимок для пневмат. молотка	комплект
Пневматического молотка со шлангом длинной 10 м.	1 шт.
Кувалды весом 2 кг	1 шт.
Ручного молотка (слесарного)	1 шт.
Зубила слесарного	1 шт.
Косяка для срубывания заклепок	1 шт.
Ключей гаечных	комплект
Ваги для поддержки	1 шт.
Поддержек разной длины	комплект
Состав бригады обычно 3 человека.	

При сварных соединениях сварка осуществляется одним сварщиком со следующим комплектом инструмента:

Маска	1 шт.
Электродержатель со шнуром	1 шт.
Шнур д/соединения второго полюса электросварочного аппарата с конструкцией 1 шт.	
Проволочная стальная щетка	1 шт.
Зубило слесарное	1 шт.
Молоток ручной	1 шт.

Сварщик должен быть снабжен электросварным аппаратом. Наблюдение за электросварочными аппаратами, обслуживающими площадку монтажа, и электрической сетью, подводящей

к ним ток, должно осуществляться электромонтером. После полной склепки или сварки монтажных стыков конструкции должны быть вновь осмотрены, все недостающие заклепки в стыках или других местах конструкций заклепаны. Заклепки или швы неудовлетворительного качества должны быть срублены и заменены новыми. Для руководства при приемке конструкций и контроля качества работы во время монтажа их мы приводим ниже выписку из официальных Технических условий и норм проектирования и возведения металлоконструкций, относящуюся к производству этих работ.

4. ТЕХНИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ НА ИЗГОТОВЛЕНИЕ НА ЗАВОДЕ И В МЕСТНЫХ МАСТЕРСКИХ¹

а) Обработка материала

§ 116. Каждая часть конструкции должна по своей форме и размерам соответствовать исполнительным чертежам и быть изготовлена из материалов, указанных в проекте и отвечающих требованиям настоящих технических условий.

§ 117. Каждый из элементов, работающих самостоятельно или входящий в состав сечения сложного стержня, должен быть прокатан или отлит целиком, поскольку в проекте или при заказе не оговорено, что данный элемент может или должен состоять из отдельных, связанных между собой частей.

§ 118. Материал подвергается обработке или в холодном состоянии, или в нагретом не ниже красного каления.

Всякие воздействия на металл при синем калении воспрещаются.

§ 119. Выгиб и высадку листов и фасонных профилей следует производить в горячем состоянии с последующим медленным охлаждением. Холодная обработка допускается при вальцовке листов и при наличии специальных машин, производящих холодную высадку. После указанных операций на поверхности элементов не должно быть трещин или надрывов; части, расположенные за высадкой, должны плотно прилегать к присоединенным элементам и не пружинить при склепке.

§ 120. Обрезку листов и фасонного железа разрешается производить как ножницами, так и автогенном.

В случае наличия рванин и наплывов после резки автогенном листы и фасонные части должны быть обработаны резцом, фрезой или пилой, зубилом и т. п. Строжка листов применяется лишь в случаях, предусмотренных проектом.

Для частей, закладываемых в бетон, зачистки кромок не требуется.

§ 121. Для обеспечения плотного соединения частей как в стыках, так и по длине элементов все элементы должны быть

¹ Выписка из Технических условий и норм проектирования и возведения металлоконструкций.

тщательно выправлены; торцы и элементы узлов, передающие непосредственно опорное усилие, должны быть отфрезерованы и пригнаны так же, как и торцы сжатых элементов, участвующих в непосредственной передаче усилий. Во всех остальных случаях в стыковых соединениях допускается зазор до 6 мм, если в проекте не указан больший.

Работа по обработке торцов при передаче непосредственного усилия может быть произведена, кроме фрезерования, и иным способом, дающим наибольшую плотность соприкосновения.

§ 122. Стальные отливки должны быть надлежащим образом отожжены. Все поверхности соприкосновения должны быть обработаны согласно проекту; поверхность соприкосновения опорных частей с металлической конструкцией должна быть острогана, поверхность соприкосновения с подферменным камнем может не обрабатываться, если представляет собой плоскость с неровностями, не превосходящими ± 10 мм.

б) Заклепочные сварные и болтовые соединения

§ 123. Разметка производится по шаблонам, согласно исполнительным чертежам. При образовании дыр в металлических шаблонах необходимо пользоваться контрольными кернами.

Металл до разметки должен быть тщательно выправлен. Наибольшая ошибка в расстоянии между центрами смежных дыр по риску не должна превосходить 1,5 мм с тем однако, чтобы расстояние между центрами крайних дыр данного ряда в элементе отличалось от проектного не более чем на 2,5 мм. Отклонения от принятой риски в поперечном направлении не должно выходить из пределов, ограниченных двумя параллельными линиями, проведенными по обе стороны принятой риски на расстоянии 1,5 мм друг от друга и 0,75 мм от принятой риски.

§ 124. В частях металлических конструкций дыры для заклепок или болтов могут быть, соответственно указаниям в проекте, пробиты на полный диаметр или пробиты на меньший диаметр, с последующей рассверловкой до проектного диаметра, или просверлены. Пробивка дыр допускается в элементах толщиной не более 20 мм. Однако дыры ветровых и тормозных связей, диафрагм, решеток планок, заменяющих последние, шайб и прокладок допускается пробивать в элементах толщиной до 22 мм даже в том случае, если вся конструкция рассверливается или сверлится.

§ 125. Наименьший диаметр дыр, пробиваемых в элементах разных толщин, не может быть менее толщины пробиваемого элемента минус 3 мм. Дыры меньшего диаметра должны сверлиться во всех случаях. Диаметр пуансона должен быть меньше диаметра матрицы не более 2 мм. Диаметр пробитой на полный диаметр дыры или пуансона должен быть больше диаметра стержня заклепки согласно указаниям ОСТ.

При пробивке дыр для последующей рассверловки диаметр пробивных дыр должен быть менее проектного на 3 мм для дыр более 17 мм и на 2 мм для меньших дыр. Сверление дыр на полный диаметр допускается при обеспечении совпадений дыр. В противном случае надлежит сверлить дыры диаметром соответственно меньшим проектного.

§ 126. Элементы, поведенные после проколки, должны быть выправлены. Независимо от того, каким способом получены дыры, они должны быть чистыми, без трещин и надрывов.

§ 127. При сборке элементов для рассверливания или для сверления их в соединенном виде надлежит предварительно очистить соприкасающиеся поверхности от посторонних веществ и ржавчины и плотно стянуть их возможно большим количеством болтов или струбцин, во избежание внутренних заусенок.

Если в собранных элементах калибр на 3 мм меньший диаметра заклепки входит не менее как в 70% общего количества дыр, расположенных на одной и той же поверхности, то дыры допускаются к рассверловке.

§ 128. Если количество дыр, пропускающих калибр, на 3 мм меньший диаметра заклепки, меньше 70% общего числа дыр, либо имеются дыры, не пропускающие калибра, на 5 мм меньшего диаметра заклепки, независимо от количества последних следует переходить на больший диаметр и, в случае невозможности перехода на больший диаметр, такой элемент бракуется.

Все дыры должны быть цилиндрическими, и ось их перпендикулярна плоскости элемента. После окончательной рассверловки дыр с неправильной внутренней поверхностью до 1 мм допускается не более 15% в одной группе.

§ 129. Рассверленные, но не склепываемые перед отправкой на место установки, элементы, или рассверленные стыки и вообще места соединений частей с другими должны быть перед отправкой соответственно маркированы.

§ 130. Во всех случаях предпочтительно применение машинной или пневматической клепки.

При неизбежности применения ручной клепки последняя должна производиться настолько быстро, чтобы при прекращении клепки головка заклепки была еще вишнево-красного цвета.

Примечание. Это требование распространяется лишь на заклепки диаметром 17 мм и более.

Для образования второй головки должна употребляться обжимка. Клепка без обжимки не допускается.

Замыкающая головка должна быть правильной формы центрально расположена относительно оси стержня и не иметь зарубок и трещин. Подчеканка заклепочных головок не допускается, за исключением заклепок в резервуарах.

Обжимки не должны врезаться в тело склепываемых частей и в крайних случаях такое врезывание может быть допущено на глубину не более 0,5 мм.

§ 131. Заклепки из специальной или повышенной углеродистой стали во избежание смещения должны быть маркированы: первые буквой *K*, вторые — *У*.

§ 132. Холодная клепка заклепок диаметром более 12 мм в соответственных частях металлических конструкций может быть разрешена только в прикреплении декоративных элементов и пр. Холодная клепка заклепок диаметром более 12 мм для всех частей конструкций допускается при пользовании специальными машинами для холодной клепки.

Ручная клепка запрещается при диаметре заклепок более 26 мм. Длина их должна быть не более 4,5 диаметров.

§ 133. Болты в болтовых соединениях должны плотно заполнять предназначенные для них отверстия, а гайки плотно прилегать к поверхностям соединяемых элементов. При косых опорных плоскостях головки и гайки болтов должны быть снабжены клиновыми шайбами. Разность между диаметром болта и отверстия не должна превосходить 0,5 мм для точеных и 1,5 мм для неточеных болтов.

§ 134. При дуговой сварке разрешается применять как переменный, так и постоянный ток. При переменном токе голые электроды запрещаются.

Необходимо следить за правильным выбором силы тока и напряжения в зависимости от толщины железа. Практически правильный ток характеризуется:

1. Устойчивостью дуги без разбрасывания материала электрода.

2. Плавным стеканием электрода, дающим ровный шов.

3. Хорошим проваром без пережога материала.

Необходимо поддерживать возможно более короткую дугу.

Свариваемым поверхностям, в зависимости от типа соединения, следует придавать надлежащую скошенную форму.

§ 135. Для обработки кромок швов в стык и швов в про-
резях (разделка) разрешается пользоваться газовой резкой. Фланговые, лобовые и косые швы не требуют указанной обработки.

§ 136. Запрещается применение потолочной сварки переменным током, а также голыми электродами при постоянном токе.

в) Предварительная сборка на заводе

§ 137. Предварительная сборка не обязательна и предоставляется на усмотрение заводу-изготовителю, но с тем, чтобы была обеспечена тщательность изготовления в соответствии с проектом.

Конструкция должна быть склепана или сварена на заводе настолько, чтобы отдельные части допускали возможность перевозки и подъема. При этом следует стремиться упростить и ограничить количество работ на месте до минимальных пределов.

§ 138. Приступая к сборке сварных конструкций, необходимо разработать детальный план производства сварочных работ и последовательность наложения отдельных швов, в целях уменьшения и предупреждения дополнительных напряжений, возникающих в процессе сварки (применение обратного ступенчатых стыков и пр.).

Сварку конструкций после сборки ее надлежит производить по приведению ее в состояние, обеспечивающее предусмотренное проектом расположение частей (прихватка к стеллажам, предварительная расстановка ребер жесткости и т. д.). Снятие прихваток разрешается только после полного остывания конструкции. Надлежит избегать производства сварных работ на сквозняках во избежание окисления металла, применяя защитные экраны.

§ 139. В сварных конструкциях следует избегать монтажных отверстий, приваривая временные коротыши или планки с монтажными дырами.

§ 140. Сквозным фермам строительный подъем придается согласно указаниям проекта.

г) Очистка и загрузка

§ 141. Все части металлической конструкции до приступа к склепке и свариванию должны быть тщательно очищены без смачивания от ржавчины и грязи проволочными щетками и скребками, если при заказе не оговорено применение других способов.

Пользование соляной кислотой или другими кислотами для указанной цели разрешается только при наличии надлежащего оборудования ваннами для последующих промывок щелочами и горячей водой и олифления (обязательно в ванне).

§ 142. По окончании всех работ на заводе готовые к отправке части загрунтовываются на олифе, а все швы и стыки и вообще места, где может скапливаться вода, тщательно заполняются мастикой из сурика.

§ 143. Поверхности металлических частей, непосредственно соприкасающиеся с бетоном или кладкой, не олифятся, а, наоборот, тщательно очищаются от олифы и масла и покрываются цементным молоком перед установкой на место.

д) Приготовление частей к отправке

§ 144. Загрунтованные части перед отправкой маркируются, причем составляется маркировочная ведомость, которая сообщается на место работы. При применении в сооружении материалов разного качества, части из разных материалов рекомендуется загрунтовывать в разный цвет во избежание смешения.

Все шлифованные части смазываются салом в предупреждение повреждения их ржавчиной.

§ 145. Для предохранения частей от изгиба при подъеме кранами или перевозке все выступающие или гибкие части следует поддерживать выпуском элементов жесткого профиля или укреплять деревом.

е) Монтажные работы на месте

§ 146. Выбор способа работ по монтажу зависит от возможности и выгодности применения того или иного оборудования. При всяком способе производства работ, в целях обеспечения их успешности и качества, рекомендуется тщательная проработка плана производства работ.

Независимо от принятого способа работ, к монтажу конструкции рекомендуется приступать лишь при обеспечении бесперебойности его как в отношении подготовки монтажных работ, так и в отношении снабжения частями, поступающими от завода-изготовителя.

§ 147. При применении подъемных кранов либо иных подъемных устройств надлежит по возможности сокращать количество работ наверху, производя склепку и сварку конструкций внизу отдельными частями, возможно более крупными в зависимости от мощности подъемных устройств и жесткости конструкции; при этом стыки, подлежащие выклепке или сварке наверху, надлежит выбирать так, чтобы была обеспечена удобная и скорая работа по их сбалчиванию и выклепке или сварке.

§ 148. При выборе способа производства работ необходимо тщательно взвесить все условия таковых, сообразуя применение тяжелого механического оборудования с объемом, срочностью и прочими условиями работ и учитывая, что во многих случаях применение рационально устроенных простых приспособлений и устройств может оказаться выгоднее применения тяжелого механического оборудования особенно при небольшом объеме работ.

§ 149. Правильность положения фундаментов и анкерных болтов должна быть тщательно проверена до приступа к монтажу конструкций, что особенно важно при заделанных болтах.

§ 150. Части конструкции собираются предварительно на болтах, при этом нужно тщательно следить за тем, чтобы положение как отдельных элементов, так и всей конструкции в целом в точности соответствовало проекту.

Для последней цели следует принимать меры к плотному соединению стыков достаточным количеством монтажных болтов; для воспрепятствования смещению стыков рекомендуется применение пробок.

§ 151. При всяком способе производства работ как части собираемой конструкции, так и вся конструкция в целом должны быть обеспечены от появления вредных деформаций и напряжений, опасных для прочности и устойчивости сооружения.

§ 152. К склепыванию или сварке стыковых соединений разрешается приступить лишь после того, как собранным частям конструкции придана геометрическая форма, в точности соответствующая проекту. Для обеспечения надлежащего качества клепки или сварки необходима плотная привертка или обжатие стыков.

Порядок клепки и сварки должен быть таков, чтобы обеспечить работу всех элементов в соответствии с проектом.

§ 153. При применении сварки надлежит следить, чтобы наплавленный металл шва был плотным и хорошо проваренным.

Хороший провар может быть определен осторожным удалением металла шва, например, высверливанием и освидетельствованием его. При наружном осмотре шва не должно быть ноздреватостей, больших неровностей и заметных мест перерывов шва и брызг вокруг него.

При наличии соответствующего оборудования разрешается для проверки качества шва пользоваться применением электромагнита.

Для определения правильности наплывов необходимо иметь металлические шаблоны.

§ 154. Равномерность передачи давления на опоры должна быть обеспечена соответствующей обработкой поверхностей подферменных камней и подливкой цементным раствором.

Прокладка свинца допускается лишь в том случае, если прилегающая к подферменному камню поверхность опорных частей имеет правильную форму, незначительные неровности допускаются только в том случае, если их величина не превосходит толщины подкладываемого листа свинца минус 1 мм.

§ 155. Перед установкой сооружения на опорные части элементы подвижных опор должны быть установлены так, чтобы они заняли проектное положение при работе сооружения.

§ 156. При установке конструкций отдельными крупными частями при помощи кранов либо иных подъемных устройств необходимо особенно обращать внимание на безопасность работ, связывая устанавливаемые части достаточным количеством связей и обращая внимание на достаточное количество монтажных болтов в стыках, а в нужных случаях укрепляя оттяжками, подпорками и пр.

§ 157. При производстве монтажных работ в ночное время должна быть обеспечена хорошая освещенность работ и усилены все меры безопасности производства работ.

5. ПОДЪЕМ И УСТАНОВКА ОТДЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИЙ И ПОДЪЕМНЫЕ ПРИСПОСОБЛЕНИЯ

Подъем элементов конструкций и их установка (постановка на фундамент или соединение с установленными ранее конструкциями) составляет наиболее ответственную операцию в процессе монтажа.

Выполнение этой работы требует специальных приспособ-

лений, простейших при малом объеме работ, вплоть до сложных подъемных механизмов (кранов) при большом весе и количестве конструкций.

До ознакомления с различными способами подъема рассмотрим основные виды подъемных средств, применяемых при монтаже.

а) Пеньковые канаты

Пеньковые канаты, ввиду их быстрого износа и потери вследствие износа значительной доли прочности, применяются на монтаже только для неответственных деталей: стропов при перетаскивании конструкций и выгрузке их, второстепенных оттяжек, подвески подмостей и т. п.

Внешний диаметр пенькового каната d в зависимости от максимального действующего на него усилия P определяется по формуле:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot P}{\pi \cdot 0,66 K}} \quad (1)$$

где: K — допускаемое напряжение на разрыв.

Для нового каната лучшего качества допускаемое напряжение, при 8-кратном запасе прочности, может быть принято равным 160 кг/см^2 , для старого каната значительно ниже, около 60 кг/см^2 .

Ниже мы даем таблицу допускаемых нагрузок и вес пог. метра для разных канатов при 8-кратном запасе прочности.

Пеньковые канаты

Диаметр каната	Вес одного погонного метра	Грузоподъемность при 8-кратной степени надежности		
		Русская пенька	Чесаная пенька	Баденская пенька
13	0,14	130	145	165
16	0,21	200	230	251
18	0,25	254	290	330
21	0,31	314	350	393
23	0,39	416	470	519
26	0,51	531	600	663
29	0,67	660	740	825
33	0,80	855	960	1067
36	0,96	1017	1145	1271
39	1,15	1194	1340	1492
46	1,50	1661	1870	2055
52	1,95	2122	2390	2599

Наиболее употребительными диаметрами пеньковых канатов на монтажных работах являются толщины от 23 до 36 мм.

б) Стальные канаты (тросы)

Стальные канаты, свитые из тонких стальных проволок, благодаря их высокой прочности и гибкости, получили громадное распространение в технике и изготавливаются, в зависимости от назначения, всевозможных типов.

На монтажных работах, а также для кранов, их обслуживающих, применяются стальные канаты, свитые из тонких круглых стальных проволок с пеньковым сердечником. Канаты этого типа свиты из нескольких стренг, а каждая стренга в свою очередь свита из тонких проволок с пеньковым сердечником. Сечение такого каната дано на рис. 15.

Количество отдельных проволок в каждой стренге, а также количество стренг, при выборе канатов для монтажа особой роли не играют. Существенным является толщина отдельных проволок, от которых зависит гибкость каната. Для монтажных работ, где для удобства завязывания узлов и петель требуется большая гибкость, не следует применять канаты с толщиной проволок больше 1,0 мм.

Чем меньше внешний диаметр каната, тем меньше должна быть толщина отдельных проволок.

Материалом для изготовления стальных канатов служит тигельная сталь с временным сопротивлением (в проволоках) от 12000 до 18000 кг/см².

Так как проволоки каната, будучи свиты по винтовой линии, при разрыве, кроме растяжения, испытывают некоторый изгиб, сопротивление каната не может быть подсчитано, как сумма сопротивлений растяжению отдельных проволок.

Стальными канатами почти никогда не пользуются для непосредственного подъема груза. В большинстве случаев для этой цели применяют блоки, через ролики которых проходят тросы. При этих условиях в виду изгиба каната на роликах блока, в проволоках возникают весьма значительные напряжения от изгиба.

Наличие этих напряжений объясняется следующим образом: при прохождении троса через блок проволоки, расположенные по наружной поверхности каната, будут подвергаться удлинению, а по внутренней поверхности, соприкасающейся с ободом блока, сжатию. Мало того, если взять отдельную проволоку каната, то подобное же явление будет иметь место и для ее наружных и внутренних поверхностей.

Если возьмем проволоку толщиной δ , изогнутую по радиусу R (рис. 16), то зона AB будет растянута, CD сжата, а EF нейтральна. Для определения напряжений в проволоке от изгиба проведем $KL \parallel AC$; при незначительной толщине проволоки можно принять $AK = EF = CL$.

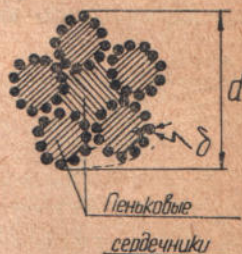


Рис. 15. Сечение проволочного каната

Предположим, что элементы проволоки в сечении OB под углом φ к сечению OA расположатся по линии BD , следовательно, величина KB будет представлять удлинение наружных элементов проволоки, а DL — сжатие. Величина этого удлинения выразится:

$$KB = DL = \frac{\delta}{2} \varphi.$$

Напряжение проволоки, соответствующее этому удлинению, определяется по закону Гука из уравнения:

$$\sigma_{\text{изгиб}} = E \cdot \varepsilon,$$

где E модуль упругости $2.150.000 \text{ кг/см}^2$, а ε — относительное удлинение. Как видно из чертежа

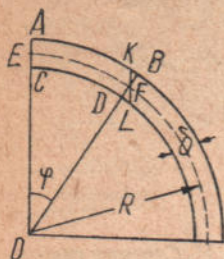


Рис. 16

т. е.

$$\varepsilon = \frac{KB}{EF} = \frac{\frac{\delta}{2} \varphi}{\frac{D}{2} \varphi} = \frac{\delta}{D},$$

$$\sigma_{\text{изгиб}} = E \frac{\delta}{D}.$$

Тогда суммарное напряжение в тросе от растяжения и изгиба выразится формулой:

$$\sigma = \frac{P}{i \frac{\pi \delta^2}{4}} + E \frac{\delta}{D}. \quad (2)$$

Первый член формулы представляет напряжение от растяжения под действием груза P на площадь сечения каната, состоящего из числа проволок i толщиной δ мм, второй член — напряжение от изгиба. Фактически действительные напряжения получаются несколько меньше. Они могут быть определены введением поправочного коэффициента Баха C при втором члене, т. е. по формуле:

$$\sigma = \frac{P}{i \frac{\pi \delta^2}{4}} + CE \frac{\delta}{D} \quad (3)$$

где

$$C = (1/4 - 3/8).$$

для случая, когда трос при работе изгибается в одном направлении, и $C=1$, когда изгиб происходит в противоположных плоскостях.

Отсюда видно, что напряжение в канате находится в большей зависимости от величины $\frac{\delta}{D}$, т. е. отношения толщины

проволами к диаметру блока. Чем больше диаметр блока, тем меньше второй член в формуле напряжения. Для монтажных блоков отношение $\frac{\delta}{D}$ принимают в пределах $\frac{1}{450} - \frac{1}{800}$ для лифтов $\frac{1}{800} - \frac{1}{1800}$ и для шахтных канатов $\frac{1}{1000} - \frac{1}{3000}$. Запас прочности принимают для монтажных работ $n = 6-5$, а для подъема людей $n = 10$.

в) Износ канатов

Какие бы предосторожности при эксплуатации канатов ни принимались, опыты показывают, что с течением времени металл канатов от многократных перегибов вследствие явления „усталости“ разрушается и отдельные проволоки рвутся. В канате получаются так называемые „шпильки“, т. е. острия разорвавшихся проволок, высунувшиеся наружу. Обрывы отдельных проволок ослабляют сечение каната, но влияние этого обрыва, как показали исследования, распространяется не более, как на два шага свивки по одну и другую сторону от места разрыва.

Правилами горных работ допускается до 10% разорвавшихся проволок на 1 пог. м.

На долговечность монтажных тросов громадное влияние имеет уход за канатами, заключающийся в следующем: а) в смазывании бескислотными смазками для предохранения от ржавления; б) в правильной раскатке и уборке каната, не допускающей образования „жучков“ или петель, приводящих к выпучиванию проволок, как это показано на рис. 17. Концы канатов во избежание расплетания должны быть стянуты мягкой железной проволокой по рис. 18; в) в правильном подборе диаметров блоков в зависимости от толщины проволоки.

До настоящего времени не имеется еще твердо установленных правил и признаков негодности каната для службы в зависимости от внешних проявлений его износа, поэтому практический опыт монтажника подсказывает ему время перевода каната на менее ответственные участки работ.

Опыты по определению долговечности канатов производились все же лабораторным путем, причем проф. Бенуа вывел некоторую закономерность, выраженную им приводимой ниже диаграммой (рис. 19), которая и может служить некоторой ориентировкой в данном вопросе. Диаграмма показывает количество перегибов, которое может выдержать канат с определенным коэффициентом прочности при различных величинах $\frac{D}{\delta}$. Зная, следовательно, условия работ этого каната, можно по предполагаемому числу перегибов его за время работ и отношению $\frac{D}{\delta}$ в рабочем такелаже определить и состояние его запаса проч-



18. Способ оплетки концов проволочных канатов

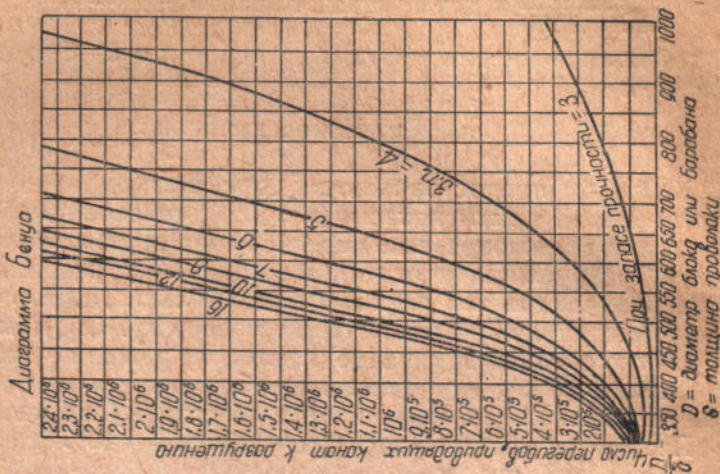
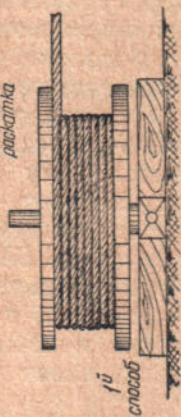


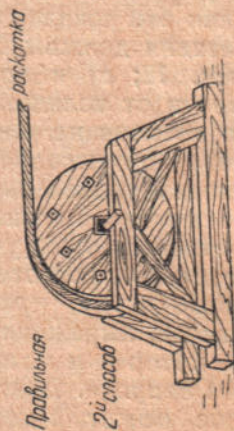
Рис. 19



Неправильная раскатка



1^й способ



Правильная раскатка

2^й способ



3^й способ

Рис. 17. Способы раскатки проволочных канатов

ности в этот момент. Обычно считают перегиб на барабане за 0,5, на блоках же при проходе без изменения направления перегиба за одну единицу, а при изменении его за две единицы. При продолжительности работы каната ежедневно a часов при b операциях в час и при c перегибах за операцию, количество перегибов в год определится $12 \cdot 25 \cdot a \cdot b \cdot c$.

Необходимо всячески избегать запасовки каната на блоках в виде восьмерки. Особенно же надо предохранять канат от соприкосновения с электрическими проводами, при котором канат получает значительные повреждения.

Техника безопасности требует периодического испытания канатов, особенно для грузоподъемных машин (шахтных и кранов).

г) Домкраты

На монтаже конструкций употребляются домкраты двух типов: бутылочные или винтовые и реечные. Домкраты первого типа даны на рис. 20 и 21.

Конструкция их ясна из чертежа. Домкраты эти изготовляются различной грузоподъемности. Основные размеры их даны в нижеприведенной таблице.

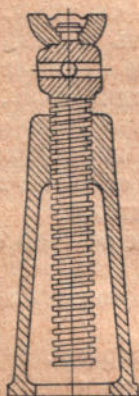


Рис. 20. Домкрат бутылочный без салазок

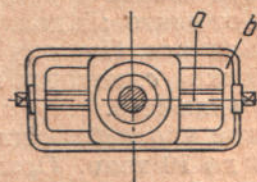
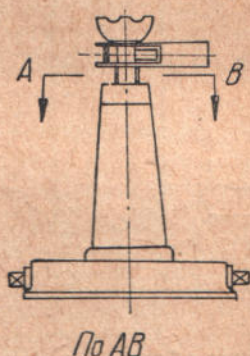


Рис. 21. Домкрат бутылочный с салазками

Размеры и веса винтовых домкратов

Грузоподъемность	5000	7500	10000	12500	15000	17500	20000	25000
Наинизшее положение домкрата мм	430	430	520	520	585	595	640	640
Высота подъема мм	240	240	285	285	330	330	350	350
Диаметр винта мм	50	56	60	62	66	70	76	82
Вес кг	18	19	24	26	32	54	57	59

В тех случаях, когда поднятый на домкратах груз должен быть перемещен на некоторую величину в поперечном направлении, применяются бутылочные домкраты на салазках (паровозные).

Внешний вид такого домкрата показан на рис. 21. Вращая при помощи ключа червяк *a*, укрепленный в нижней рамке *b*, заставляют перемещаться станину домкрата, которая скользит по верхней поверхности рамки вправо или влево.

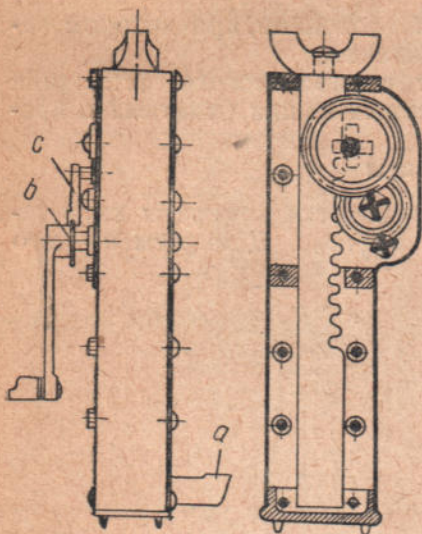


Рис. 22. Домкрат реечный

Реечные домкраты имеют несколько другую конструкцию. В них подъем достигается вращением ручки, расположенной с одной стороны станины домкрата. Чертеж такого домкрата с металлическим корпусом показан на рис. 22.

Очень часто домкраты эти строятся с деревянной станией. Главным преимуществом реечных домкратов перед бутылочными является наличие лапы внизу и быстрота работы при помощи рукоятки.

Лапа *a*, расположенная в самом низу станины, позволяет приподымать конструкции, расположенные на земле, или на небольших подкладках, что особенно важно при выгрузке и перетаскивании конструкций.

Равным образом эти домкраты удобны при сборке конструкций на монтаже.

В отличие от винтовых домкратов реечные обычно не являются самотормозящимися. Поэтому рукоятка их снабжена храповиком *b* и собачкой *c*, которая при работе домкрата должна быть обязательно включена.

На монтаже употребляются реечные домкраты, грузоподъемностью от 3 до 10 тонн. Основные размеры и вес их даны в прилагаемой таблице.

Размеры и веса реечных домкратов

Грузоподъемность в кг	Размеры поперечного сечения зуб. рейки мм	Высота, включая головку, мм	Вес, включая головку, кг
3000	55 × 29	850	—
4000	58 × 33	850	47
5000	62 × 35	850	52
6000	65 × 39	850	65
8000	68 × 42	900	70
10000	72 × 46	910	75

Домкраты, вследствие их малого хода, не могут быть использованы на монтаже как средство для подъема конструкций. Ими пользуются главным образом при разгрузке, перетаскивании и сборке отдельных частей.

Равным образом, они находят применение при окончательной выверке колонн. В этом случае домкраты нередко устанавливаются в наклонном положении, давая, таким образом, горизонтальные перемещения конструкциям.

д) Блоки

Блоки различных типов являются самым распространенным подъемным приспособлением, применяющимся на монтаже повсеместно, и являются основным подъемным средством.

Следует различать два типа блоков.

Блоки цепные (называемые иначе таями) и канатные блоки—полиспасты.

Цепные блоки

Среди цепных блоков наиболее употребительным является так называемый блок Людерса. Схематический чертеж его дан на рис. 23.

В основном этот блок состоит из оси *a* с насаженным на нее цепным колесом *b* и червячного колеса *c*, через зубчатую ось которого перекинута подъемная цепь *d*. Ось *a* имеет на себе тормозной подпятник и червячную нарезку, действующую на червячное колесо *c*.

Через цепное колесо *b* перекинута замкнутая (бесконечная) тонкая калиброванная цепь, при помощи которой вручную приводится во вращение цепное колесо. Червяк, поворачиваясь, вращает червячное колесо, заставляя подниматься или опускаться ветвь *d* подъемной цепи.

Подъемная цепь огибает нижний блок *e* (служащий для подъема груза) и другим своим концом подвешена к обойме тали. Благодаря наличию тормозной пяты на оси *a* блок Людерса является самотормозящимся.

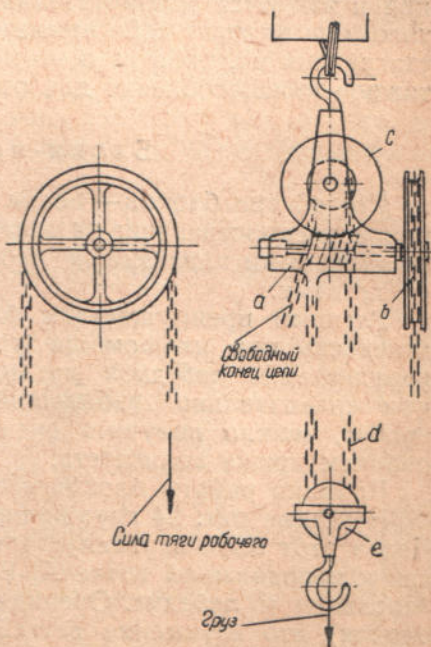


Рис. 23. Блок Людерса

На монтажных работах применяются блоки Людерса грузоподъемностью от 0,5 до 5,0 тонн. Основные размеры их приведены в таблице:

Блоки Людерса

№ блока	Грузоподъемность кг	Вес блока с цепями кг	Длина блока в стянутом положении мм	Примечание
0	300	22	425	
1	500	25	440	
2	1000	35	710	
3	1500	45	820	
4	2000	64	920	
5	3000	80	1010	
7	5000	125	1200	
10	10000	274	1500	

Основными недостатками блоков Людерса является ограниченность подъема и его медленность. Вследствие этого блоки эти не применяются для подъема основных элементов конструкций и являются вспомогательным подъемным средством. Кроме того, они находят себе применение при сборке конструкций для стягивания их, работая в этом случае горизонтально, и как натяжное приспособление для оттяжек.

Блоки-полиспасты

Второй тип блоков — блоки-полиспасты, получили самое широкое распространение на монтажных работах и являются вместе со стальными канатами и лебедками основными подъемными средствами.

Главным преимуществом блоков-полиспастов является возможность при их помощи увеличивать во много раз усилие, передаваемое лебедкой на подъемный трос. Таким образом, при сравнительно небольшой грузоподъемности лебедок и тросов, можно получить очень большую подъемную силу на рабочем крюке полиспаста.

Принцип работы блоков ясен из схем рис. 24, 25 и 26.

На схеме рис. 24 груз подвешен к блоку с одним роликом. Через этот блок перекинут трос, один конец которого прикреплен к неподвижной точке *A*. Второй конец троса через блок *B* направлен к лебедке. Очевидно (если пренебречь трением в блоках), что натяжение ветвей троса у блока *C* будет равно $\frac{P}{2}$ и такое же натяжение троса будет на ветви, идущей к лебедке.

При схеме на рис. 25 вес груза *P* передается на два блока *C* и *C*₁. Очевидно, что на каждый из этих блоков будет дей-

ствовать сила $\frac{P}{2}$; тогда натяжение всех ветвей тросов будет равно $\frac{P}{4}$, и такое же усилие будет действовать на лебедку.

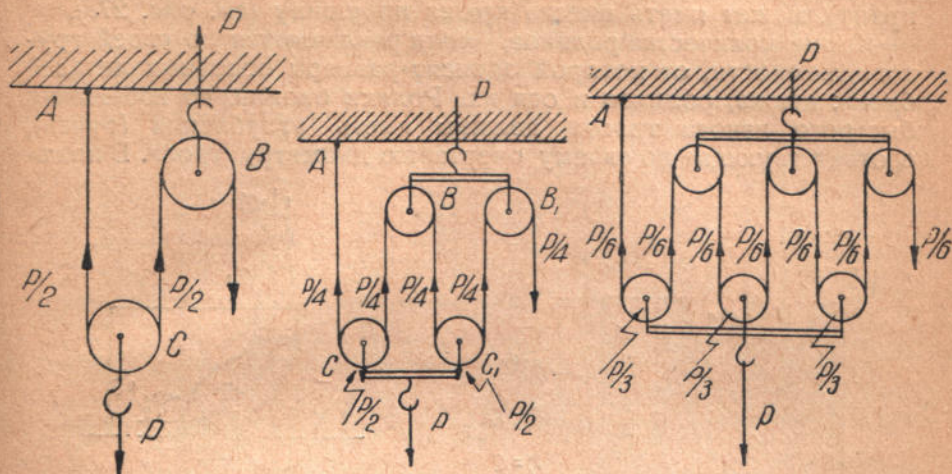


Рис. 24, 25, 26. Схемы действия и работы блоков

Рассуждая совершенно аналогично, приходем к выводу, что при схеме по рис. 26 усилие во всех ветвях и тросе, идущем к лебедке, будет равно $\frac{P}{6}$.

Таким образом, мы приходим к выводу, что при одном ролике у нижнего блока сила, необходимая для поднятий груза, равна $\frac{P}{2}$, при двух роликах

$\frac{P}{4}$, при трех роликах $\frac{P}{6}$. При

любом количестве роликов — n (в одном блоке) мы получили бы силу в $2n$ раз меньшую. В приведенных схемах для удобства рассмотрения равновесия сил мы располагали ролики рядом. В действительности ролики блоков-полиспастов располагаются на общей оси, вследствие чего блоки имеют вид по рис. 27.

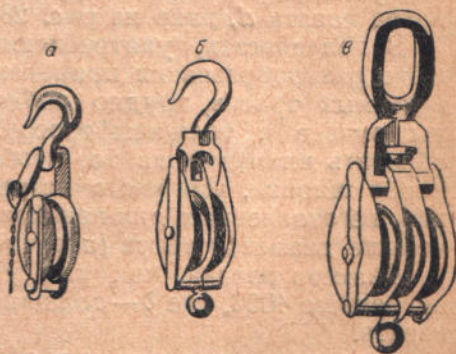


Рис. 27. Конструкция полиспастов

Второй конец троса, который на рассмотренных схемах закреплялся в точках А, обычно привязывается к специальному ушку верхнего блока. Таким образом, комплект блоков-поли-

пастов состоит из двух блоков и троса, пропущенного последовательно через все ролики блоков.

Нижний блок обычно заканчивается крюком для удобного зацепления и снятия стропа, поднимающего конструкции; верхний блок, подвешиваемый к подъемному приспособлению (мачте, крану), может иметь вместо крюка проушину (см. рис. 27в).

Кроме количества роликов, блоки различаются по своей грузоподъемности, от которой зависят размеры основных деталей блока: крюка, роликов и оси их. Ролики блоков, во избежание быстрого износа тросов должны иметь углубления (ручей), соответствующие по своему очертанию диаметру троса. В подь-

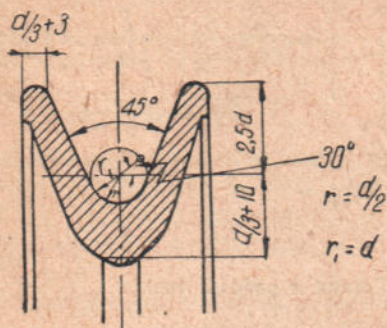


Рис. 28. Очертание ручья ролика

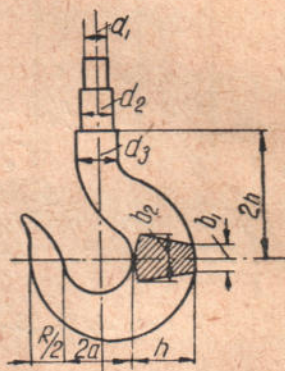


Рис. 29. Типовой блок для подъема грузов

емных кранах, работающих с большими скоростями, это правило строго соблюдается.

Правильное очертание ручья ролика, в зависимости, от диаметра каната d , дано на рис. 28.

В полиспацах, употребляющихся на монтаже, в виду большого разнообразия их применения и различного диаметра применяемых тросов, трудно соблюсти строго соответствие формы ручьев и толщины тросов. Во всяком случае надлежит обратить внимание на то, чтобы ручьи блоков не были чрезмерно широки, что часто встречается при использовании блоков, изготовленных для пеньковых канатов, или слишком узки, меньше диаметра троса (последнее особенно вредно).

Диаметр ролика, как уже указывалось выше, должен быть не меньше 400δ , где δ — толщина отдельных проволок стального каната.

Материалом для роликов обычно служит чугун.

Размеры крюка блока зависят исключительно от его грузоподъемности. Обычно максимальная грузоподъемность обозначается заводом на самом крюке. Однако нередки случаи, когда эти указания отсутствуют.

Для приблизительного определения грузоподъемности крюка,

на основании его размеров, мы даем чертеж типового крюка (см. рис. 29) и таблицу основных его размеров, с указанием максимальной допустимой грузоподъемности. Данные эти предусматривают, что крюк изготовлен из мягкой стали (с временным сопротивлением 35—38 кг/мм²).

Простые крюки (рис. 29)

Грузоподъемность в <i>t</i>	Размер зева крюка 2 <i>a</i> в мм	Сечение А—В			Стержень			Высота гайки мм
		<i>h</i>	<i>b</i> ₁	<i>b</i> ₂	<i>d</i> ₁	<i>d</i> ₂	<i>d</i> ₃	
1	70	70	18	54	³ / ₄	22	25	30
3	80	80	22	66	1 ¹ / ₄	35	40	35
5	90	90	28	84	1 ¹ / ₂	45	50	45
7,5	110	110	34	102	1 ⁷ / ₈	52	60	60
10	120	120	42	126	2 ¹ / ₄	65	75	75
15	150	150	51	150	2 ³ / ₄	80	90	85
20	170	170	59	177	3	85	100	90
25	190	190	66	198	3 ¹ / ₄	95	110	95
30	210	210	71	213	3 ¹ / ₂	100	120	110

Так как остальные детали блока конструируются в соответствии с прочностью крюка, то, определив грузоподъемность на основании его размеров, можно принять эту грузоподъемность за максимальную без проверки остальных деталей.

При рассмотрении схемы работы блоков-полиспастов, мы определяли натяжение каната, необходимое для поднятия груза, пренебрегая трением в роликах. Фактически, благодаря трению и сопротивлению троса перегибу, натяжение каната будет несколько больше.

Если обозначить через η коэффициент полезного действия полиспаста, то натяжение троса Q , необходимое для поднятия груза P , выразится формулой:

$$Q = \frac{P}{m\eta}, \quad (4)$$

где m — число работающих роликов в обоих (верхнем и нижнем) блоках.

Значение коэффициента полезного действия η может быть также определено по формуле

$$\eta = \frac{1}{nx^n} \cdot \frac{x^n - 1}{x - 1}, \quad (5)$$

где x — так называемый коэффициент потерь блока, а n — число блоков (роликов) в системе.

Значение коэффициента x может быть принято:

для пеньковых канатов	1,10
„ цепей	1,06
„ тросов	1,04.

Значение коэффициента η для разных случаев дано в прилагаемой ниже таблице.

Коэффициенты полезного действия канатных (для проволочных и пеньковых канатов) и цепных полиспастов

Число роликов $m =$	2	4	6	8	
Пеньковый канат	$d = 16$	0,91	0,86	0,81	0,76
	$d = 26$	0,88	0,80	0,74	0,68
	$d = 36$	0,84	0,75	0,68	0,61
Цепь	0,93	0,8	0,84	0,80	
Проволочный канат	0,94	0,90	0,87	0,84	

В этой таблице m — число роликов в обоих блоках верхнем и нижнем.

Очень часто, особенно, в начале подъема, а также при подъеме груза двумя или большим количеством мачт, верхний и нижний блоки полиспаста не лежат на одной вертикали. В этом случае натяжение тросов будет больше. При угле между подъемными тросами полиспаста с вертикалью, равном α , и принятых выше обозначениях натяжение троса составит:

$$Q = \frac{P}{m\eta \cos \alpha}, \quad (6)$$

где P — вертикальная составляющая, действующая на нижний блок.

Указанные выше формулы служат для расчета такелажа, необходимого для подъема данного груза.

При этом надо отметить, что один и тот же груз может быть поднят лебедкой и более мощной и более слабой. В первом случае ниток на полиспасте потребуется меньше, но зато усилия в канатах будут больше и они потребуются большего диаметра. Во втором же случае полиспаст надо будет взять с большим передаточным числом, благодаря чему и усилие в тросах будет меньше, а, следовательно, и трос будет тоньше.

Эти соображения приходится применять, если требуется учесть оборудование, уже имеющееся в наличии, и которое необходимо использовать в работе.

е) Лебедки

Для натяжения канатов при разгрузке, подтаскивании, подъеме конструкций и т. п. обычно пользуются лебедками.

В зависимости от рода усилий, приводящих их в действие, лебедки бывают ручными и приводными. В обоих случаях лебедка состоит из барабана, на который при работе наматывается канат, и системы зубчатых колес, передающих движение от

рукоятки или приводного шкива (шестерни) этому барабану. Все эти элементы закреплены в двух железных станинах. Общий вид типичной ручной лебедки дан на рис. 30, 30а.

На монтажных работах не следует применять лебедок с чугунными станинами. Во избежание чрезмерных напряжений в тросе от изгиба следует выбирать лебедки с достаточно большим диаметром барабана. Основным фактором, характеризующим размеры лебедки, является ее грузоподъемность. На монтажных работах применяются ручные лебедки, грузоподъемностью от 1,5 до 10,0 т. Максимальная грузоподъемность всегда обозначена на станине лебедки.

Для ускорения подъема или перемещения конструкций весьма рационально применение приводных электрических лебедок.

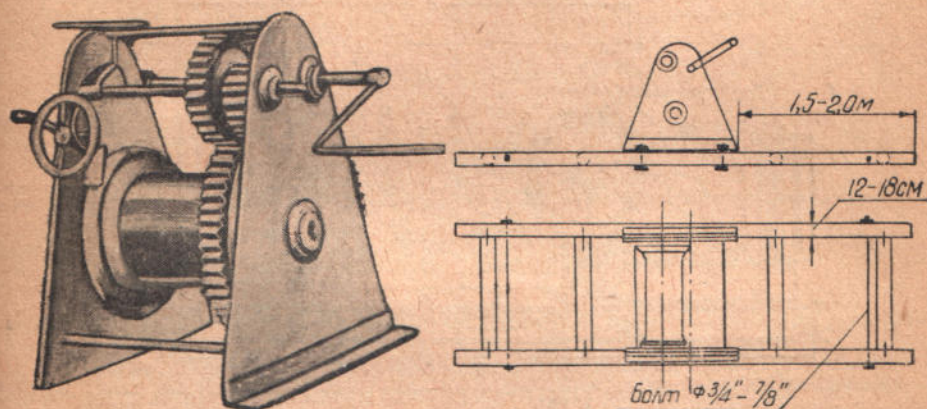


Рис. 30, 30а. Общий вид ручной лебедки

Для небольшой грузоподъемности, до 1,5 т, могут быть применены стандартные фрикционные лебедки строительного типа. Для большей мощности применение фрикционных лебедок опасно; в этих случаях надлежит пользоваться лебедками с зубчатыми передачами, непосредственно сцепленными с шестерней на валу электромотора.

В случае отсутствия на строительной площадке фабричных электрических лебедок с зубчатой передачей, они могут быть легко переконструированы из ручных лебедок. Для этой цели на валу лебедки, несущем на себе рукоятки для вращения, насаживается большая шестерня, которая входит в зацепление с малой шестерней вала мотора. Мотор устанавливается между станинами, над лебедкой на двух швеллерах, прикрепляемых болтами к станинам лебедки.

На рис. 31а дана фотография типичной однобарабанной электрической лебедки. На рис. 31б приведен схематический чертеж и габаритные размеры такой лебедки, а в таблице ее характеристики.

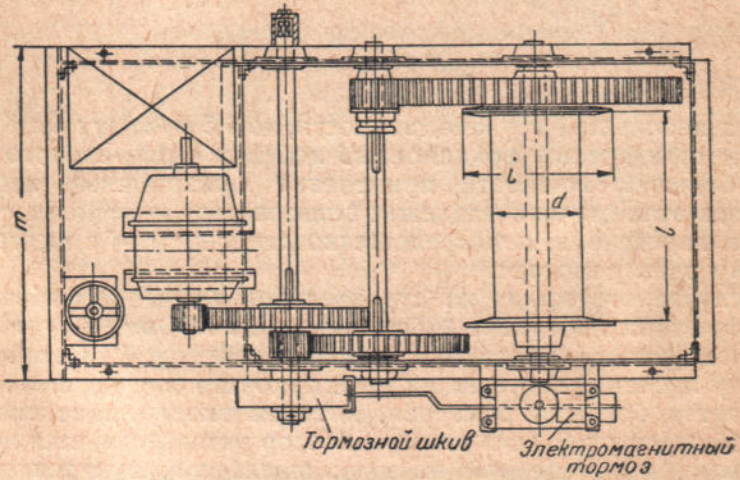
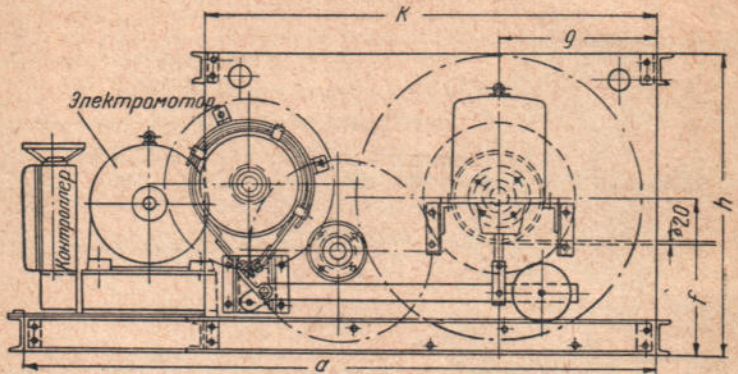
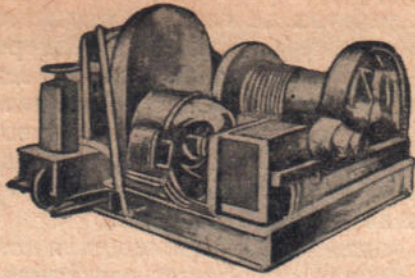


Рис. 31а, 31б. Однотарабанная моторная лебедка

Характеристика лебедки по рис. 31а

Подъемная сила в кг	1000	1500	2000	3000	5000
Скорость подъема в м/мин	13	10	10	8	6
Мощность мотора в ЛС	5	7	7	12	12
Диаметр троса (нормальный) в мм	10,5	12	12	16	20
Полная длина троса, помещаю- щегося на барабане в м	500	450	300	250	200
Полный вес лебедки со всем электрооборудованием в кг	650	700	1000	1330	1800

Однобарабанная лебедка по рис. 31б

Подъемная сила в кг	Р а з м е р ы в мм									Число передач
	<i>a</i>	<i>d</i>	<i>f</i>	<i>g</i>	<i>h</i>	<i>i</i>	<i>k</i>	<i>l</i>	<i>m</i>	
2000	1710	250	490	429	900	450	1290	630	1055	3
3000	2100	300	520	523	1000	500	1500	702	1128	3
4500	2400	350	580	578	1000	550	1800	740	1224	3
7500	2540	420	650	675	1000	720	2000	1000	1500	3
10000	2500	420	650	600	1000	720	2000	1200	1700	3
15000	2800	500	650	660	1050	720	2200	1000	1725	4

ж) Тормоза, их действие и расчет

В деле безопасности подъемно-монтажных работ особое значение имеют те части механизма лебедок, которые предназначены для удержания на высоте поднятого уже элемента или плавного его опускания на необходимую величину.

Эти части механизма, называемые тормозами, должны обладать прочностью своих конструктивных деталей, надежностью действия и давать мгновенный эффект при пользовании ими, но без рывков и опасных сотрясений.

Ввиду того, что аварии, могущие произойти из-за отказа действия тормоза во время подъема, настолько опасны по своим последствиям, то полагаться на один тормозной прибор рискованно, требуется наличие на подъемном механизме двух тормозов разных конструкций. По конструкции тормоза разделяются на:

а) рычажные с прижимными колодками и рычажные ленточные;

б) фрикционные с коническими заточками на ободу и фрикционные — дисковые.

По способу действия тормоза бывают: ручные, автоматические и электромагнитные.

Самый ненадежный, но, к сожалению, наиболее распространенный способ торможения в механизмах при монтажно-строительных работах это ручной тормоз. Главный недостаток его

тот, что здесь все зависит от индивидуальных качеств тормозильщика, его хладнокровия и умения в требуемый момент спокойно и не торопясь оперировать необходимыми частями механизма, в полном соответствии с условиями движения падающего груза.

Если, для наглядности, изобразить графически зависимость между обстоятельствами движения груза при спуске и усилиями торможения в это время, то при правильном торможении это

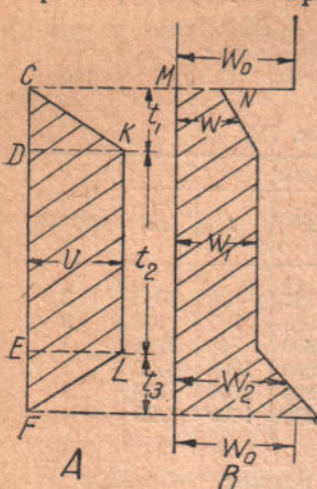


Рис. 32. Графическое изображение зависимости между усилиями торможения и скоростями падающего груза

взаимодействие можно представить в виде графиков A и B (рис. 32).

Если обозначим через t_1 , t_2 и t_3 на диаграмме A отрезки времени, на протяжении которых происходит: начало торможения t_1 , равномерный спуск груза под тормозом со скоростью v (t_2), и, наконец, период усиления торможения (t_3) для полной остановки груза, то, отвечающая им интенсивность тормозных усилий выразится диаграммой B. Как видно из этой диаграммы, начальному периоду t_1 отвечает уменьшение тормозного усилия для растормаживания груза и сообщения ему движения, периоду t_2 соответствует постоянное усилие тормоза, регулирующее равномерное опускание груза со скоростью v . Наконец периоду t_3 окончательное при-
тормаживание.

В период t_1 тормозной момент $w < M$, где M — момент от веса груза. Под влиянием избытка момента груз начнет опускаться, вращая лебедку, пока к концу этого периода w_1 не станет равным M ; в этот момент установится равномерная скорость опускания на протяжении времени t_2 .

Для полной остановки груза тормозной момент должен возрасти до $w_2 > M$ на длине отрезка времени t_3 .

Отсюда видно, что искусство в достижении надлежащих условий торможения не так просто и требует большой опытности и сноровки, так как ощупью должен быть подобран такой нажим на рукоятку тормоза, при котором для каждого частного случая опускания получался бы требуемый эффект. Наиболее опасные моменты, как видно из диаграммы B, в начале и конце торможения, что выражается резкими уступами диаграммы в начальный и конечный периоды. При ослаблении начального тормозного усилия, удерживающего груз, от w_0 до некоторого значения, выражающегося отрезком MN, дающего грузу возможность опускаться, груз начнет приобретать ускорение, поэтому вновь потребуется некоторое увеличение нажатия тормоза.

Подобное же явление видно и в конце торможения по выступающему зубцу диаграммы. Чем меньше зубцы, тем плавнее происходит торможение. В этом случае не происходит толчков и вертикальных колебаний груза, неизбежных при резких изменениях тормозных усилий. Такие колебания и резкие остановки могут развить опасные динамические добавочные усилия в приборах оснащения и привести к авариям.

С целью устранения индивидуальных особенностей человека в процессе торможения предложено много конструкций автоматических тормозов, где торможение идет в полной зависимости от изменения усилий и в полном соответствии с величиной этих изменений в каждый момент.

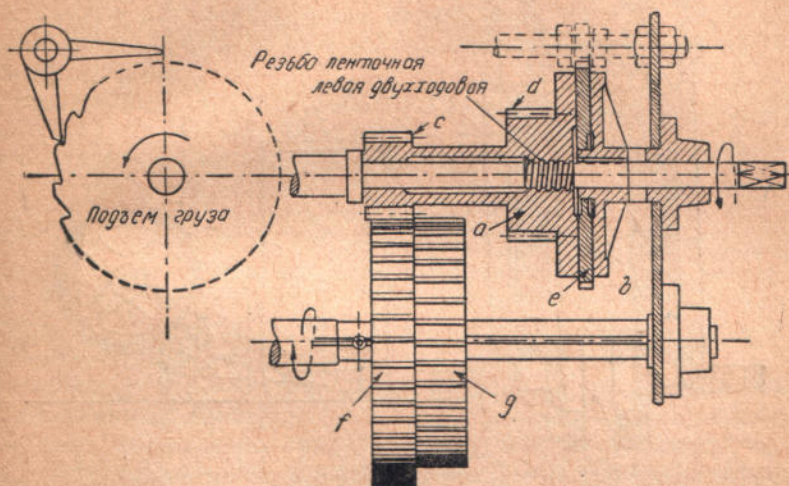


Рис 33. Устройство автоматического тормоза

Типичная конструкция автоматического тормоза, применяемого на лебедках завода „Рабочий металлист“, показана на рис. 33.

Тормоз состоит из двух чугунных дисков *a* и *b*, из которых первый представляет собой цельную отливку с двумя зубчатыми венцами *c* и *d*. Диск *a* навинчивается на рукояточный вал таким образом, чтобы при вращении рукоятки „на подъем“ диск *a* навинчивался на вал, приближаясь к другому диску *b*, посаженному наглухо на вал. Между дисками *a* и *b* помещается диск *e* с храповиком. Диск *e* свободно посажен на валу.

Действие торможения происходит следующим образом: при вращении рукоятки „на подъем“ диск *a* навинчивается на вал и, приближаясь к диску *b*, зажимает между ним и собой храповичный диск *e*, вследствие чего возникает настолько сильное трение, что диск *b* через диск *e* в состоянии передать зубчатке *c*, а следовательно и механизму лебедки момент, действующий на

рукоятку. Лебедка начнет поднимать груз. Если рукоятку остановить,—останется неподвижным весь механизм лебедки вследствие наличия храповика на диске *e*. Для того, чтобы опустить груз, надо рукоятку вращать в противоположную сторону, тогда диск *a* будет иметь стремление развинчиваться и уменьшать зажим диска *e*. Опускание груза будет происходить с такой скоростью, с какой вращается рукоятка, так как, в противном случае, если бы барабан лебедки стал вращаться быстрее, то диск *a* начал бы вновь навинчиваться на вал и скорость опуска-

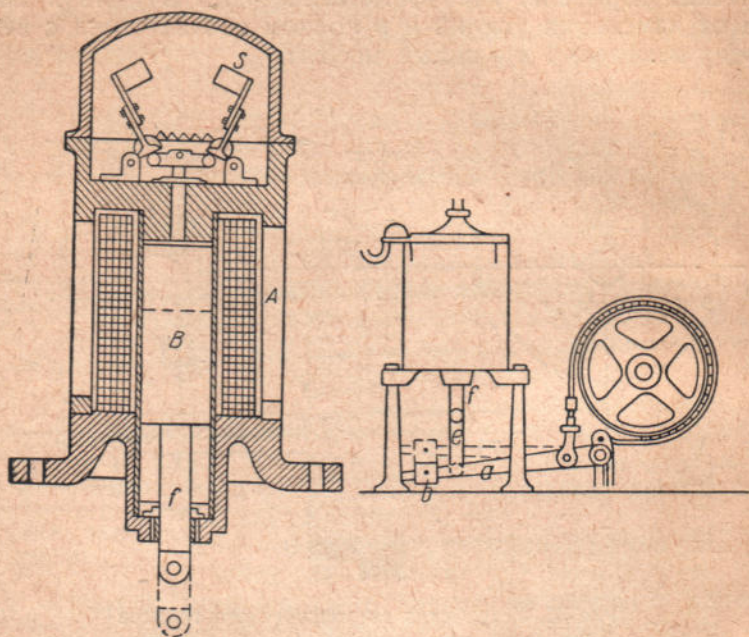


Рис. 34. Электромагнитный тормоз

ния груза уменьшилась бы. Отсюда видна полная автоматичность действия тормоза и возможность регулировать скорость опускания груза скоростью вращения рукоятки.

Для лебедок с приводом от мотора применяются тормоза электромагнитные, обладающие также высокой надежностью и автоматичностью действия.

Электромагнитный тормоз по принципу его действия представлен схематически на рис. 34. Как видно из чертежа, ленточный тормоз с рычагом *a* имеет на его конце противовес *b*, который, опускаясь, производит торможение.

Поднятие рычага и прекращение торможения производится следующим образом.

К концу рычага прикреплена серьга *e*, которая при помощи тяги *f* и насаженного на него сердечника *B* входит внутрь об-

мотки электромагнита A . При замыкании тока во время пуска мотора ток одновременно проходит по обмотке электромагнита A и втягивает в магнитное поле сердечник B , который тянет за собою рычаг и удерживает его все время в поднятом состоянии, пока действует мотор.

Подъем груза, а при обратном вращении мотора опускание его происходят со скоростью соответствующей скорости вращения мотора. Как только ток будет выключен, мгновенно прекращается действие электромагнита, и рычаг тормоза падает, производя немедленно торможение, причем груз не успевает сколько-нибудь заметно опуститься.

Для свободного скольжения сердечника B внутри магнитного поля якоря, сердечник помещают в трубку из немагнитного материала.

Недостатком электромагнитного тормоза является слабое притяжение магнитом сердечника в начальный момент, когда в магнитное поле вступает только малая длина сердечника и чрезмерная сила действия в конце, когда сердечник войдет значительной своей длиной в магнитное поле. Между тем наоборот было бы необходимо усиленное действие магнита в начале и ослабление в конце процесса. Для ослабления удара сердечника о верхнюю крышку устраивается воздушный или масляный катаракт или пружинный буфер.

Ручные тормоза по своей конструкции разделяются на простые, дифференциальные и суммарные. В монтажном деле применяются главным образом ленточные тормоза, теория действия которых рассмотрена ниже. Ленточный дифференциальный тормоз представлен схематически на рис. 35.

Тормозной рычаг имеет неподвижную точку B . В точках A и C , соответственно плечам b и a шарнирно закреплена тормозная лента, охватывающая тормозное колесо o (всегда $a > b$).

На длинное плечо рычага действует усилие G тормозильщика. Уравнение моментов относительно точки B будет при этом

$$G \cdot c + Tb - ta = 0,$$

где T и t соответственные натяжения ленты тормоза.

Преобразуя, получаем:

$$G = \frac{ta - Tb}{c} \quad (7)$$

От разности членов в правой части равенства и происходит название тормоза: „дифференциальный“.

Теоретически зависимость между усилием T набегающего конца гибкой нити (против направления движения) и сбегающего

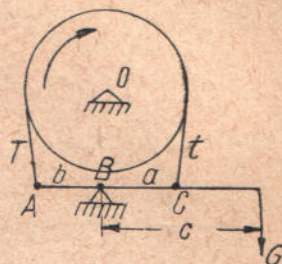


Рис. 35. Дифференциальный тормоз

конца t (по направлению движения), когда нить обвивает поверхность цилиндра, выражается формулой:

$$T = te^{\mu\alpha},$$

где $e = 2,71828$ основание натуральных логарифмов;
 μ — коэффициент трения.

α — угол охвата в радианах, т. е. $\left(\alpha_{\text{радиан}} = 2\pi \frac{\alpha^\circ}{360^\circ}\right)$.

Кроме того по условию равновесия сил при торможении

$$T - t = P,$$

где P тормозное усилие на окружности.
 Из этих двух равенств имеем

$$T = P \frac{e^{\mu\alpha}}{e^{\mu\alpha} - 1} \quad \text{и} \quad t = \frac{1}{e^{\mu\alpha} - 1}.$$

Внося эти значения в формулу (7) и вводя в нее коэффициент полезного действия ленточного тормоза $\eta = 0,95 - 0,98$, получим ее в виде

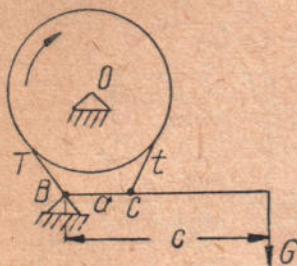


Рис. 36. Простой тормоз

$$G = \frac{P a - b e^{\mu\alpha}}{\eta c (e^{\mu\alpha} - 1)} \quad (8)$$

Обыкновенно принимают, как наиболее выгодные, такие отношения:

$$a = (2,5 - 3) \cdot b; \quad b = (30 - 50) \text{ мм.}$$

Тормоза простые отличаются от дифференциальных тем, что в них плечо $b = 0$ (рис. 36). При этом

$$G = \frac{P a}{\eta c} \frac{1}{e^{\mu\alpha}} = \frac{t a}{c} \frac{1}{\eta} \quad (9)$$

Если изменить направление вращения (против часовой стрелки), то T и t поменяются местами, т. е. в этом случае

$$G_1 = \frac{T a}{c} \frac{1}{\eta} = \frac{P_1}{\eta} \frac{e^{\mu\alpha}}{e^{\mu\alpha} - 1} \cdot \frac{a}{c};$$

при условии, что $P = P_1$ и $G = G_1$, имеем

$$G_1 = G e^{\mu\alpha} P_1 = \frac{P}{e^{\mu\alpha}} \quad (10)$$

т. е. при изменении направления вращения в этих тормозах при том же окружном усилии $P_1 = P$, усилие торможения G_1 будет в $e^{\mu\alpha}$ раз больше, чем при первоначальном направлении вращения. Если при изменении направления вращения сохранить то же самое усилие торможения ($G_1 = G$), то окружное усилие P_1 будет в $e^{\mu\alpha}$ раз меньше, нежели при первоначальном направлении вращения. Следовательно, ленточные тормоза осо-

бенно пригодны для вращения в одном и том же направлении, например, при монтажных работах.

Тормоза, одинаково хорошо работающие при каком угодно направлении вращения, представлены схематически на рис. 37 и 38. В этих тормозах $a = b$. Следовательно формула тормозного усилия представляется в виде

$$G = \frac{P}{\eta} \frac{a}{c} \frac{e^{\mu\alpha} + 1}{e^{\mu\alpha} - 1} = \frac{a}{c} (T + t) \frac{1}{\eta} \quad (11)$$

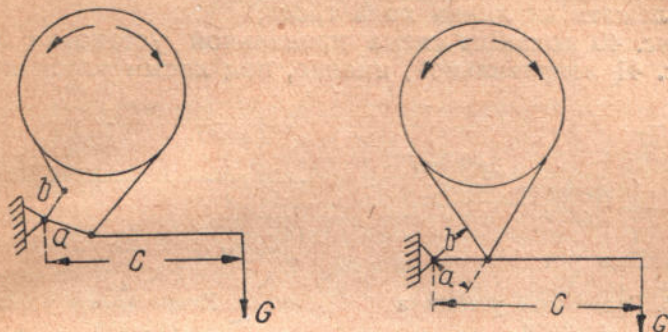


Рис. 37, 38. Тормозы двухстороннего торможения

Тормоза такой конструкции называются суммарными от наличия в правой части равенства суммы двух членов. Применяются они тогда, когда торможение приходится делать при прямом и обратном направлении вращения.

Тормозная лента рассчитывается на наибольшее усилие

$$T = \frac{P e^{\mu\alpha}}{e^{\mu\alpha} - 1}; \quad (12)$$

μ выбирается в пределах 0,18 — 0,50. Причем для расчета ленты μ берется ближе к высшему пределу.

з) Безопасные рукоятки

Обыкновенные, наглухо насаженные на вал рукоятки, что чаще всего встречается на лебедках, применяемых при монтажных работах, служат часто причиной тяжких увечий неосторожных или малоопытных рабочих, поэтому необходимо их заменять безопасными рукоятками, которые работают только при подъеме груза и выключаются при опускании (если только лебедки не снабжены автоматическими тормозами). Конструкция их ясна из рис. 39. Иногда вместо скошенных кулаков сцепление и разобщение делается при помощи храповичка и собачки.

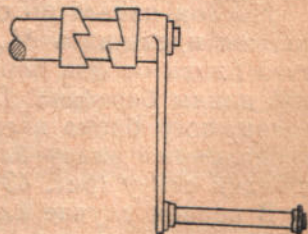


Рис. 39. Безопасная рукоятка

и) Оснащение лебедок. Расчет груза и упора

При оснащении лебедки необходимо обращать особое внимание на правильную набивку каната, который должен ложиться витком возле витка во избежание пережимания каната вышеложающимися витками.

Правильная набивка каната обуславливается правильной установкой лебедки, ось барабана которой должна быть установлена перпендикулярно к направлению каната по выходе его из отводного ролика и при этом середина барабана как раз должна лежать на линии хода троса.

На рис. 40 показана схема правильной установки лебедки, а на рис. 41 неправильной, именно, под косым углом к направ-



Рис. 40. Правильная установка лебедки

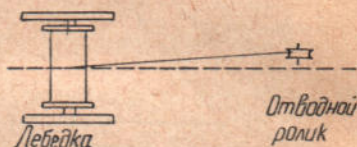


Рис. 41. Неправильная установка лебедки

лению хода троса. В этом случае набивка всегда будет ползти к одной стороне барабана и требуется, искусственно нажимая ломом канат, заставлять ложиться его по всему барабану, что почти никогда не удается, и работа лебедки бывает неправильная.

Такая набивка помимо быстрого износа каната грозит аварией лебедки, так как, при односторонней набивке каната, возникает составляющая, параллельная оси барабана, что может вызвать перекося щек лебедки и валов.

Такие явления приводят зачастую к поломке зубьев шестерен, что может вызвать серьезную аварию при подъеме тяжелых грузов.

Наклон каната по отношению к среднему положению его не должен превышать $\frac{1}{50}l$ (рис. 42), т. е. расстояние оси отводного блока от оси барабана не должно быть меньше 25-кратной длины барабана. Последняя нитка каната, сбегаящая с неподвижного блока вверху, пропускается через отводной ролик, укрепленный внизу ближе к земле и навивается на барабан лебедки снизу (рис. 43), а не сверху (рис. 44).

В первом случае плечо b силы натяжения каната относительно точки закрепления лебедки, значительно меньше чем во втором, следовательно, момент M , стремящийся опрокинуть лебедку, будет также значительно меньше. Обстоятельство это позволит уменьшить количество груза для загрузки задней части лебедки.

Укрепление лебедок производят следующим образом. Подшвы щековин (рам) лебедки прикрепляются болтами к длин-

ным брусьям (деревянными или металлическим швеллерам) таким образом, чтобы концы их выдвигались спереди, а, особенно, сзади, на величину, достаточную для того, чтобы их можно было загрузить. Брусья спереди упираются в забитые в землю коротким сваи или другие упоры, чтобы предохранить лебедку от горизонтального скольжения.

Горизонтальное усилие перемещения определяется усилием конца каната, навиваемого на барабан, или, что то же, сбегającego с отводного ролика. Оно частично уравни-

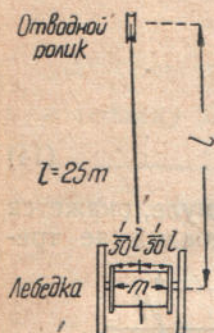


Рис. 42. Схема взаимного расположения лебедки и отводного ролика

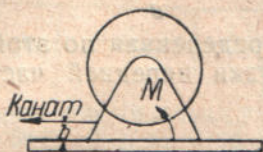


Рис. 43. Правильная набивка каната на лебедку

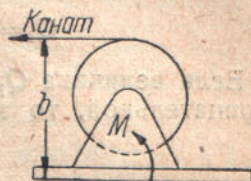


Рис. 44. Неправильная набивка каната на лебедку

вешивается весом оснащенной лебедки с грузом, умноженным на коэффициент трения брусьев о землю. Сопротивление это, однако, для значительных усилий недостаточно и поэтому требует более надежного упора. Иногда лебедки вместо упора в забитую впереди сваю удерживают канатами, завязанными за какой-либо надежный якорь сзади лебедки. Спереди лебедка не загружается балластом за исключением того случая, когда канат с барабана сходит не горизонтально, а под углом. Размер грузов для утяжеления лебедки рассчитывается на основании равенства моментов от усилий, опрокидывающих лебедку, и сопротивляющихся им.

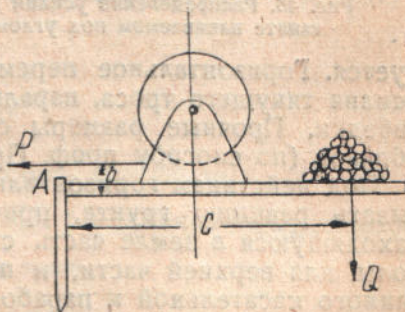


Рис. 45. Схема усилий на лебедке при горизонтальном подходе каната

Для расчета груза сзади лебедки приравняем момент от веса груза Q на плечо c (рис. 45) моменту усилия каната P на плечо b в отношении точки вращения A , в которую упирается лебедка.

Отсюда

$$Q = \frac{P \cdot b}{c} \quad (13)$$

Зная P и b и величину c по длине рамы, на которой укреплена лебедка, легко найти величину Q . Если на лебедку при-

ложено усилие P под углом α (рис. 46), то, кроме загрузки задней части лебедки, может потребоваться загрузка также и для передней части, что выясняется из уравнения моментов действующих усилий относительно точки вращения B . Уравнение моментов будет иметь вид:

$$P_1 c = Q_1 e + Q d + P_2 b,$$

откуда

$$Q_1 = \frac{P_1 c - Q d - P_2 b}{e},$$

или, заменяя слагающие основным усилием P ,

$$Q_1 = \frac{cP \sin \alpha - bP \cos \alpha - Q d}{e}. \quad (14)$$

Если величина Q_1 , определенная по этой формуле, окажется отрицательной, то загрузки передней части лебедки не тре-

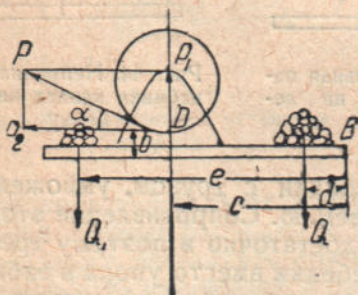


Рис. 46. Распределение усилий при канате навиваемом под углом

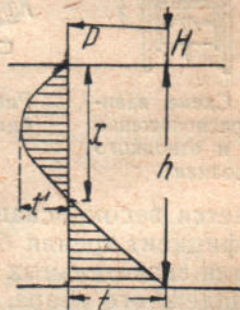


Рис. 47. Эпюра усилий в анкере забитом в землю

буется. Горизонтальное перемещение лебедки, под действием усилия тянущего троса, парализуется забиванием свай впереди лебедки. Прочные размеры свай рассчитываются следующим образом (по способу проф. Прудона).

Под действием горизонтального усилия P свая будет испытывать реакцию грунта, причем распределение давлений на находящуюся в земле часть сваи принимается по закону параболы, для верхней части, и по закону треугольника, образованного касательной к параболе вниз от точки нулевого давления на расстоянии x от земли, как видно на эпюре давлений (рис. 47). Значения t и t' могут быть определены из условия равновесия сил. Величина t давления на грунт определяется по формуле Прудона

$$t = \frac{6(1+4\alpha)}{(16\alpha^2-3)} \frac{P}{dh} = A \frac{P}{dh}, \quad (15)$$

где $A = \frac{6(1+4\alpha)}{16\alpha^2-3}$, α — коэффициент, зависящий от $\frac{H}{h}$, и представ-

ляющий собой отношение $\frac{t'}{t} = \alpha$;

d — диаметр сваи;
 h — глубина забивки сваи;
 P — сила, действующая на конец сваи.
 Наибольший изгибающий момент

$$M = \frac{hP}{16\alpha^2 - 3} \quad (16)$$

Для облегчения пользования формулами Прудон дает готовую таблицу значений α , A и $\frac{x}{h}$ в зависимости от отношения $\frac{H}{h}$

Значения $\frac{H}{h}$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
α	0,650	0,513	0,475	0,462	0,450	0,447	0,446	0,442	0,440	0,439	0,438
A	5	15	30	45	65	95	100	130	160	190	230
$\frac{x}{h}$	0,75	0,66	0,65	0,64	0,64	0,64	0,64	0,63	0,63	0,63	0,63

Давление на грунт не должно превышать:

для слабого грунта 0,27 кг/см²
 „ средней крупности песка . 2,0 „
 „ плотной глины 3,0 „
 „ плотного песка или гравия 5,0 „

Диаметр сваи определится для круглого сечения из значения напряжения

$$\sigma = \frac{M}{w} = \frac{hP}{0,1 d^3} \quad (17)$$

Пример: $P = 1500$ кг, $h = 200$ см, $H = 20$ см.

При этих данных отношение $\frac{H}{h} = 0,1$; по таблице интерполированием значений величин A и α получим

$$A = 6 \quad \alpha = 0,636.$$

Принимая в формуле (15) для t величину 2 кг/см², определим диаметр сваи

$$d = \frac{6,1500}{2,200} = 22,5 \text{ см.}$$

Напряжение же в свае

$$\sigma = \frac{200 \cdot 1500}{(16 \cdot 0,636^2 - 3) 0,1 \cdot 22,5^3} = 74,2 \text{ кг} < 100.$$

к) Подбор грузоподъемности лебедок и расчет мощности мотора

Подбор грузоподъемности лебедок не представляет никаких затруднений и производится по величине того наибольшего усилия, которое возникает в ветви троса, подходящего к барабану лебедки.

Метод определения этого усилия будет указан ниже в главе: „Расчет мачт“. Усилия эти выражаются в тоннах, а выпускаемые с заводов лебедки в своих паспортах имеют указания на тот тоннаж, на который они рассчитаны.

Этот тоннаж и должен отвечать величине усилия в тросе, т. е. быть по крайней мере не менее этой величины. Часто практическим исполнителям работ приходится кустарным способом приспособлять лебедки к механической тяге и подбирать подходящие моторы и передачу.

Этот подбор надлежит производить, руководствуясь следующими соображениями:

Как известно, теоретическая формула, по которой определяется мощность мотора, имеет вид

$$\frac{P \cdot v}{\eta \cdot 75} \text{ для выражения мощности в ЛС} \quad (18)$$

и

$$\frac{P \cdot v}{\eta \cdot 102} \quad " \quad " \quad " \quad " \quad \text{в квт.} \quad (19)$$

Следовательно, для этого необходимо знать: 1) величину P — усилия, действующего на барабан лебедки, которое является в данном случае величиной усилия в тросе, навиваемом на барабан, и 2) скорость v , с которой канат навивается на барабан. В свою очередь скорость v навивания троса зависит от скорости подъема груза и выбранной для работ системы полиспаатов (число блоков). При этом надо принять во внимание, что увеличение скорости влечет за собою в такой же мере и увеличение мощности мотора, а следовательно, и требование особой солидности устройства механизма. Для монтажно-строительных работ установка мощных механизмов вследствие их громоздкости, нежелательна. Поэтому для этого рода работ скорости подъема груза выбираются небольшие: в пределах 0,5 м/мин для ручных 5-тонных, 1,0 м/мин для ручных однотонных лебедок. При 6 нитках полиспаата для мощных и 4 нитках для легких лебедок это отвечает скорости на барабане 3—4 м/мин. Для механизированных лебедок принимается скорость 2 м/мин, для мощных и 3 м/мин для легких лебедок, что при среднем количестве нитей (6 штук) отвечает скорости в барабане от 12 до 20 м/мин.

Зная скорость на барабане и диаметр барабана, можно определить число оборотов барабана в минуту по формуле

$$\pi d \cdot n = v$$

или

$$n \text{ об/мин} = \frac{v}{\pi d}; \quad (20)$$

где d и v выражены в метрах. Зная же число оборотов мотора соответствующего типа, определяем легко общее передаточное число в шестернях лебедки.

Так как по конструктивным соображениям для надлежащего использования силы при передаче от одной шестерни к другой и для прочности зубьев передаточное число между двумя сцепляющимися шестернями для ручной тяги не делается больше 8 (в крайних случаях 10), а для механической передачи не более 6, то на основе этого легко определить и количество передач, так как общая передача равна произведению частных передач.

При грузах особо тяжелых и громоздких, в подъеме которых не должно быть никаких задержек, как напр. мосты грейферных кранов, наклонные мосты доменных печей и пр. прибегают к системе подъема двояными полиспастами и лебедками.

При большом числе ниток, обыкновенно одного полиспаста бывает недостаточно, поэтому приходится поневоле брать два полиспаста, но работу их спаривают, т. е. не применяют два каната и две отдельных самостоятельных лебедки, а берут

один канат и запасывают его, образуя бесконечную навивку на оба полиспаста, а концы этого каната идут на две лебедки.

Из схематического чертежа (рис. 48) ясно видна схема запасовки каната и общей установки такого подъема. Преимущество этой системы состоит в том, что даже при порче одной лебедки подъем не прекращается, только скорость подъема уменьшается вдвое, причем нагрузка на оставшуюся в работе лебедку также не изменяется.

Приведем примерный расчет мотора для частного задания. Вес поднимаемого груза $Q = 15,5 \text{ т}$. Скорость подъема груза $v = 2 \text{ м/мин}$. Полиспаст имеет число ниток $n = 5$. Диаметр барабана лебедки 350 мм.

Мотор с числом оборотов 1400 об/мин. При скорости подъема груза $v = 2 \text{ м/мин}$ и при $n_1 = 5$ (число ниток) скорость

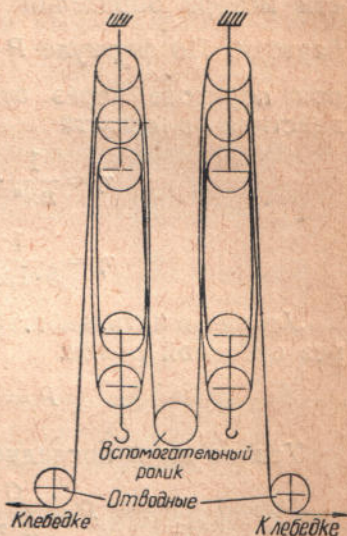


Рис. 48. Схема запасовки бесконечного каната

троса на барабане лебедки будет $v = 2 \times 5 = 10 \text{ м/мин} = 0,17 \text{ м/сек.}$
 При диаметре барабана $0,35 \text{ м}$ имеем число оборотов его

$$n = \frac{v}{\pi d} = \frac{10}{\pi \cdot 0,35} = 9 \text{ оборотам,}$$

при числе оборотов мотора 1400 передаточное число

$$i = \frac{1400}{9} = 155.$$

Передача подбирается таким образом, чтобы конструктивное передаточное число лебедки вместе с добавочной передачей от мотора составило требуемую величину. Для исчисления мощности мотора определим усилие в нити троса, набегающего на барабан. По формуле $P = \frac{Q}{n \cdot \eta} \cdot 1,10$, где $1,10$ —коэффициент потери при переходе через отводной ролик, коэффициент полезного действия полиспаста

$$\eta = \frac{1}{n x^n} \cdot \frac{x^n - 1}{x - 1}, \text{ где } x = 1,04;$$

$$\eta = \frac{1}{5 \cdot 1,21} \cdot \frac{1,21 - 1}{1,04 - 1} = 0,875.$$

Усилие в нити, набегающей на барабан после прохода ее через отводной ролик:

$$P = \frac{15,5 \cdot 1,10}{5 \cdot 0,875} = 3,93 \text{ т.}$$

Усилие же в последней нити блока (до отводного ролика)

$$P = \frac{Q}{n \cdot \eta} = \frac{15,5}{5 \cdot 0,875} = 3,57 \text{ т.}$$

Мощность мотора определится по формуле

$$\frac{P \cdot v}{\eta_1 102} = \frac{3930 \cdot 0,17}{0,8 \cdot 102} = 8,2 \text{ квт.}$$

Здесь

- η_1 — коэффициент полезного действия лебедки;
- P — усилие, выраженное в килограммах;
- v — скорость в метрах в секунду.

л) Мачты. Расчет. Стыки. Усиление

Мы рассмотрели различные виды подъемных средств, применяемых на монтаже. Все они, за исключением домкратов требуют опорной точки, расположенной на достаточной высоте для подвески к ней блока.

Эта точка должна быть расположена непосредственно над центром тяжести поднимаемой части.

Существует много типов различных приспособлений для установки блоков. Каждое из них имеет свои недостатки и преимущества. Выбор того или иного типа этих приспособлений зависит от ряда причин и должен быть решен в каждом отдельном случае, в зависимости от типа конструкций, их веса, высоты, порядка установки и т. п. Мы рассмотрим в последовательном порядке различные виды этих приспособлений и дадим основные соображения об условиях, заставляющих применить тот или другой тип.

Простейшим приспособлением для подъема является мачта, к верхушке которой подвешивается верхний блок полиспаста. Для удержания мачты в вертикальном или немного наклонном положении она расчалывается не меньше чем тремя, а лучше четырьмя расчалками, прикрепленными к верхнему ее концу. У земли расчалки прикрепляются к неподвижным точкам (фундаментам, уже установленным конструкциям и т. п.) или специальным анкерам. Трос от верхнего блока идет вниз вдоль мачты до оттяжного блока, расположенного у основания мачты, и, пройдя через него, направляется на лебедку.

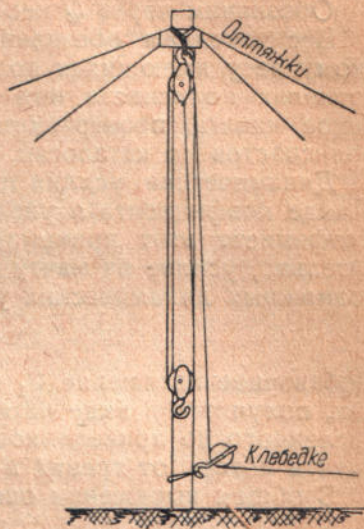


Схема простейшей мачты дана на рис. 49.

Рис. 49. Общий вид оснащенной мачты

Употребляемые на монтаже мачты бывают деревянные и металлические. При небольшой высоте подъема и малом весе конструкций выгоднее деревянные мачты, как более легкие и, следовательно, более удобные для перестановки.

Помимо усилия от непосредственного веса поднимаемого груза мачта при работе испытывает еще напряжения от целого ряда воздействующих на нее факторов, которые для грузов большого веса и значительной высоты мачты приобретают настолько заметные размеры, что пренебречь ими становится невозможным.

Установление этих факторов и влияния каждого из них на мачту, а также методология расчета металлических мачт из цельнотянутых труб и мачт решетчатых приводится ниже.

К числу дополнительных вертикальных усилий, действующих на мачту, относятся:

1) вес такелажа, т. е. полиспастов и той длины канатов, которые запосадованы в полиспастах в начальном положении при подъеме груза;

2) динамические усилия, появляющиеся от раскачивания груза и вызываемые толчками или резкими нарушениями режима

подъема, а также отводом конструкции от мачты при наводке на стыки, что чаще всего бывает при наивысшем положении груза на мачте;

3) вергикальная слагающая от усилий в растяжках, удерживающих мачту, включая добавочные усилия, вызываемые в них от действия эксцентрического подвешивания груза и действия ветра;

4) добавочное натяжение в подъемном тросе в последней его нитке, вследствие трения в блоках и жесткости троса.

Обозначим через Q вес поднимаемого груза.

Вес такелажа обозначим q . Определяется он по фактическому весу имеющихся полиспастов и отрезку длины каната в пределах полиспаста при предположительно выбираемом диаметре каната, проверяемом затем расчетом, или же по весу полиспастов по каталогам.

Динамические усилия при подъеме обыкновенно принимают в виде коэффициента a увеличения веса $Q + q$ груза и такелажа. Коэффициент этот принимается в пределах (1,15—1,40). Следовательно, усилие на мачту от веса груза и полиспаста с учетом возможных динамических усилий выразится в виде

$$a(Q + q). \quad (21)$$

Добавочное натяжение Q_1 в канате, вызываемое трением в блоках, получится в виде натяжения в последней нити каната, вычисленного по приведенной выше формуле (4) с учетом коэффициента потерь от трения в блоках.

В общем выражении оно будет иметь вид:

$$\frac{a(Q + q)}{m \cdot \eta} = Q_1, \quad (22)$$

где m — число роликов в полиспасте.

Натяжение в вантах определяется по изгибающему моменту, действующему на мачту, вследствие эксцентричности приложения усилия. Обозначим эксцентрицитет подвешивания груза e (расстояние между центром мачты и точкой подвески верхнего блока полиспаста). Изгибающий момент представится в виде формулы

$$N = \left[a(Q + q) + \frac{a(Q + q)}{m \cdot \eta} \right] e = e \cdot a(Q + q) \left(1 + \frac{1}{m \cdot \eta} \right). \quad (23)$$

(Величина в прямых скобках выражает собою силу, передающуюся на верхний блок).

Натяжение задних вант от этого момента при высоте мачты H и угле α , образуемом вантом с поверхностью земли, выразится формулой $S = \frac{N}{H \cos \alpha}$. Формула выводится из условия равенства моментов усилий, как видно из схемы рис. 50, относительно точки A :

$$S \cdot n = N \text{ отсюда } S = \frac{N}{n}, \text{ но } n = H \sin(90 - \alpha) = H \cos \alpha,$$

Прибавляя к этому начальное усилие в вантах n^1 , принимаемое в зависимости от степени их натяжения и высоты мачты, в пределах 0,3—0,5 m и, считая в запас прочности начальное натяжение во всех четырех вантах, получим выражение для усилия в вантах

$$(3-4)n_1 + \frac{N}{H \cdot \cos \alpha},$$

причем направление этого усилия совпадает с направлением ванты.

Вертикальная слагающая этого усилия, действующего по оси мачты, выразится формулой:

$$(3-4)n_1 \sin \alpha + \frac{N}{H} \operatorname{tg} \alpha = S. \quad (24)$$

Наконец, усилие от ветра определяется по приблизительной площади поднимаемого груза, подверженной действию ветра m^2 и давлению ветра на m^2 , принимаемому в 50 $\text{кг}/m^2$.

Площадь, подверженная действию ветра для сквозных конструкций (строительных ферм и т. п.), может быть определена как полная площадь фермы по контуру, умноженная на коэффициент сплошности, который имеет значение:

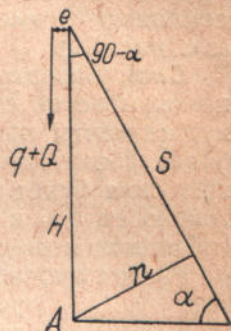


Рис. 50. Эпюра усилий в вантах

Для сквозных плоских ферм с треугольной или раскосной решеткой	0,3
То же со шпребельной решеткой	0,4
Для двухстенчатых тяжелых конструкций	0,5.

Это усилие передается на наветренный вант в виде

$$\frac{50 \cdot F}{\cos \alpha},$$

а через вант на мачту по вертикали в виде

$$50F \cdot \operatorname{tg} \alpha = S_1. \quad (25)$$

Таким образом полное расчетное усилие на мачту определится по формуле, суммируя величины: (21), (22), (24), (25).

$$a(Q+q) + \frac{a(Q+q)}{m\eta} + (3-4)n_1 \sin \alpha + \frac{e}{H} a(Q+q) \left(1 + \frac{1}{m \cdot \eta}\right) \operatorname{tg} \alpha + 50F \operatorname{tg} \alpha = P_{\text{расчетн.}}$$

или

$$P_{\text{расчетн.}} = a(Q+q) \left(1 + \frac{1}{m\eta}\right) \left[1 + \frac{e}{H} \operatorname{tg} \alpha\right] + (3-4)n_1 \sin \alpha + 50F \operatorname{tg} \alpha.$$

¹ Усилие принимается здесь ориентировочно, не определяя по специальной для этого формуле прогиба ванты.

Формула эта в ее общем виде служит при расчете мачт для определения расчетного усилия. Несмотря на внешне громоздкий вид она удобна в том отношении, что дает сразу ответ для каждого частного случая. Следует только подставить в нее вместо приведенных обозначений цифровые величины. Определив расчетное усилие приступают к расчету мачты.

Деревянные мачты

Деревянные мачты, в зависимости от грузоподъемности, изготавливаются из одного или нескольких (обычно трех по толщине) круглых сосновых бревен. В последнем случае они соединяются вместе хомутами из полосового железа (см. рис. 51).

Блок наверху мачты располагается с боку ее и привязывается стропом из стального троса к верхушке мачты по рис. 52. Вследствие расположения блока сбоку мачты, действующая на мачту сжимающая сила будет расположена эксцентрично относительно ее оси и вызовет в мачте, кроме сжатия, изгибающий момент.

Расчет прочности деревянной мачты может быть приблизительно произведен по формуле сложного изгиба (при обычных обозначениях):

$$n = \frac{P}{F\varphi} + \frac{N}{W}. \quad (27)$$



Рис. 51. Составные деревянные мачты



Рис. 52. Схема оснащения верхнего блока

Коэффициент уменьшения допускаемого напряжения при продольном изгибе надлежит принимать по приведенной ниже таблице, в зависимости от отношения $\frac{l}{r}$, где l — высота мачты, а r — наименьший радиус инерции сечения.

При круглом сечении $r = 0,25d$ где d — диаметр сечения.

Коэффициент уменьшения допускаемого напряжения при продольном изгибе для сосны

$\frac{l}{r}$	φ	$\frac{l}{r}$	φ	$\frac{l}{r}$	φ
5	0,966	60	0,586	120	0,210
10	0,931	70	0,517	130	0,1
20	0,862	80	0,448	140	0,150
30	0,793	90	0,379	150	0,137
40	0,724	100	0,310	—	—
50	0,655	110	0,250	—	—

Полученное по формуле (27) напряжение не должно превосходить допускаемого, которое можно принять равным 100 кг/см^2 .

Поскольку мачты являются временными сооружениями, то напряжение согласно нормам может быть повышено до 120 кг/см^2 .

Однако, если в расчете не учитываются динамические усилия (удары мачты поднимаемыми частями и т. д.), осторожнее придерживаться допустимого напряжения 100 кг/см^2 .

В мачтах, составленных из нескольких бревен, при расчете их надлежит принимать момент сопротивления равным 0,7 от полного момента сопротивления сечения, так как хомуты, стягивающие бревна, не могут вполне обеспечить работу сечения как целого.

Мачта устанавливается комлем книзу непосредственно на землю. При больших нагрузках под основание ее должны быть подложены подкладки по рис. 53 (подушки), соединяемые с мачтой скобами.

Мачты, состоящие из трех бревен, употребляемые обычно при большой высоте подъема, благодаря трудности получения

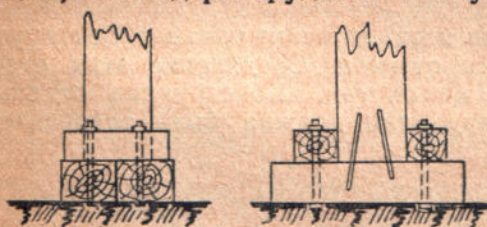


Рис. 53. Схема установки подошвы мачты



Рис. 54. Схема крепления стыка мачты

и доставки леса большой длины, изготовляют сращенными по высоте. Сращивание отдельных бревен надо производить в разбежку с тем, чтобы в одном сечении был стык не более одного бревна.

Бревна стыкуются торцами без всяких врубок, но с перекрытием стыка двумя железными планками (из толстого и широкого полосового железа 10×120) или швеллерами. Соединение стягивается болтами по рис. 54.

При большой высоте подъема и тяжелых элементах, подлежащих установке, прочность деревянных мачт оказывается недостаточной или они получаются слишком громоздкими. В этих случаях применяют железные клепаные или сварные мачты.

Конструкция этих мачт большей частью состоит из четырех уголков (образующих пояса), связанных решетками из легких уголков. Внизу мачта заканчивается короткой поперечной балкой для центральной передачи силы. Вверху устанавливается поперечина, к которой подвешивается верхний блок полиспаста.

Типичная конструкция основания и верха металлической мачты дана на рис. 55 и 56.

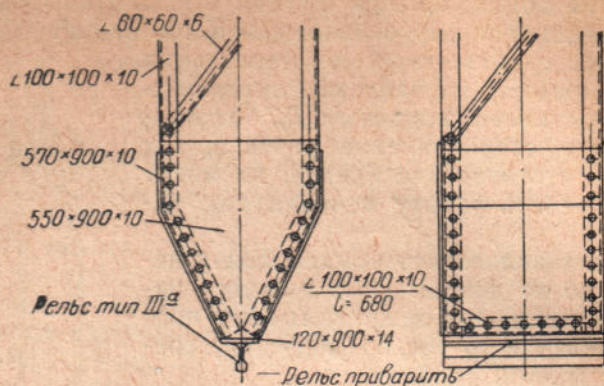


Рис. 55. Вид нижней части металлической мачты

В виду большой длины металлические мачты проектируются составными из нескольких отсеков. Соединение этих отсеков должно осуществляться на болтах. Конструкция отдельных звеньев мачты и их соединений должна быть такова, чтобы

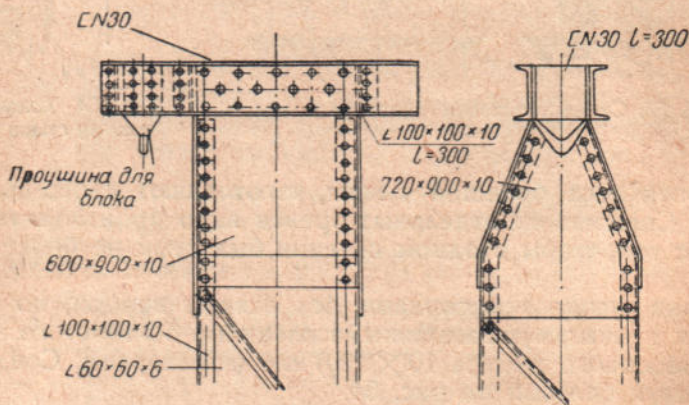


Рис. 56. Вид головки металлической мачты

можно было собирать мачту различной высоты (в зависимости от количества средних звеньев). Длина звеньев обычно составляет 8—10 м.

Расчетная грузоподъемность мачты, в зависимости от высоты, должна быть надписана на самой мачте.

Расчет трубчатых металлических мачт

Расчет ведут следующим образом:

1) сначала определяется момент инерции кольцеобразного сечения мачты

$$J_x = \frac{\pi}{64} (D^4 - d^4).$$

где D и d наружный и внутренний диаметры трубчатого сечения, выраженные в $см$, затем;

2) момент сопротивления кольцеобразного сечения

$$w = \frac{\pi}{32} \left(\frac{D^4 - d^4}{D} \right).$$

Так как мачта работает на сложное сопротивление: на сжатие и изгиб, то определяют гибкость мачты и по ней поправочный коэффициент φ на уменьшение допускаемого напряжения в зависимости от продольного изгиба.

Гибкость мачты

$$\lambda = \frac{H}{\sqrt{\frac{J_x}{A}}},$$

где A — есть площадь кольцеобразного сечения, а выражение $\sqrt{\frac{J_x}{A}}$ есть так называемый радиус инерции.

По таблицам коэффициента φ находят его величину в зависимости от величины λ .

Наконец, напряжения в мачте определяют по сложной формуле.

$$\sigma_m + \sigma_n = \frac{N}{w} + \frac{P_{расчетн}}{\varphi \cdot A}.$$

При этом для прочности мачты $\sigma_m + \sigma_n \leq \sigma_{(допуск)}$, $\sigma_{(допуск)}$ принимается для мачт металлических не свыше 1250 кг/см^2 .

Для примера приведем расчет трубчатой мачты для следующего частного случая: поднимаемый груз $Q = 15,5 \text{ т}$ чистого веса.

Такелаж $q = 0,5 \text{ т}$ (ориентировочно).

Коэффициент динамичности $\alpha = 1,20$. Высота мачты $H = 18 \text{ м}$.

Угол наклона вант $\alpha = 30$.

Число блоков $m = 6$.

Число полиспастов один.

Для определения полного усилия на мачту исчисляем частичные усилия от:

1. Груза с учетом коэффициента динамичности и такелажа $a(Q + q) = 1,2(15,5 + 0,5) = 19,2 \text{ т}$.

2. Натяжение в последней нити троса

$$\frac{a(Q+q)}{n \cdot \eta} = \frac{19,2}{6 \cdot 0,87} = 3,70.$$

Здесь

$$\eta = \frac{1}{nx^n} \cdot \frac{x^n - 1}{x - 1} = \frac{1}{6 \cdot 1,04^6} \cdot \frac{1,04^6 - 1}{1,04 - 1} = 0,87.$$

Натяжение в канате после отводного блока будет

$$3,70 \cdot 1,10 = 4,07 \text{ т},$$

по этому усилию рассчитывается мощность лебедки, которую, как видно, в данном случае надо брать мощностью в 5 т.

3. Вертикальной составляющей от натяжения в вантах.

Первоначальное натяжение в вантах принимаем 0,3 т в каждом, что при числе 4 штук дает суммарно $0,3 \times 4 = 1,2 \text{ т}$.

К этому прибавляется натяжение в задних вантах от момента груза подвешенного с эксцентриситетом $e = 0,5 \text{ м}$ (принято условно).

$$\text{Момент } N = (19,2 + 0,5) \cdot 0,5 = 9,85 \frac{\text{т}}{\text{м}}.$$

Усилие этого момента в заднем ванте

$$\frac{9,85}{18 \cdot \cos 30^\circ}$$

а вертикальное усилие от ванта на мачту

$$\frac{9,85 \sin 30^\circ}{18 \cos 30^\circ} = 0,315 \text{ т}.$$

Вертикальное усилие от первоначального натяжения вантов на мачту будет $0,3 \cdot 4 \cdot \sin \alpha = 0,6 \text{ т}$. Следовательно суммарное действие вант на мачту будет

$$0,6 + 0,315 = 0,915 \text{ т}.$$

4. Усилия от ветра, принимая условно площадь груза 10 м^2 и давление ветра 50 кг/м^2 (при большом ветре подъем запрещается), составит

$$10 \cdot 0,05 = 0,5 \text{ т},$$

а вертикальное усилие на мачту через вант составит

$$0,5 \cdot \text{tg } 30^\circ = 0,290.$$

Сумма этих четырех слагаемых составит полное расчетное усилие для мачты в данном частном случае, т. е.

$$P_{\text{расчетн}} = 19,2 + 3,7 + 0,915 + 0,290 = 24,2 \text{ т}$$

или округленно 25 т.

Предположительно примем сечение мачты из труб наружного диаметра $D = 40$ см внутреннего $d = 38$ см (толщина стенки = 10 мм) и произведем проверку, достаточно ли будет такая труба для данного задания.

Момент инерции

$$J_x = \frac{\pi}{64} (D^4 - d^4) = 28200$$

момент сопротивления

$$w = \frac{\pi}{32} \left(\frac{D^4 - d^4}{D} \right) = 1410.$$

Площадь кольцевого сечения

$$A = 123 \text{ см}^2.$$

Радиус инерции

$$r = \sqrt{\frac{J_x}{A}} = \sqrt{230} = 15,25.$$

Гибкость мачты

$$\lambda = \frac{H}{r} = \frac{1800}{15,25} = 119.$$

Отсюда по таблицам

$$\varphi = 0,454.$$

Напряжение в мачте

$$\sigma_m + \sigma_n = \frac{P_{\text{расчетн}}}{\varphi \cdot A} + \frac{N}{w} = \frac{25000}{0,454 \cdot 123} + \frac{985000}{1410} = 450 + 695 = 1145.$$

Допускаемое напряжение $\sigma = 1250$.

Отсюда видно, что $\sigma_m + \sigma_n < \sigma$, т. е. мачта удовлетворяет условию прочности. Если бы выбранный диаметр трубы не удовлетворил условию прочности мачты, то необходимо было бы сделать перерасчет на другой размер с большим диаметром и большей толщиной стенок. Мачта может быть усилена также путем наварки по длине ее уголков, как это показано на фиг. 57.

Обыкновенно применяют профили вы-
сокие не ниже 100·100 и толщиной 12 — 18 мм. Расчет во всем сходен с указанным ранее, только вводится в формулы еще момент инерции и момент сопротивления 4 уголков, т. е. принимают:

$$J_x + J'_x = \frac{\pi}{64} (D^4 + d^4) + 4J_{x_0} + 4Fa^2,$$

где J_x — обозначает момент инерции трубы;

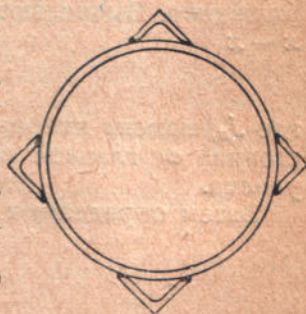


Рис. 57. Способ усиления сечения трубчатой мачты

J_x — обозначает момент инерции 4 уголков;

F — площадь одного уголка;

a — расстояние от центра тяжести уголка до оси трубы;

J_{x_0} — момент инерции одного уголка.

Момент сопротивления будет:

$$w = \frac{(J_x + J_x') 2}{D}$$

В дальнейшем расчет ведется, как и раньше, причем при определении радиуса инерции площадь фигур также принимается суммарная: кольцевого сечения плюс четырех уголков.

Расчет решетчатых металлических мачт

Решетчатые мачты из четырех уголков, соединенных решеткой, рассчитываются как жесткие стойки, причем проверка устойчивости производится по приведенной гибкости.

Ход расчета аналогичен расчету для трубчатой мачты.

Пусть рис. 58 сечение решетчатой мачты из 4 уголков и рис. 59 ее боковой вид.

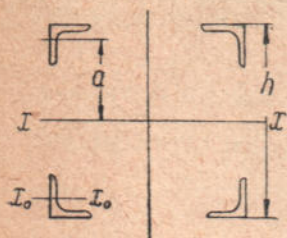


Рис. 58

Определив суммарное расчетное усилие, действующее на мачту, делают по этому усилию проверочный расчет принятой схемы при уголках и размерах поперечного сечения мачты, подобранных предварительно приближенно. Вычисляют момент инерции относительно оси мачты $x-x$

$$J_{x-x} = 4J_{x_0} + 4Fa^2,$$

где J_{x_0} момент инерции каждого уголка, F — площадь и a — расстояние от главной оси $x-x$ сечения мачты до центра тяжести уголка.

Затем определяют момент сопротивления

$$w = \frac{J_{x-x}}{\frac{h}{2}}$$

Радиус инерции

$$r = \sqrt{\frac{J_{x-x}}{4F}}$$

Гибкость всей мачты

$$\frac{H}{r} = \lambda_1.$$

Затем определяется радиус инерции и гибкость отдельной ветви колонны между узлами решетки длиной l (которая обычно берется в пределах до 1 м).

Гибкость ветви

$$\lambda_0 = \frac{l}{\sqrt{\frac{J_{x_0}}{F}}},$$

где J_{x_0} — минимальный радиус инерции уголка, из которого состоит стойка мачты и F — площадь этого уголка. По величинам λ_1 и λ_0 определяют приведенную гибкость мачты:

$$\lambda = \sqrt{\lambda_1^2 + \lambda_0^2}$$

по которой находят окончательно значение коэффициента φ . Принимаемое при исчислении напряжение от действия расчетного усилия и момента:

$$\sigma_m + \sigma_n = \frac{P_{\text{расчетк}}}{\varphi \cdot F} + \frac{N}{w}.$$

Сумма $\sigma_m + \sigma_n < \sigma$ допускаемого.

Для частного случая по заданию, приведенному выше для трубчатой мачты, расчет решетчатой мачты проведем таким образом:

Задаваясь для первого приближения размерами уголков стоек $100 \cdot 100 - 12$ и величиной $h = 100$ см определим момент инерции:

$$J_{x-x} = 4 \cdot 206,4 + 4 \cdot 22,93 \cdot 47,1^2 = 202260 \text{ см}^4;$$

$$w = \frac{202260}{100/2} = 4045 \text{ см}^3;$$

$$r = \sqrt{\frac{202260}{90,9}} = 47 \text{ см}; \quad \lambda_1 = \frac{1800}{47} = 38,3.$$

Момент от внецентренного подвешивания при эксцентриситете $e = 0,7$ м (учитывая, что половина толщины мачты составляет 0,500 м, а 0,2 м на свес блока).

$$N = 21 \cdot 0,7 = 14,7 \frac{\text{тонн}}{\text{метров}},$$

а напряжение в мачте от этого момента

$$\sigma_n = \frac{1470000}{4045} = 365 \text{ кг/см}^2.$$

Гибкость отдельной ветви при $l = 1$ м.

$$\lambda_0 = \frac{100}{\sqrt{\frac{85,7}{22,73}}} = 51,5.$$



Рис. 59.
Схема каркаса решетчатой части

Здесь 85,7 минимальный момент инерции уголка 100·100·12.

$$\lambda_{\text{привед}} = \sqrt{\lambda_1^2 + \lambda_2^2} = \sqrt{38,3^2 + 51,5^2} = 64,1.$$

Отсюда $\varphi = 0,77$.

Напряжение от сжатия

$$\sigma_m = \frac{25000}{0,77 \cdot 90,9} = 400 \text{ кг/см}^2.$$

$$\sigma_m + \sigma_n = 365 + 400 = 765 < 1250.$$

Следовательно мачта такого сечения является избыточной и ее можно принять в меньшем сечении, или за счет уменьшения профиля уголков или за счет уменьшения поперечного сечения, которое по вторичной проверке принимается сниженным до размера: $h = 800 - 850$ мм при том же профиле уголков.

Слабым местом трубчатых мачт являются стыки соединения двух соседних труб, поэтому в случаях подъема значительных грузов, когда является сомнение в прочности этого соединения, необходимо усиливать эти стыки. Соединение в стыках может быть или фланцевое или муфтовое.



Рис. 60. Способ укрепления фланцевого стыка

Как в том, так и в другом случае усиление делается приваркой вертикальных ребер, располагаемых по окружности трубы в радиальных направлениях. В ребрах должны быть сделаны вырезы для фланцев или муфт, чтобы между ними не было соприкосновения, как показано на рис. 60 и 61, для случая фланцевого и муфтового соединений.



Рис. 61. Способ укрепления муфтового стыка

Ребра делаются или цельными или разрезными (разъемными). В первом случае по окончании работ и необходимости разобрать мачту ребра срубают, во втором же случае разъемку ребер делают снимая накладки, установленные на болтах (на рисунке показаны пунктиром). Сечение ребер жесткости может быть приблизительно принято равным 50% площади сечения трубы.

Поднимая элементы сооружений, очень часто приходится подтаскивать их к мачте.

Эта операция всегда сопряжена с весьма беспокойным перемещением элемента, который взрывает землю, зацепляется за различные препятствия и создает, таким образом, динамические добавочные усилия.

Эти усилия тем сильнее действуют на мачту и ванты, чем дальше подтаскиваемый элемент находится от мачты. Величина этих усилий может иногда достигнуть таких пределов, которые

окажутся или близкими, или даже превосходящими допускаемые нагрузки. Если обозначим через Q вес в тоннах, подтаскиваемого элемента к мачте высотой H метров на расстоянии a метров, то тормозные лебедки в момент отрыва груза от земли должны будут испытывать горизонтальные усилия, определяемые по формуле при обозначениях на рис. 62

$$S = \frac{Q \cdot a}{H}. \quad (28)$$

На это усилие должны быть рассчитаны тормозные лебедки. Усилие S вызывает в голове мачты такое же горизонтальное

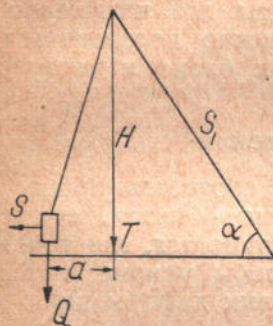


Рис. 62



Рис. 63. Схема глухого закрепления оттяжки на якорь

усилие, которое передается на задние ванты. Натяжение может быть определено по формуле:

$$S_1 = \frac{S}{\cos \alpha}. \quad (29)$$

От вант добавочное усилие T по оси мачты определится по формуле:

$$T = S \operatorname{tg} \alpha. \quad (30)$$

Наибольшее усилие в полиспасте будет

$$R = \sqrt{Q^2 + S^2}. \quad (31)$$

Пользуясь этими формулами производят проверку влияния добавочных усилий на мачту, а особенно на ванты и, в случае превышения допустимых пределов напряжений, производят надлежащее усиление.

Нижние концы оттяжек (вантов) могут быть закреплены либо неподвижно (рис. 63), в этом случае мачта в момент

подъема груза не может иметь никаких перемещений, — либо подвижно (рис. 64).

Подвижное закрепление достигается обычно при помощи лебедок, на барабаны которых непосредственно от мачты или через оттяжной блок, намотаны тросы оттяжек. Работая лебедкой, можно натянуть или ослабить ту или другую оттяжку и тем самым изменить по желанию положение верхушки мачты.



Рис. 64. Схема подвижного закрепления оттяжки на якоре

При большом усилии в оттяжках они должны быть соединены с лебедками через систему блоков—полиспастов (рис. 64).

Если достаточны лишь небольшие перемещения верхушки мачты, для натяжения оттяжек можно пользоваться блоками Людерса, присоединив один крюк блока к месту закрепления, другой — к оттяжке.

м) Анкерные крепления

Оттяжки лучше всего крепить к соответствующим неподвижным точкам: фундаментам, анкерным болтам, существующим зданиям, конструкциям и т. п. Разумеется, эти точки должны быть выбраны таким образом, чтобы усилие оттяжек не могло вызвать в них никаких остаточных деформаций.

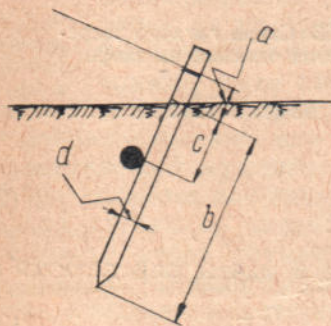


Рис. 65

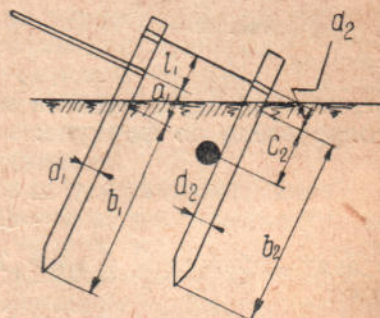


Рис. 66

При отсутствии подходящих точек приходится устраивать специальные анкера. Простейший тип анкера (одиночный) показан на рис. 63.

Анкер может быть значительно усилен постановкой позади его одного или двух дополнительных анкеров, как это показано на рис. 64.

Сопротивление анкеров в значительной степени зависит от плотности грунта; поэтому при искусственных анкерах надлежит внимательно наблюдать за ними во время натяжения оттяжек.

Величина сил в кг	Одинарный анкер				Двойной анкер				Тройной анкер																																												
	Размеры в см			Давление на грунт кг/см ²	Размеры 1 анкера		Размеры 2 анкера		Давление на грунт кг/см ²	Размеры 1 анкера		Размеры 2 анкера		Размеры 3 анкера		Давление на грунт кг/см ²																																					
	a	b	c		d	a ₁	b ₁	c ₁		d ₁	a ₂	b ₂	c ₂	d ₂	a ₁		b ₁	c ₁	d ₁	a ₂	b ₂	c ₂	d ₂	a ₃	b ₃	c ₃	d ₃																										
	1000	1500	2000	3000	4000	5000	6000	8000	10000	30	120	40	18	30	120	40	20	1,5	30	120	90	22	30	120	40	20	1,5	30	120	90	22	30	120	40	20	1,5	30	120	90	22	30	120	40	20	1,5	30	120	90	22	30	120	40	20
1000	30	120	40	18	30	120	40	18	30	120	40	20	1,5	30	120	90	22	30	120	40	20	1,5	30	120	90	22	30	120	40	20	1,5	30	120	90	22	30	120	40	20	1,5	30	120	90	22	30	120	40	20	1,5				
1500	30	120	40	20	30	120	40	20	30	120	90	25	2,0	30	120	90	25	30	120	40	22	2,0	30	120	90	25	30	120	40	22	2,0	30	120	90	25	30	120	40	22	2,0	30	120	90	25	30	120	40	22	2,0				
2000	30	120	40	22	30	120	40	22	30	120	90	26	2,3	30	120	90	26	30	120	40	24	2,3	30	120	90	26	30	120	40	24	2,3	30	120	90	26	30	120	40	24	2,3	30	120	90	26	30	120	40	24	2,3				
3000	30	120	40	26	30	120	40	26	30	120	90	26	3,1	30	120	90	26	30	120	40	24	3,1	30	120	90	26	30	120	40	24	3,1	30	120	90	26	30	120	40	24	3,1	30	120	90	26	30	120	40	24	3,1				
4000					30	120	40			30	120	90			30	120	90			30	120	40			30	120	90			30	120	90			30	120	90			30	120	90			30	120	90						
5000					30	120	40			30	120	90			30	120	90			30	120	40			30	120	90			30	120	90			30	120	90			30	120	90			30	120	90						
6000					30	120	40			30	120	90			30	120	90			30	120	40			30	120	90			30	120	90			30	120	90			30	120	90			30	120	90						
8000					30	120	40			30	120	90			30	120	90			30	120	40			30	120	90			30	120	90			30	120	90			30	120	90			30	120	90						
10000					30	120	40			30	120	90			30	120	90			30	120	40			30	120	90			30	120	90			30	120	90			30	120	90			30	120	90						

Примечание. Диаметр поперечины равен диаметру столба длина ее 70 см.

Одинарные анкера должны быть обязательно снабжены поперечиной. При установке анкера следует обратить внимание на то, чтобы грунт впереди поперечины не был разрыхлен.

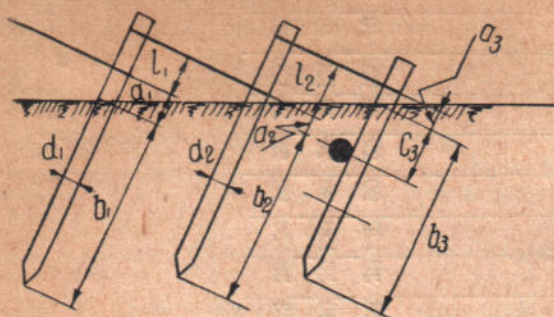


Рис. 67

В прилагаемой таблице мы даем нормальные размеры деревянных анкеров для разных усилий в оттяжках при буквенных обозначениях для соответственных конструкций на рис. 65, 66 и 67.

Расчет анкеров

Для расчета якорей (анкеров) существует несколько способов. Один из них приведен при расчете упора под лебедку (см. стр. 49 и 50).

Расчет якорей для вантов во всем отвечает упомянутому выше порядку и методу расчета с той только разницей, что как сваи якорей, так и самые ванты располагаются под углом к горизонту. При расчете анкерных свай в этом случае надлежит силу натяжения ванта проектировать на направление перпендикулярное к оси сваи. По этой силе ведется в дальнейшем расчет момента, изгибающего сваю и наибольшего давления согласно формул приведенных выше.

Например, при расположении якоря

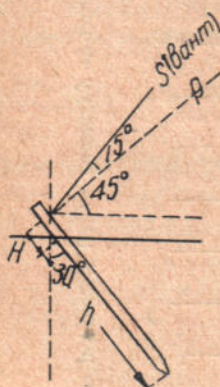


Рис. 68

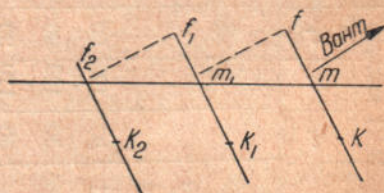


Рис. 69

и ванта под показанными на рис. 68 углами расчетное усилие на якорь определяется по формуле $P = S \cos 15^\circ$. В остальном расчет ведется так, как указано выше, принимая за H и h те же обозначения.

Если усилия в вантах очень велики и одного якоря, изготовленного хотя бы из нескольких свай, окажется недостаточно, то пользуются, как указано выше, двойными или тройными анкерами (рис. 69).

В этом случае расчет основного якоря производится, как балки, закрепленной двумя концами в точках k и f и с приложением действующего усилия в точке m , т. е. по формуле

$$M_{\max} = \frac{P \cdot l}{8}, \text{ где } l = kf.$$

При вспомогательных анкерах расчет промежуточного делается подобно основному, а последнего, как балки закрепленной в точке k_2 и с приложением усилия на свободном плече в точке f_2 , т. е. по формуле $M_{\max} = P \cdot l$, где l — расстояние между k_2 и f_2 .

Иногда якоря применяют иной формы, именно в виде бревна, уложенного в горизонтальном положении в специально вырытую в земле канаву с вертикальными стенками (рис. 70).

Расчет такого анкера производится на изгиб и перерезывание стропом.

Усилие, действующее на якорь, вызывает в месте прилегания его к грунту некоторое давление, которому грунт должен оказывать сопротивление, достаточное для того, чтобы бревно не грузило в грунт, и, помимо этого, чтобы толща грунта, в которую заложено бревно, была в состоянии воспрепятствовать бревну вырваться наружу.

Прочное сопротивление грунта выдерживанию такого анкера может быть определено по формуле:

$$K = \frac{1}{s} \gamma H h^2 \sin 2\varphi (1,5 - \sin \alpha), \quad (32)$$

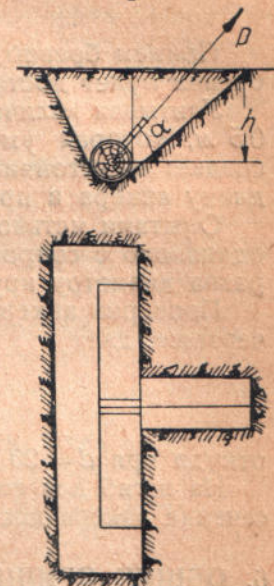


Рис. 70. Схема заглубленного в землю анкера

в которой учтены факторы трения частиц грунта и сцепления его частиц.

В этой формуле:

K — обозначает прочное сопротивление грунта,

s — коэффициент запаса прочности,

γ — вес грунта в кг/см^3 ,

h — средняя глубина заложения анкера в земле в метрах,

трах,

H — высота грунта, не обваливающегося в свежее вырытой траншее, выраженная в метрах,

φ — угол естественного откоса грунта,

α — угол приложения усилия.

Для примера примем значение:

$s = 5$ (пятикратный запас).

$\gamma = 1,6 \text{ кг/см}^3$, $h = 1,5 \text{ м}$.

$H = 2,0 \text{ м}$, $\varphi = 40^\circ$, $\alpha = 30^\circ$.

Тогда

$$K = \frac{1}{5} \cdot 1,6 \cdot 1,5^2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 0,64 \cdot 0,77 (1,5 - 0,5) = \\ = 1,42 \text{ кг/см}^2.$$

Примем усилие в ванте

$P = 3000 \text{ кг}$, тогда при $K = 1,42 \text{ кг}$ опорная площадь анкера должна быть равной

$$3000 : 1,42 = 2120 \text{ см}^2.$$

Примем бревно круглое $\varnothing 20 \text{ см}$, тогда теоретическая длина бревна будет достаточной при $2120 : 20 = \infty 110 \text{ см}$.

Учитывая наличие поперечной траншеи для каната шириной $0,5 \text{ м}$, которая уменьшает площадь сопротивления грунта и создает неустойчивость грунта у этих мест надо увеличить длину анкера и принять его до 2 м .

Опытами установлено, что сопротивление круглого бревна одинаково с сопротивлением квадратного, у которого сторона равна диаметру круглого сечения.

Проверка анкера на изгиб при обозначениях, принятых на чертеже, дает

$$w = \frac{Pl}{4k_b} = 0,1d^3,$$

откуда при $d = 20 \text{ см}$ $k_b = 94 \text{ кг}$.

На изгиб для сосны допускается до 100 кг . Следовательно сечение анкера достаточно.

6. ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ РАБОТ ПРИ ПОДЪЕМЕ МАЧТАМИ И КРАНАМИ

а) Подъем при помощи мачт

Подъем конструкции при помощи мачт производится следующим образом.

Мачта с прикрепленной к ней системой блоков-полиспастов и оттяжками поднимается и устанавливается, отступая на $1-1,5 \text{ м}$ от точки, над которой должен быть расположен центр тяжести поднимаемого элемента после его установки.

Подъем самой мачты, если она небольшая, производится вручную. Большие мачты поднимаются малыми вспомогательными мачтами.

После подъема мачта расчаливается оттяжками.

При расположении оттяжек надо руководствоваться следующими соображениями:

- 1) число оттяжек должно быть не менее трех;
- 2) оттяжки должны быть расположены вокруг мачты так, чтобы точки их закреплений образовали вершины по возмож-

ности равносторонней фигуры треугольника или квадрата, или многоугольника;

3) оттяжки должны быть расположены так, чтобы из задних одна приходилась по возможности противоположно действующему при подъеме усилию;

4) оттяжки не должны образовывать с горизонтом угол больший 60° . Следует придерживать углов 45° или 30° . Дальность закрепления оттяжки от мачты при 60° равна 0,6 высоты мачты при 45° высоте мачты и при 30° — 1,6 высоты мачты;

5) оттяжки не должны мешать подъему элемента. Перенос оттяжек во время подъема допускается только в исключительном случае с принятием надлежащих мер предосторожности.

Если поднимаемая часть расположена вблизи мачты, нижний блок полиспаста привязывается стропом непосредственно к ней; в противном случае элемент конструкций должен быть предварительно пододвинут к мачте.

В качестве стропов для подвешивания конструкций применяют обычно короткие куски тросов. В некоторых случаях применяют также куски цепей, с толщиной железа в звеньях от 16 до 20 мм.

При завязывании тросов (в оттяжках, стропах и т. п.) следует применять такие узлы, которые при натяжении безусловно не могли бы развязаться, но которые вместе с тем не слишком бы затягивались, чтобы их потом можно было развязать. Работа по завязыванию канатов и стропов является весьма ответственной и должна поручаться опытным рабочим. Перед подъемом все узлы должны быть осмотрены бригадиром.

На рис. 71-а, к мы даем типичные способы соединения и подвешивания грузов к тросам.

На рис. 71-а показан способ сращивания троса. Такой узел надежен только тогда, когда свободные концы соединены с работающим тросом зажимом или обмоткой проволокой.

На рис. 71-б, в даны узлы крепления троса (к стержням конструкций, крюку и т. п.); первый из них называется морским узлом, второй — двойным.

На рис. 71-г дана сращенная петля, осуществляемая заплеткой троса. Заплетка представляет собой сложную и длительную работу и может применяться для постоянных стропов при условии предварительного их изготовления.

На рис. 71-б, е, ж изображены способы привязывания троса при подъеме бревен, досок и т. п. Для той же цели применяется петля по рис. 71-з, для надежной работы такого узла необходима постановка зажима.

На рис. 71-и соединение конца троса со сращенной петлей.

На рис. 71-к показана подвеска петли на крюк.

В качестве зажимов для тросов лучше всего применять сжимы по рис. 72. Они менее всего повреждают тросы и могут быть всегда изготовлены на месте работы.

Сжим состоит из двух хомутиков, загнутых и сваренных

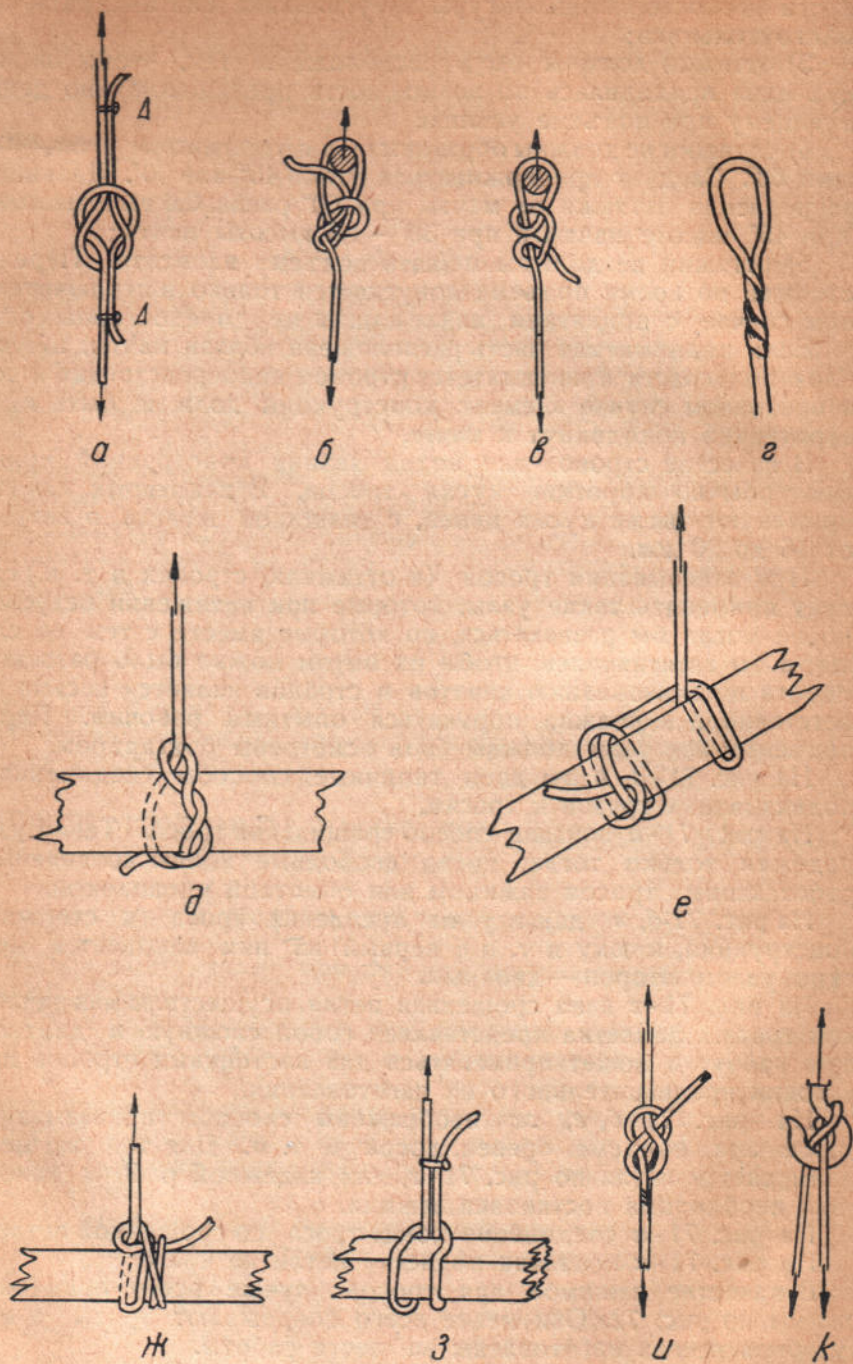


Рис. 71. Типы монтажных узлов

(кузнечным способом) из круглого железа диаметром $\frac{5}{8}$ " или $\frac{1}{2}$ ". Прямой стержень хомута нарезан (см. рис. 72 - а). В собранном виде сжим имеет вид по рис. 72 - б.



Рис. 72. Сжимы для тросов

При привязывании крюка блока к поднимаемой части следует следить, чтобы строп не погнул деталей конструкции, а также, чтобы он не мог быть поврежден острыми кромками.

Во избежание этих повреждений применяют деревянные подкладки.

После того, как строп закреплен на крюке и все подъемные приспособления осмотрены, приступают к подъему.

Во время подъема надлежит следить, чтобы поднимаемая часть не могла ударить мачту, что может легко случиться в тот момент, когда груз отделяется от земли. Равным образом конструкции не должны задевать за мачту во время подъема.

Для удержания части в надлежащем положении к ней привязывают одну или две оттяжки (из тонкого троса или пенькового каната), натягивание которых регулирует положение поднимаемого элемента. После подъема подъемный трос может быть освобожден только после надежного закрепления конструкции на своем месте.

Освободившаяся мачта передвигается для установки следующего элемента.

На рисунках 73, 74 даны примеры подъема конструкций мачтами.

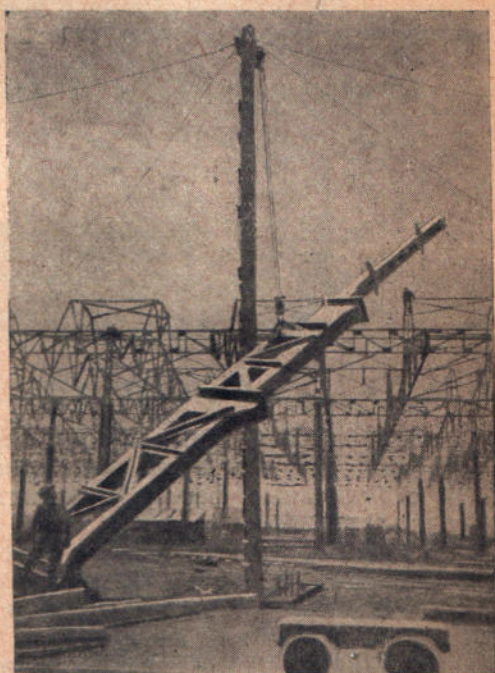


Рис. 73. Установка колонны при помощи мачты

Особое внимание надлежит уделить укреплению отдельных элементов конструкций при их подъеме и исследованию напряжений.

Дело в том, что распределение сил, действующих на конструкцию во время подъема, обычно совершенно не соответствует работе данной детали в сооружении. При этих условиях напряжения от собственного веса при подъеме могут оказаться выше предела упругости и вызвать разрушения или значительные остаточные деформации.

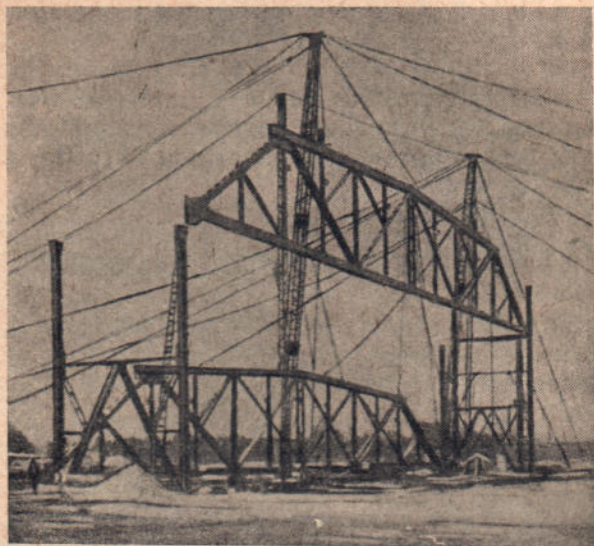


Рис. 74. Установка мачтой стропильной фермы

Такие повреждения особенно вероятны и часты у конструкций, имеющих малую жесткость в одной плоскости; например, обычные стропильные фермы с одностенчатым (тавровым из двух уголков) сечением поясов.

В целом сооружении узлы этих ферм закреплены от изгиба из плоскости фермы обрешетинами и соответствующими связями. При подъеме стропильные фермы крепятся к подъемному крюку обычно в одной или двух точках, близких к середине пролета (при установке одной мачтой, расположенной в середине). Таким образом концы работают как консоли и нижний пояс фермы (от собственного веса ее) оказывается сжатым.

Для обеспечения устойчивости стропильные фермы пролетом свыше 18,0 м (при тавровых поясах) усиливаются бревнами, расположенными по схеме рис. 75, с обеих сторон фермы стянутыми болтами или проволокой катанкой.

При монтаже мало жестких крупных деталей ответственных сооружений, возникающие в них напряжения, должны быть про-

верены расчетом, причем величина допускаемых напряжений в этом случае принимается на 35% больше основного допускаемого напряжения, принятого в проекте сооружения.

Мало жесткие конструкции, в случае непринятия соответствующих мер предосторожности, представляют опасность не только при подъеме, но и после установки их на опоры.

Например, стропильные фермы до постановки обрешетин и связей могут выгнуться из плоскости фермы и обрушиться. Поэтому при монтаже таких конструкций надлежит обеспечить их поперечную устойчивость постановкой части обрешетин и связей до уборки поддерживающей фермы мачты.



Рис. 75. Схема раскрепления стропил перед подъемом

Последовательность установки отдельных элементов конструкций при работе мачтами должна быть принята такой, чтобы

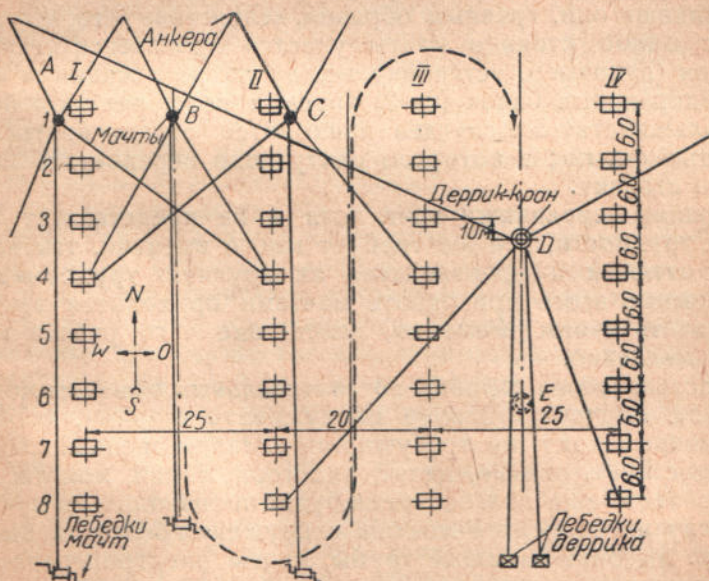


Рис. 76. Схема организации монтажа каркаса здания

по возможности сократить путь перемещения мачт и чтобы ранее установленные конструкции не мешали этому перемещению.

Исходя из этих соображений, при монтаже каркасных зданий установку конструкций начинают обычно с одного из концов, одновременно тремя мачтами. Например, при трехпролетном цехе с планом расположения колонн по рис. 76, монтаж может

быть начат от колонны I-I и II-II при помощи мачт А и С и стропильных ферм между колоннами I и II рядов — при помощи мачты В. Расположение подъемных лебедок и оттяжек ясно из чертежа.

Направление движения мачт показано стрелками.

После того, как мачты дойдут до южного конца первого пролета, мачты А и С должны быть переставлены на установку колонн рядов III и IV с южного конца их. Мачта В пойдет с установкой стропильных ферм в среднем пролете с южного конца и т. д. При такой схеме монтажа путь движения мачт будет наименьшим.

б) Сфера применения мачт. Передвижка и валка мачт

Несмотря на значительную распространенность применения мачт в монтажном деле, объясняемую чрезвычайной простотой их устройства и возможностью оборудования их везде и в короткий срок — все же необходимо отметить, что пользование мачтами представляет целый ряд неудобств.

Возникают они, главным образом, вследствие того, что редко, когда с одной стоянки мачты удается произвести несколько подъемов (например, установку между двумя соседними колоннами подкрановых балок (2—3) яруса и подферменной балки).

В большинстве же случаев приходится ограничиваться одним подъемом, после которого мачту надо передвигать на следующую стоянку.

Операция передвижки мачт, хотя и не представляет сложности и трудности, все же требует много времени, так как перевязка оттяжек и производство их вручную трудоемкая работа. Помимо этого при работе мачтами приходится зачастую подтаскивать к ним элементы, вследствие чего работа производится медленно.

Вследствие этого стройки со значительным объемом монтажных работ, предпочтительнее обслуживать кранами, особенно на гусеничном ходу, не требующими укладки специальных путей. Существует, однако, целый ряд сооружений, монтаж которых, вероятно, еще долгое время будет производиться мачтами.

К числу их относится монтаж сооружений большой высоты, как напр. высокие дымовые трубы, мачты электропередач, антенные мачты, каупера, доменные печи, рудные краны и проч. Подъем и валка мачт, связанные с их оснащением и разуродованием, обходятся довольно дорого, поэтому раз оснащенная мачта должна выполнить возможно большую работу до ее валки. Передвижка мачт производится следующим образом: если из точки А надо передвинуть мачту в точку В (рис. 77), то, ослабляя задний вант D, придают мачте наклонное положение AK_1 в сторону ее перемещения. Угол наклона α при этом доводят градусов до 15—20 соответственно для больших и малых мачт. Проекция головы мачты на плоскость в этом поло-

жении будет в точке C , причем путь перемещения головы мачты $AC = AK_1 \sin \alpha = H \sin \alpha$, где H — высота мачты. После этого, удерживая голову мачты оттяжкой в новом ее положении K_1 , передвигают подошву мачты в положение B на расстоянии $AB = 2 AC$.

Наконец, натягивая передние ванты и послабляя задние, ставят мачту в вертикальное положение BK_2 , в котором ее и закрепляют, если точка B отвечает новой стоянке. Если же мачту необходимо передвинуть еще дальше, то повторяют описанные выше маневры, пока мачта не станет на требуемое место.

За одинарную передвижку мачта проходит путь $AB = 2 H \sin \alpha$ или кратный ему при нескольких качаниях. Если принять $\alpha = 15^\circ$, то $\sin \alpha = 0,258$

и

$$AB = 2 \cdot 0,258 H = \text{окр } 0,5 H \quad (33).$$

По высоте мачты и углу наклона, таким образом, легко определить величину передвижки мачты.

При передвижке подошва мачты удерживается оттяжкой, подвязанной со стороны, противоположной направлению перемещения мачты. Подъем и валка мачт производятся одним и тем же способом, причем для этого пользуются или малыми вспомогательными мачтами или же находящимися вблизи

подходящими сооружениями, к которым можно подвесить блоки. Перед подъемом оснащают голову мачты, прикрепляя к ней оттяжки и верхний полиспаст, с которыми и поднимается мачта. Запасовка же тросов производится обычно после установки мачты, так как при осуществлении этой операции на земле возможно запутать канаты и самый подъем при этом значительно утяжеляется. При валке мачты нижний блок привязывается к мачте, тросы не снимаются.

Основная мачта подвязывается стропом выше центра тяжести с учетом веса такелажа и подвешивается на блок вспомогательной, к подошве же ее прикрепляются оттяжки с двух сторон как со стороны, куда будет двигаться основание мачты, так и с противоположной для торможения этого движения мачты при ее наклоне, как показано на рис. 78. На рисунке 79 показана валка 32-метровой металлической решетчатой мачты без вспомогательной мачты, а с торца близстоящего здания.

Как видно, блок A увязан за узел (B) торцевой стропильно-фахверковой фермы, который укреплен двумя тормозными растяжками C_1, C_2 за колонны FF . Мачта зашлагована¹ на высоте

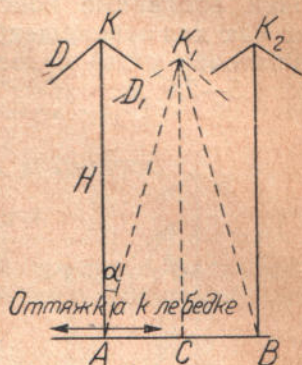


Рис. 77. Способ передвижения мачты

¹ Примечание. „Зашлаговать“ значит закрепить к поднимаемой части нижний блок полиспаста с соответствующим оснащением.

12 метров от верха и основание ее укреплено двумя тормозными растяжками DD , завязанными за колонны KK . Кроме того голова мачты раскреплена двумя растяжками EE для устранения боковых ее колебаний.

Основным преимуществом мачт надо считать следующее:

- 1) возможность передвигаться по любой территории без устройства рельсовых путей и планировки;
- 2) возможность расположить непосредственно у места установки собранные конструкции, так как для перемещения мачты достаточно узкая полоса шириной 1,5—2,0 м;

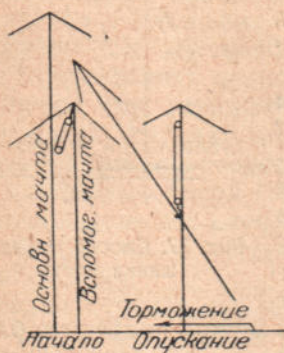


Рис. 78. Способ вальки мачты

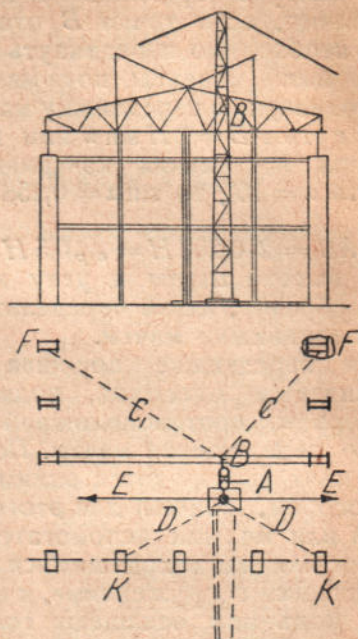


Рис. 79. Валка 32-метровой решетчатой мачты

3) возможность в некоторых пределах легко перемещать верхушку мачты (для этой цели оттяжки должны быть закреплены на лебедках или таях), что значительно облегчает точную постановку конструкций на место;

4) простота изготовления, всегда возможная на месте работ, и легкость транспортировки.

К числу недостатков мачт следует отнести:

- 1) медленность перестановки мачты, отнимающую значительно больше времени и рабочей силы, чем самый процесс подъема;
- 2) невозможность производить перемещения поднятого груза (за исключением незначительных), что вынуждает заранее подтаскивать элементы к месту установки.

Подъем конструкций при помощи мачт обслуживает бригада рабочих такелажников¹. Состав бригады зависит в значительной мере от условий монтажа и не может быть точно фиксирован.

¹ В разных местностях квалификация носит разные названия, как напр. оснастчики, монтажники и т. п.

Обычно количество рабочих, обслуживающих одну мачту при ручной подъемной лебедке, доходит до 12 человек, при электрической — 8 человек.

Количество потребного инструмента также может быть различно. Необходимый вспомогательный инструмент в одной бригаде, кроме самой мачты с комплектом приспособлений, должен быть, примерно, следующий:

- а) Реечный домкрат грузоподъемностью 5 т 1 шт.
- б) Стропы из кусков троса 2—3 "
- в) Ломы 2 "
- г) Зажимы для троса 5—6 "
- д) Канаты пеньковые (для оттяжек поднимаемой конструкции) 30—50 м
- е) Ключи гаечные сборочные разных размеров 4 шт.
- ж) Предохранительные пояса 4 "

в) Мачты канатно-подвесных устройств

Качающиеся мачты

В тех случаях монтажно-строительной практики, когда конфигурация или специфические особенности строящегося объекта

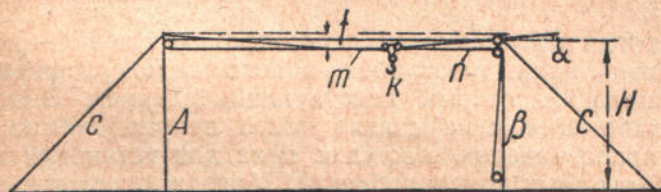


Рис. 80. Схема канатно-подвесной дороги

вызывают серьезные препятствия или даже полную невозможность выполнения работ нормальными мачтами, применяют особый способ монтажа при помощи канатно-подвесных мачтовых устройств.

Схематически это устройство (рис. 80) представляет собой две мачты А и В, установленные на расстоянии, вызываемом требованиями работ, и достигающем иногда нескольких сот метров.

Между этими якорными мачтами натянут стальной канат *т*, покоящийся на специальных подушках с закрепами на головных частях мачт. Мачты раскреплены растяжками *С*, *С* в продольном и поперечном направлении. По этому несущему канату воздушной дороги передвигается на роликах при помощи тягового кругового каната *п* специальная каретка (кошка) *к* с крюком, к которому подвешивается монтируемый элемент. Схематически каретка указана на рис. 81.

Наконец, для подъема и опускания груза приспособляют подъемный канат *р*, один конец которого обыкновенно закре-

пляется неподвижно, а второй через блоки r , r_1 , r_2 перекачивается при передвижении каретки по канату. При возможности пользования электрической энергией управление краном упрощается, так как тогда в подвесной кабинке при каретке возможно сосредоточить это управление через крановщика. Точный расчет кабельных кранов довольно сложный и составляет предмет специальных трудов (проф. Стэфан). Здесь приводятся только расчеты основных элементов кабельных кранов, необходимых для подбора главнейших его частей.

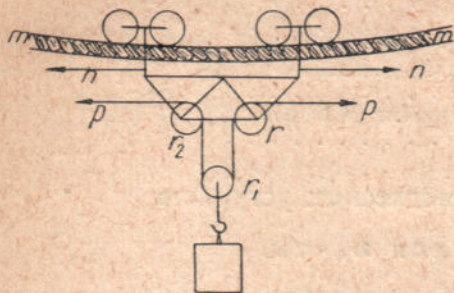


Рис. 81. Каретка канатной дороги

В строительстве промышленных зданий кабельные краны употребляют довольно редко, так как наиболее благоприятные для них объекты узкие и длинные, как напр. железнодорожные мосты, где они и применяются в широких размерах.

В чисто строительной практике они могут применяться с выгодой в том случае, когда производится переустройство зданий действующих цехов, напр. постройка нового цеха, расширенного и повышенного над старым действующим зданием. В этом случае эксплуатация цеха ставит часто непреодолимые препятствия к использованию площади цеха для установки мачт или других подъемных приспособлений. Монтаж осложняется невозможностью преждевременного разрушения старого здания — в этих случаях применение кабельных кранов чрезвычайно удобно.

Примитивными устройствами кабель-кранов часто пользуются при монтаже балок бункерных эстокад доменных печей, чтобы избежать сложных решетований и устранить передвижение мачт в неудобных условиях.

В виде упрощенной схемы расчета основных элементов кабель-кранов, для конструкций малого веса, какими, обычно, приходится оперировать в промышленном строительстве, приводим следующую.

Расчетное усилие на мачту в общем случае определяется силами: 1) горизонтального распора от собственного веса несущего троса, 2) горизонтального распора от сосредоточенного груза, 3) тягового усилия, 4) вертикальной силы от собственного веса каната, всех устройств и поднимаемого груза.

При небольшом весе поднимаемого груза тяговое усилие настолько мало, что им можно пренебречь и ограничиться при определении горизонтальной силы только влиянием горизонтального распора, обуславливаемого натяжением каната, причем, чем больше натяжение, тем больше и горизонтальный распор.

Натяжение каната обратно пропорционально стреле прогиба его в середине. Стрела прогиба для сооружений капитального характера выбирается в пределах $1/20 - 1/30$ пролета, для сооружений же временного типа, к которым надо отнести кабельные монтажные краны — $1/8 - 1/10$ пролета. Если обозначим (рис. 80) через l пролет между мачтами, q вес погонного метра троса, f стрелу прогиба каната, то горизонтальный распор H от собственного веса каната ql определится по формуле

$$H = \frac{ql^2}{8f}.$$

К этому усилию надо добавить еще влияние сосредоточенной нагрузки. Максимум распора от сосредоточенной силы P имеет место при положении груза в середине пролета. Величина этого распора определяется формулой:

$$S_1 = \frac{P}{2} \sqrt{1 + \frac{l^2}{4f^2}}.$$

Суммарный распор от собственного веса и сосредоточенной силы будет:

$$H + S_1 = \frac{ql^2}{8f} + \frac{P}{2} \sqrt{1 + \frac{l^2}{4f^2}}.$$

Натяжение каната R у опоры (рис. 82) будет равно

$$R = \sqrt{(H + S_1)^2 + Q^2},$$

где Q вертикальная составляющая силы, действующей на мачту. Величина этой силы равна $Q = \frac{P + ql}{2}$, откуда окончательная формула

$$R = \sqrt{(H + S_1)^2 + \left(\frac{P + ql}{2}\right)^2}, \quad (34)$$

напряжение в канате,

$$\sigma_{\text{расчетн}} = \frac{R}{\pi d^2 i},$$

где d — диаметр проволок в канате,
 i — число их.

Этой формулой можно пользоваться для приближенного исчисления напряжения, когда вес груза, поднимаемого краном, невелик и когда, следовательно, влияние дополнительного напряжения в канате от изгиба при прохождении по нему ролика незначительно.

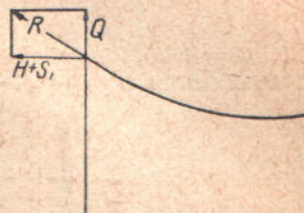


Рис. 82

Для установок капитального характера и больших нагрузок влияние этого обстоятельства должно быть учтено.

Значение дополнительного напряжения от изгиба может быть определено по формуле Исаковского

$$\sigma_{изг.} = \frac{P}{\pi d^2} \cdot i \cdot n \sqrt{\frac{E}{\sigma_{растяж.}}}, \quad (35)$$

где n — количество роликов тележки. Канат в этом случае рассчитывается по суммарному напряжению $\sigma_{изг.} + \sigma_{раст.}$, причем запас прочности может быть принят для временных установок равным 2,5, а для капитальных от 3,5 до 4,5. Исчисленный выше горизонтальный распор несущего каната передается якорному тросу, удерживающему мачту; если обозначим угол наклона ванта к горизонту через β (рис. 83), то усилие в ванте выразится в виде

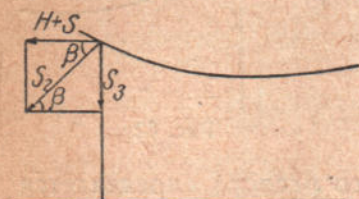


Рис. 83

$$\frac{H + S_1}{\cos \beta} = S_2.$$

Вертикальное усилие на мачту будет:

$$S_3 = S_2 \sin \beta + Q = (H + S_1) \operatorname{tg} \beta + Q. \quad (36)$$

По этому усилию определяют прочные размеры мачты. Таким образом могут быть определены надлежащие размеры главных элементов кабельного крана, т. е. мачты несущего каната и оттяжки.

Ввиду того, что усилия в оттяжках кабельных кранов значительны, необходима также проверка якорей на прочность. Качающиеся мачты отличаются от описанных выше тем, что вершины их могут отклоняться в плоскости, перпендикулярной к пролету между мачтами на некоторый угол (8—10%) в ту и другую сторону. Такое устройство позволяет обслужить строительные объекты значительной ширины.

Применение кабельных кранов до настоящего времени весьма ограниченное и применяются они, главным образом, в крупноблочном строительстве.

Тип такого крана, расчет и сравнительный анализ работы его по отношению к башенным, деррик-кранам и порталным можно найти в трудах Харьковского института сооружений за 1936 год.

г) Подъем конструкций при помощи копров

Вторым видом подъемных приспособлений являются копры. В отличие от мачт они представляют собой устойчивые про-

странственные фермы, имеющие базу достаточную для устойчивости копра без применения оттяжек.

Копры изготавливаются обычно на месте работ. Основным материалом для них служат бревна, пластины, брусья и доски. Копры конструируются в виде треугольных (пирамидальных) либо прямоугольных (призматических) пространственных ферм. Треугольные копры имеют конструкцию, сходную с конструкцией копров для забивки свай.

Пример конструкции копра с прямоугольной фермой ясен из рисунка 84. Копер состоит из четырех деревянных стоек $\varnothing 22$ мм, связанных распорками и диагоналями из бревен и пластин. Все соединения сделаны без врубок на болтах.

По верху копра уложены двутавровые балки A , служащие опорой для верхних блоков полиспастов B и B_1 . В задней части копра установлены лебедки C (вторая лебедка не видна).

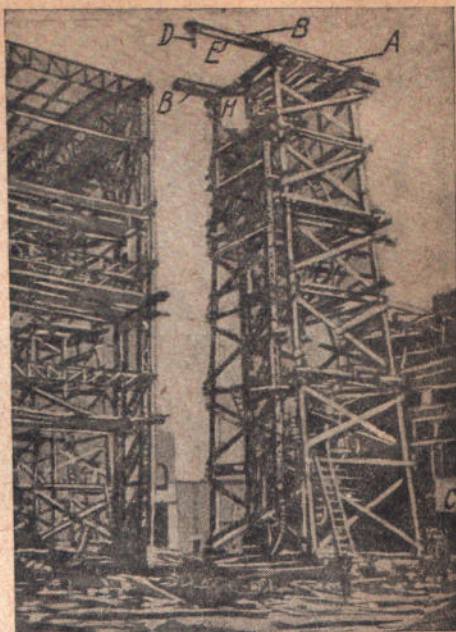


Рис. 84. Копер для подъема рамных конструкций

Для подъема связей, соединяющих устанавливаемую колонну с предыдущей, копер снабжен блоком D вынесенным вперед на балках E . Так как вес копров обычно значителен, для перемещения их применяют катки или рельсовый путь.

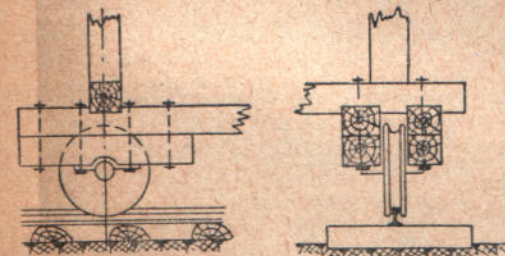


Рис. 85. Деталь ходовой рамы копра с колесом

Копер, изображенный на рис. 84, перемещался на колесах по рельсовому пути. Конструкция колеса дана на схеме рис. 85. Она не рассчитана на перемещение копра под нагрузкой. Во время подъема нижний пояс копра подклинивался клетками из брусьев.

Установка конструкций каркасных зданий копрами ведется точно так же, как и мачтами, с той только разницей, что копры не требуют установки растяжек и снятия их при перестановке. На рис. 86 показана установка колонны весом около 10 т при помощи копра.

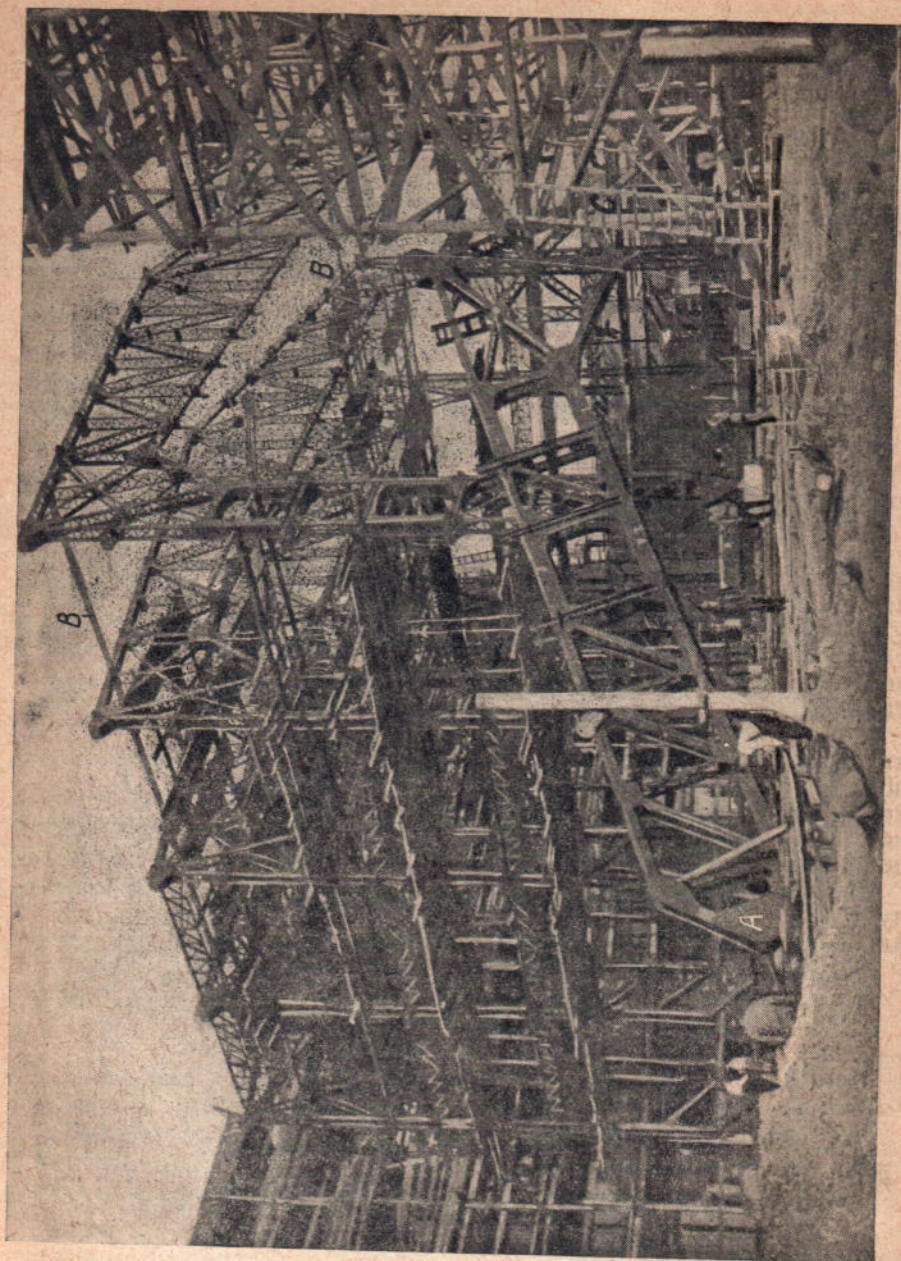


Рис. 86. Подъем 10-тонной колонны рамной фермы

Для облегчения движения нижнего конца колонны *A* под этот конец подведены сани на катках, подвигаемые в начале подъема при помощи реечного домкрата и ломов. Эта же колонна в поднятом виде видна на фото 84.

Так как ферма, изображенная на рис. 86, представляет собой жесткую двустенчатую конструкцию, устойчивость ее (под действием собственного веса) обеспечена.

Таким образом, после установки фермы она связана с предыдущей только двумя обрешетинами *B*. Связь эта является достаточной, чтобы обеспечить ферму от опрокидывания. При монтаже этих конструкций сведено к минимуму количество монтажных стыков, подлежащих клепке наверху.

Каркас здания, как видно из фотографии на рис. 86, состоит из ряда поперечных двухшарнирных решетчатых рам. Пролет рамы составляет около 30 м при высоте 24,0 м. Каждая рама была доставлена к месту установки (гузом) разобранной на 9 частей. На земле были собраны и склепаны все монтажные стыки ригеля (стропильной фермы) и колонны за исключением стыков *C*, соединяющих колонны с ригелем (см. рис. 86).

Порядок подъема был принят следующий: при помощи блоков *B* (рис. 84), установленных над крайними (наружными) стойками обоих копров, поднимались и устанавливались на опорном шарнире обе колонны. Затем (не ослабляя блоков, удерживающих колонны в вертикальном положении) при помощи блоков *B*₁, расположенных на тележках *H* (рис. 84) поднималась средняя часть рамы (ригель). Так как конструкция монтажных стыков не позволяла завести ригель снизу, он подымался не в плоскости колонны, а с боку ее, пользуясь для этой цели тележкой *H*, которая вместе с верхним блоком перемещалась на самый конец балок.

После подъема ригеля тележки вместе с подвешенным на них ригелем откатывались в окончательное положение и монтажные стыки *C* (рис. 86) собирались на сборочных болтах под клепку. После сборки монтажных стыков и связи рамы с предыдущей, блоки освобождались от нагрузки и копры откатывались для подъема следующей рамы.

На рис. 87 дан общий вид копра треугольного типа. Устройство его понятно из чертежа. При отсутствии оттяжек копры должны быть рассчитаны на опрокидывание. Если примем обозначения на схеме (рис. 88): *Q* — собственный вес копра, *a* — расстояние центра тяжести копра от передней грани нижней его рамы, *p* — вес поднимаемого груза, *b* — наибольшее возможное удаление груза (от центра тяжести его), то устойчивость копра определится уравнением моментов действующих усилий

$$Qa \geq k \cdot p \cdot b,$$

где k_1 — коэффициент устойчивости, принимаемый не менее 1,5, если ветер не учитывается особо и 1,2, если таковой принимают в расчет.

В этом случае формула примет вид:

$$Qa \geq k'(pb + vh + v'h'), \quad (37)$$

где v и v' давление ветра на копер и поднимаемый груз и h и h' им соответствующие высоты приложения этих усилий.

Наибольшее значение в уравнении имеет член pb , следовательно, для повышения устойчивости копра надо стремиться к возможному сокращению величины b , т. е. поднимать груз вблизи вертикальной стойки.

Представляя собой устойчивое сооружение,

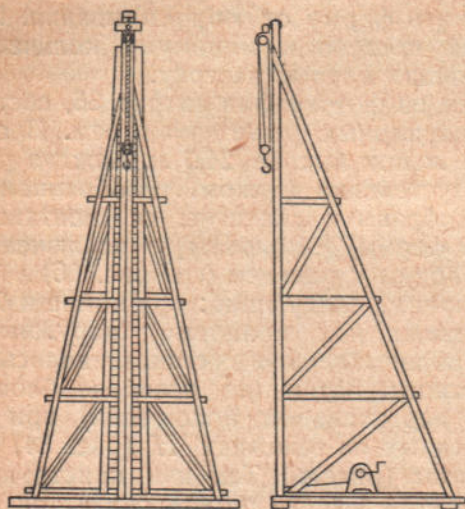


Рис. 87. Общий вид копра

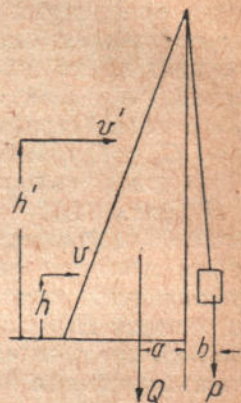


Рис. 88

оборудованное необходимыми подъемными средствами, копры явятся переходом к механизированным подъемным кранам.

Основные *преимущества* копров следующие:

- 1) Устойчивость, позволяющая перемещать и пользоваться копрами без устройства оттяжек.
- 2) Возможность устройства рельсового пути и постоянных ходовых частей, что упрощает перемещение копра.
- 3) Возможность установки нескольких подъемных блоков.
- 4) Возможность установки на копре подъемной лебедки, устраняя тем необходимость перестановки ее время от времени, что неизбежно при работе мачтами.

Недостатки копров следующие:

- 1) Большая площадь основания, что требует для перемещения копров большой свободной площади.
- 2) Фиксированное (при обыкновенных копрах) положение блоков и невозможность вследствие этого перемещения поднятых конструкций.
- 3) Громоздкость и сравнительно с мачтами высокая стоимость копра и рельсового пути для его перемещения.

4) Невозможность осуществить большой вылет подъемного крюка.¹

Указанные недостатки в значительной степени ограничивают применение копров на монтажных работах. Копры могут быть выгодно использованы при монтаже крупных зданий тяжелого типа с однообразными конструкциями, позволяющими произвести монтаж всех основных элементов с одного прохода копров вдоль здания. Рассмотренный выше пример как раз соответствовал такому случаю.

Применение копров особенно выгодно в тех случаях, когда ими пользуются для монтажа *подвижных* однотипных конструкций, которые после сборки могут быть легко отодвинуты от копров, не перемещая их.

Пример такого монтажа показан на фото 89 и 90.

В этом случае необходимо было собрать 8 больших передвижных портовых кранов (с длиной моста около 100 м). Подъем мостов этих кранов (собранных предварительно целиком на временных стеллажах) производился пятью деревянными копрами, поставленными в ряд, при помощи десяти комплектов, блоков-полиспастов.

После подъема мостов под них подкатывались заранее собранные металлические опоры, на которые опускались мосты. Законченный кран откатывался в сторону (см. рис. 90 слева), освобождая место для сборки следующего.

Таким образом, весь монтаж был проведен при помощи установленных один раз подъемных приспособлений.

Подъем конструкций при помощи копров, при прочих равных условиях, требует меньше рабочей силы, чем подъем мачтами, вследствие отсутствия рабочих на оттяжках.

Подъемные краны, употребляемые при монтаже конструкций

Рассмотренные нами приспособления для подъема (мачты и копры) являются простейшими совершенно немеханизированными (в лучшем случае приводной является подъемная лебедка) и могут быть оправданы при сравнительно небольшом объеме монтажа или для подъема некоторых специальных сооружений.

При больших такелажных работах, имеющих место почти на всех крупных стройках машиностроительных и металлургических заводов, коксовых установок и т. п., надлежит переходить к более совершенным механизированным приспособлениям для установки.

Приспособления эти обычно не являются уже временными сооружениями, изготовляемыми на месте работ, а представляют собой подъемные краны постоянного типа с соответствующими механизмами.

Краны эти доставляются к месту постройки в разобранном

¹ Вылетом называется горизонтальное расстояние от передней части основания до вертикали, проходящей через верхний подъемный блок.

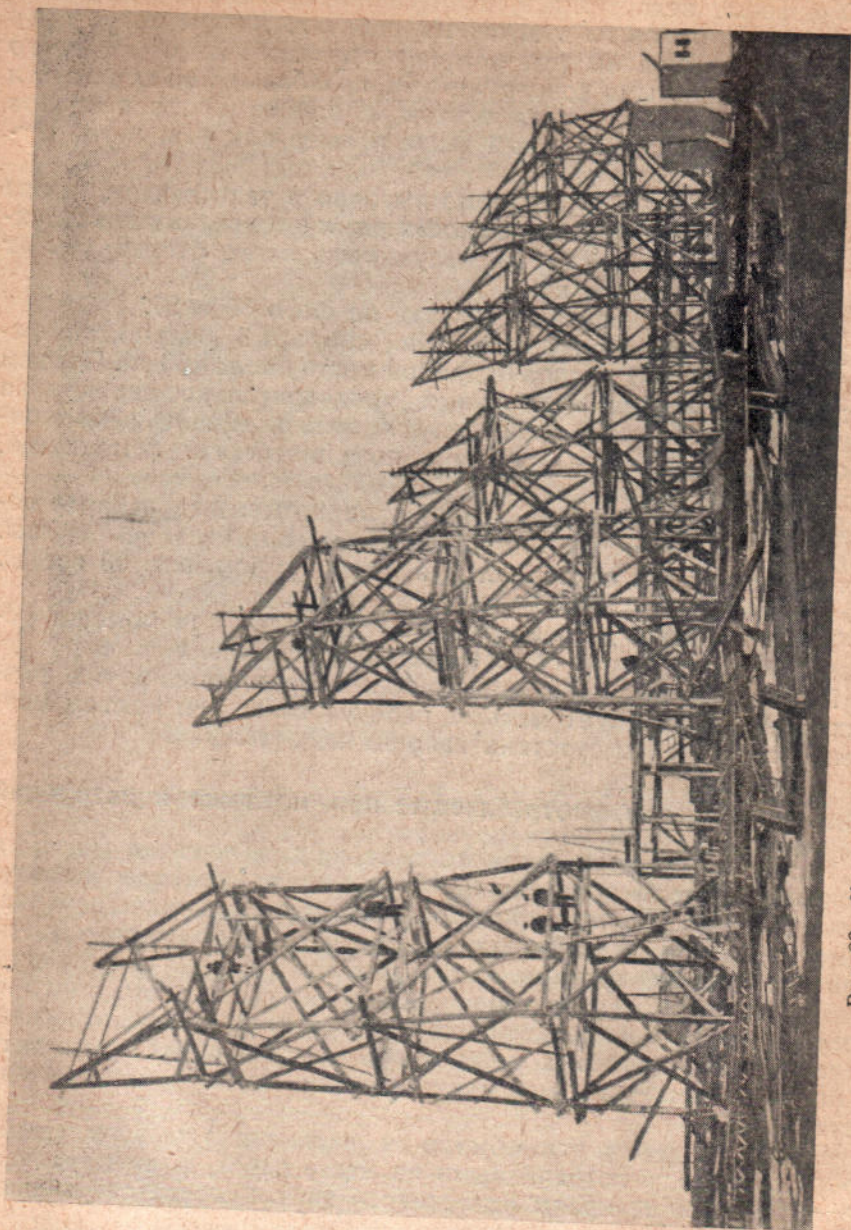


Рис. 89. Копровые краны для сборки фермы порталных кранов

виде, собираются и используются на данном строительстве, а затем могут быть вновь разобраны для перевозки в другое место.

Благодаря тому, что все основные механизмы в таких кранах снабжены механическим приводом, монтаж и установка ими конструкций происходит значительно скорее, что помимо, быстроты, значительно удешевляет монтаж. В зависимости от условий монтажа и типа монтируемых конструкций применяют различные виды подъемных монтажных кранов.

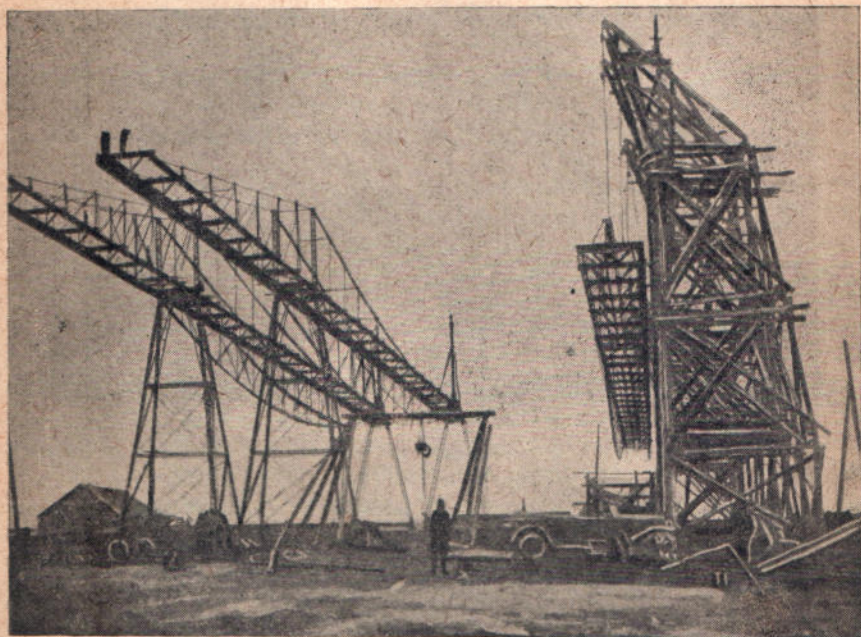


Рис. 90. Копровые краны для сборки фермы порталных кранов

Ниже мы даем описание конструкций кранов различных типов и основные указания, в каких случаях монтажа, какой тип наиболее рационален.

Подъем конструкций деррик-кранами (журавлевый кран)

Универсальным и самым распространенным подъемным краном является так называемый деррик-кран, получивший громадное распространение в Америке и быстро осваиваемый на стройках и монтажных работах в СССР.

Принцип работы и схема конструкции деррик-крана заключается в следующем (см. рис. 91).

На треугольной плоской горизонтальной раме при помощи заднего подкоса *B* и двух боковых *C—C* укрепена вертикаль-

ная стойка A . Эта стойка может вращаться вокруг вертикальной оси, опираясь на пяту D и верхний шарнир D_1 . К стойке A в нижней ее части при помощи шарнира E (с горизонтальной осью вращения) прикреплен подвижная стрела крана F , несущая на конце блок-полиспаст G , служащий для подъема груза, и блок-полиспаст H , служащий для опускания стрелы. Трос от полиспаста G идет к стойке A вдоль стрелы F ; трос от блока H — к верхней части стойки.

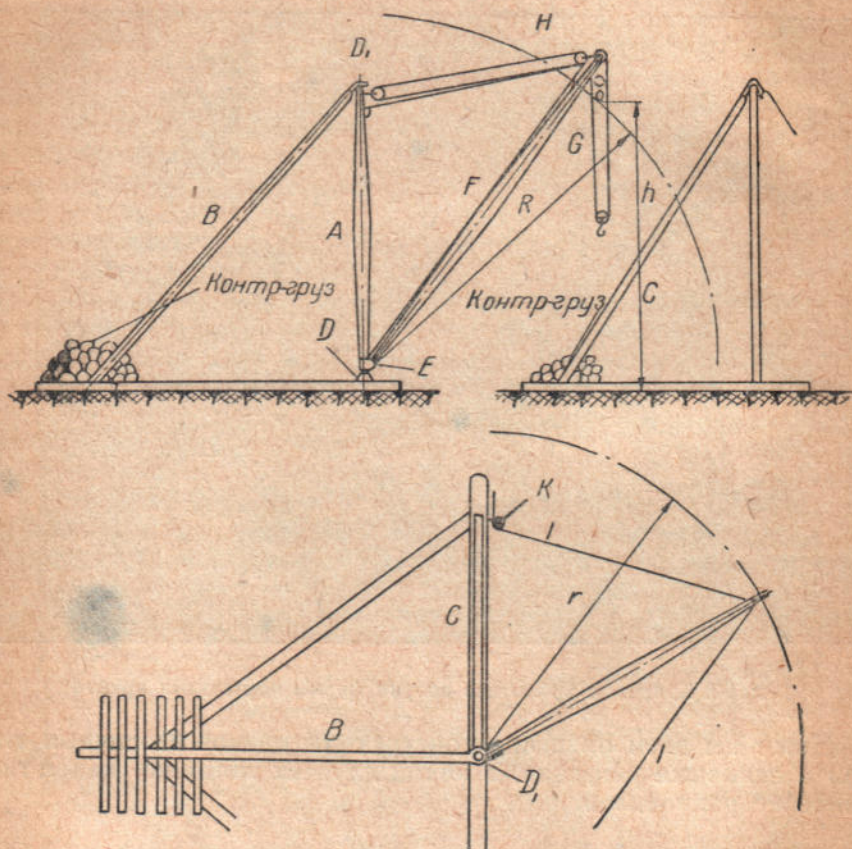


Рис. 91. Жесткий деррик-крана

При посредстве системы блоков эти тросы дальше идут к электрическим лебедкам. Лебедки эти могут быть установлены либо на нижней горизонтальной раме деррика, либо в стороне от него. Установка лебедок в стороне имеет то преимущество, что облегчает перестановку деррика и подводку электрического тока к неподвижным точкам. Пользуясь двумя лебедками, можно поднимать груз и независимо от этого поднимать или опускать стрелу, перемещая этим груз в горизонтальном направлении.

Вращая стойку A вместе со стрелой F вокруг вертикальной оси, можно также перемещать груз в поперечном направлении.

Таким образом, деррик может поднять груз в любую точку в пределах четверти сферы радиуса R . Боковое перемещение стрелы F достигается двумя оттяжками I , прикрепленными к концу стрелы и проходящими через оттяжные блоки K .¹

Так как горизонтальное перемещение груза в поперечном направлении не требует никакого усилия, кроме преодоления трения, то при небольших дерриках поперечное перемещение может осуществляться вручную при помощи указанных выше оттяжек.

В полностью механизированных дерриках для поперечного перемещения устанавливают третью лебедку, вращающую вертикальную стойку, осуществляя этим боковое перемещение груза.

Во избежание опрокидывания деррика при подъеме груза нижняя рама загружается контргрузами (камнями, строительными материалами и т. п.) у нижних концов заднего и боковых подкосов.

Грузоподъемность деррика зависит от размеров и прочности элементов, его составляющих, а также от величины контргрузов.

Из условия опрокидывания очевидно, что при данном весе контргруза грузоподъемность крана будет тем меньше, чем больше вылет. Каждый кран должен быть снабжен прикрепленной к нему таблицей с указанием максимальной грузоподъемности и зависимости между вылетом, грузоподъемностью и весом противогрузов (если эти противогрузы не являются постоянными).

Кроме контргрузов, устойчивость деррика может быть обеспечена оттяжками, удерживающими в вертикальном положении верхушку стойки.

Для малой грузоподъемности и небольших вылетов применяют деревянные деррики, не имеющие обычно приводных лебедок.

Для большой грузоподъемности деррик-краны строятся металлическими с двумя или тремя приводными электрическими лебедками. Лебедки эти приводятся в действие либо от одного мотора путем соответствующих включений, либо каждая лебедка имеет самостоятельный мотор. Последняя конструкция, в виду значительного упрощения механической части лебедки, предпочтительнее.

Из изложенного ясны большие преимущества деррик-кранов, заключающиеся в основном в следующем:

1) Возможность при достаточном вылете и грузоподъемности обслужить с одной установки крана большую площадь здания. Таким образом, с одного положения деррика можно произвести подъем и установку нескольких элементов конструкций, а также подтащить и поднять элементы, расположенные не у самого крана.

¹ Следует иметь в виду, что при закреплении боковых оттяжек стрела может опускаться или подниматься, только находясь в среднем (в плане) положении. В противном случае подъем стрелы будет ослаблять одну и натягивать другую оттяжку.

2) При наличии приводных электрических лебедок быстрота работы и значительное (по сравнению с ручным подъемом) уменьшение потребной рабочей силы.

3) По сравнению с другими кранами простота конструкции и удобство перевозки, поскольку кран легко разбирается на отдельные длинные элементы малых поперечных размеров.

Эти преимущества столь значительны, что сделали эти краны чрезвычайно распространенными. Грузоподъемность их почти неограничена (встречаются деррик-краны грузоподъемностью в 150 т), что позволяет монтировать ими почти все виды металлоконструкций.

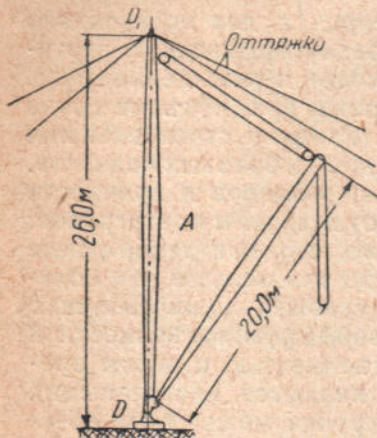


Рис. 92. Вантовый деррик

Недостатками деррик-кранов являются:

1) Большие размеры основания, требующие более или менее спланированной площади для установки и передвижки крана.

2) Медленность и сложность передвижки, связанная с необходимостью уборки и загрузки вновь контргрузов или перестановки оттяжек.

Последний недостаток в значительной степени искупается тем, что при достаточном вылете кран может с одной установки монтировать много элементов, вследствие чего количество перестановок значительно сокращается.

В случае невозможности освободить достаточную площадь для установки опорной рамы деррик-крана применяют несколько видоизмененную конструкцию его по рис. 92. В этом случае стойка крана А удерживается в вертикальном положении вместо подкосов оттяжками, прикрепленными к верхней коронке D_1 , в которой стойка может вращаться вокруг вертикальной оси. Нижняя пята имеет несколько развитую площадь, чтобы не вдавливаясь в грунт во время работы крана. Стойка такого деррика проектируется значительно длиннее стрелы, чтобы оттяжки не мешали работе крана.

Радиус действия такого крана еще больше, чем предыдущего типа, так как стойка со стрелой может поворачиваться на 360° (в предыдущем типе на 180°). Для возможности такого поворота должны быть надлежащим образом сконструированы оттяжные блоки, выводящие подъемные тросы к лебедкам, устанавливаемым в стороне от крана. Поперечное перемещение конца стрелы достигается ручными боковыми оттяжками.

Кран такого типа, обладая всеми преимуществами обычного деррика, занимает своим основанием ничтожную площадь, может вследствие этого производить монтаж в самых тесных местах

и позволяет занять всю площадь монтажа подготовляемыми к установке элементами конструкций.

Последнее обстоятельство весьма существенно, так как монтаж механизированными дерриками происходит очень быстро, вследствие чего нет времени подтаскивать конструкции, собранные в стороне. Они должны быть расположены (в законченном виде) в пределах радиуса действия крана.

Для сравнения эффективности работы дерриками такого типа и мачтами вернемся к рассмотренному нами примеру монтажа мачтами конструкций здания, план которого изображен на рис. 76.

Поставив деррик для монтажа третьего (восточного) пролета цеха в положение *D* (рис. 76) при размерах крана по рис. 92, можно с этой установкой установить, начиная от северного конца, все элементы конструкций третьего пролета до третьего ряда колонн (№ 3).

Таким образом, могут быть поставлены 6 колонн, 3 стропильные фермы (опирающиеся на колонны рядов *III* и *IV*) и 4 подкрановых балки вдоль рядов *III* и *IV*.

После перестановки деррика в положение *E* могут быть установлены все остальные элементы третьего пролета, т. е. еще 10 колонн, 5 стропильных ферм и 20 подкрановых балок. Таким образом, с двух установок дерриком будет поставлено 48 элементов. При производстве этих же работ мачтой потребовалось бы сделать 48 перестановок, так как мачтой с одной установки можно поднять обычно только один элемент.

Из изложенного ясны громадные преимущества дерриковых кранов по сравнению с весьма примитивной установкой мачтами.

При монтаже высоких зданий, имеющих междуэтажные перекрытия деррик-краны после монтажа ими нижней части здания могут быть установлены на верхнем междуэтажном перекрытии для дальнейшей установки конструкций. Фотография, иллюстрирующая монтаж при помощи деррик-крана, приведена на рис. 93.

Деррики с большим успехом используются также при монтаже конструкций металлургических заводов. В этом случае, например, для монтажа конструкций доменных печей и кауперов,

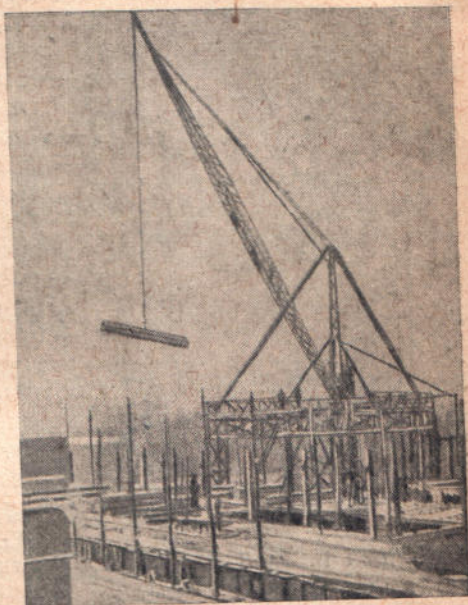


Рис. 93. Пример применения деррик-крана

имеющих большую высоту, монтируют в первую очередь один из кауперов, а затем, установив деррик на этом каупере, ведут при его помощи монтаж доменной печи, соседнего каупера и конструкций, находящихся в пределах вылета крана.

Определение усилий, действующих в основных элементах деррик крана, может быть произведено на основании следующих соображений:¹ На рис. 94 представлена схема вантового деррика с буквенными обозначениями отдельных его элементов и узлов.

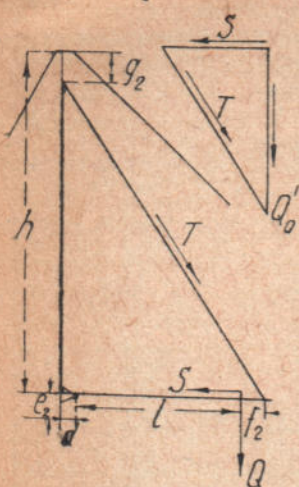


Рис. 94

h — обозначает высоту деррика от паука до паука,

l — длина стрелы деррика,

d — расстояние шарнира вращения стрелы от оси крана,

f_2 — расстояние точки подвеса блока от точки подвеса стрелы,

g_2 — расстояние от точки подвеса блока подъема стрелы до паука,

e_2 — расстояние шарнира стрелы от подшвы.

Обозначим через Q предельный груз, поднимаемый краном. Для вантовых дерриков этот груз одинаков для всех положений стрелы.

Через g обозначим вес стрелы

и g_1 — такелажа.

Тогда полная нагрузка в конце стрелы будет

$$Q_0 = Q + \frac{g}{2} + g_1. \quad (38)$$

По величине этой силы должны быть определены усилия, действующие на полиспаст, на стрелу и через посредство полиспаста на стойку крана. По этим усилиям подбираются прочные размеры этих элементов крана.

Наибольшие усилия от действия указанного выше груза будут, очевидно, в положении стрелы с наибольшим вылетом, т. е. в положении, близком к горизонтальному.

Усилия в стреле и стреловом полиспасте легче всего могут быть определены графически, как показано на рис. 94, путем построения треугольника сил.

Следует иметь в виду при построении треугольника сил, что сила, передающаяся на полиспаст на конце стрелы Q'_0 , не будет равна силе Q_0 поскольку подъемный блок подвешен не на конце стрелы, а на расстоянии f_2 от него. Величина силы Q'_0 , очевидно, будет равна:

$$Q'_0 = \frac{Q_0 l}{l + f_2}.$$

¹ Ликин и Миловидов „Сборка металлических конструкций“, стр. 91.

Вследствие того, что силы Q_0 и T приложены эксцентрично, по отношению к точкам крепления стрелы и мачты, при расчете их необходимо, кроме осевых сжимающих сил, учесть также изгибающие моменты от эксцентрического приложения сил, а для стрелы еще от собственного веса.

Подбор сечения стрелы по найденным величинам усилий производится подобно описанному уже способу при расчете мачт.

По определенным величинам усилий в мачте, получаемым путем разложения силы стрелового полиспаста на направление оси мачты и ванта, рассчитывается сама мачта. При определении усилий в ней необходимо учесть также влияние начального натяжения вант, усилия в сбегавшем конце троса стрелового полиспаста и эксцентричного подвешивания полиспаста, шарнира стрелы и мест крепления отводных роликов грузового и стрелкового полиспаста. Расчеты эти аналогичны описанным выше при расчете мачт.

Башенные дерриковые краны

Рассмотренные нами дерриковые краны, будучи установлены на уровне земли, применяются преимущественно для монтажа конструкций высотой до 25,0 м. При большей высоте требуется установка основания деррика на уже монтированных конструкциях, что не всегда возможно. Поэтому при монтаже особо высоких зданий и специальных сооружений большой высоты применяют разновидность деррикового крана так называемый башенный дерриковый кран.

По принципу своей работы кран этого типа ничем не отличается от только что рассмотренного деррика со стойкой, рассчитанной оттяжками. Разница заключается лишь в том, что стрела укреплена не внизу стойки, а на некоторой высоте ее, в зависимости от потребной высоты монтажа. Схема конструкции такого крана дана на рис. 95.

Стойка (мачта) крана состоит из 4 одинаковых средних звеньев и двух концевых (нижнего и верхнего). Кран может быть собран в зависимости от потребной высоты монтажа с большим или меньшим количеством средних звеньев.

Так как в башенных кранах горизонтальная составляющая от давления стрелы на шарнир D изгибает стойку, то грузоподъемность крана (из условия прочности стойки) будет, очевидно, зависеть от его вылета, а при переменной высоте стойки также от ее высоты. Поэтому эти краны должны быть обязательно снабжены табл. с указанием зависимости между вылетом, грузоподъемностью и высотой подъема. Для крана по рис. 95 эта зависимость дана в виде графика. Каждая кривая этого графика соответствует различной высоте стойки, собранной из большего или меньшего числа звеньев. Высота, надписанная на кривых, соответствует высоте подъема при наибольшем вылете, т. е. при горизонтальном положении стрелы.

Благодаря значительным горизонтальным усилиям, действующим на стойку в шарнире D и большой высоте стрелы, краны этого типа строятся с меньшим вылетом по сравнению с обычными дерриками. Вследствие этого радиус действия (в плане) башенных дерриков меньше, чем у обыкновенных.

Равным образом вес их значительно больше, что затрудняет и удорожает перестановку. Вследствие этого эти краны могут быть рационально использованы, как уже указывалось выше, при монтаже особо высоких зданий и притом малых поперечных

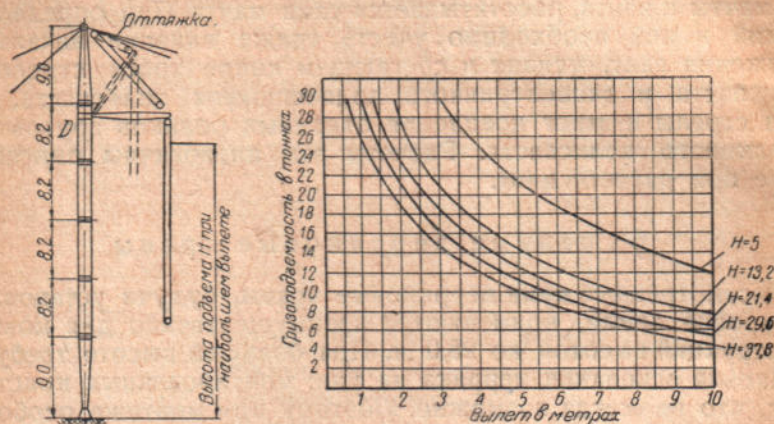


Рис. 95. Башенный деррик

размеров, монтаже высоких конструкций резервуарного типа (кауперов, скрубберов и т. п.)¹.

При монтаже такими кранами высоких зданий, для полного использования радиуса действия крана его можно расположить внутри плана здания и вести им монтаж до полной установки всех элементов конструкций. В этом случае после окончания монтажа кран разбирается и вынимается между установленными конструкциями по частям. Указанный случай монтажа иллюстрируется фотографией на рис. 96.

Подъем конструкций порталными кранами

Рассмотренные нами обычные дерриковые краны с опорной рамой, или с расчлененной оттяжками стойкой очень удобны и наиболее рационально могут быть использованы при монтаже основных элементов каркасных зданий.

К таким элементам относятся колонны, подкрановые балки, стропильные и подстропильные фермы и т. п. части сооружения,

¹ Монтаж скрубберов таким краном рационально производить только в том случае, если не представляется возможным собрать скруббер целиком на земле в горизонтальном положении и поднять его целиком в законченном виде.

составляющие основной каркас здания и устанавливаемые в первую очередь.

Установка деррик-кранами второстепенных элементов конструкций, как например, связей между стропильными фермами, обрешетин, кровли, внутренних рабочих площадок и перекрытий, тормозных связей между колоннами и т. п. либо вовсе невозможна вследствие того, что движению стрелы крана будут препятствовать уже установленные основные конструкции, либо будет чрезвычайно затруднена.

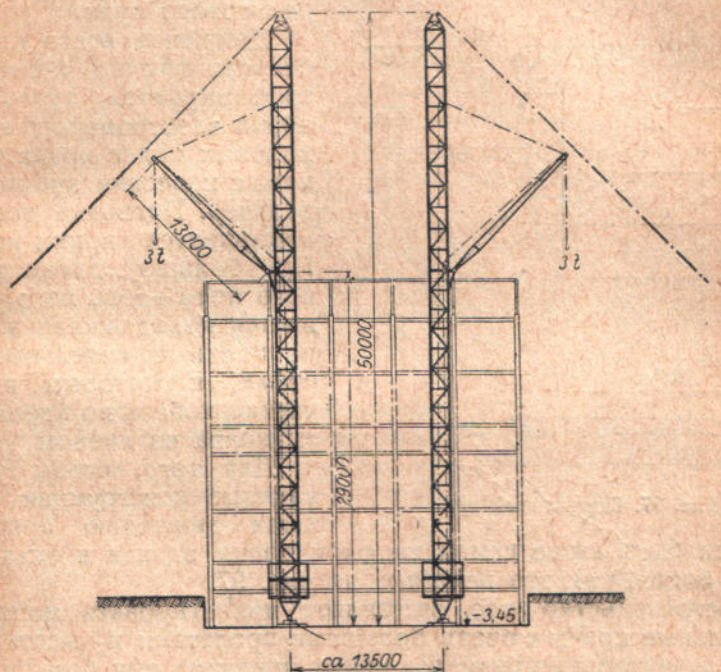


Рис. 96. Монтаж каркаса здания башенным дерриком

Монтаж этих элементов в таких случаях приходится вести небольшими легкими мачтами, используя уже установленные конструкции в качестве опоры для подвески к ним блоков, при помощи которых поднимаются отдельные части конструкций.

Монтаж таким способом чрезвычайно длителен, дорог и может отнять больше времени, чем установка дерриками основных конструкций.

Для того, чтобы еще больше ускорить монтаж и чтобы иметь возможность при помощи одного и того же крана установить все без исключения элементы конструкций, применяют так называемые порталные краны.

Краны этого типа состоят из большой металлической решетчатой рамы, опирающейся своими опорами на ходовые колеса,

при помощи которых рама может перемещаться в направлении, перпендикулярном ее плоскости. Схематический чертеж такого крана дан на рис. 97.

По верхнему или нижнему поясу горизонтальной части рамы движется тележка с электрической подъемной лебедкой. Таким образом, при помощи движения всего крана по рельсовому пути и движения тележки по верхнему ригелю крана в направлении перпендикулярном можно обслужить подъемным краном любую точку в пределах внутреннего очертания рамы по длине всего рельсового пути.

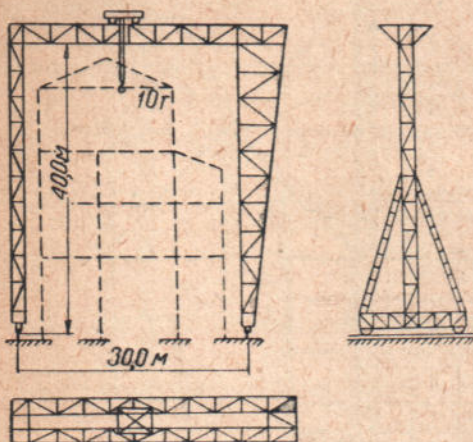


Рис. 97. Портальный кран

Движение всего крана по рельсам обычно также электрифицируется путем установки электромотора на раме ходовых колес крана, связанного с колесами зубчатой передачи. Подводка тока осуществляется гибким кабелем. При большой длине рельсового пути вдоль него устраивается неподвижная электропроводка с отдельными постами, к которым приключается кабель во время работы крана на данном участке.

Для того, чтобы установленные конструкции не мешали движению крана, он должен быть выше самой высокой точки здания и охватывать его с боков, как это показано на рис. 97. Обстоятельство это заставляет проектировать монтажные порталные краны с очень большими пролетами и высотой. При таких значительных размерах крана придание ему большой грузоподъемности вызвало бы значительное увеличение его веса, а следовательно, затруднило бы эксплуатацию и увеличило стоимость. Поэтому грузоподъемность порталных кранов, предназначенных для монтажных работ, не превышает обычно 15,0 т (в исключительных случаях 30 т).

Портальные краны, как видно из вышеизложенного, особенно удобны при сборке промышленных сооружений, имеющих ограниченную ширину по сравнению с длиной. Они широко применяются также при монтаже мостов.

Конструктивно порталные краны выполняются из дерева и металла.

В первом случае для большей прочности врубок и стыков применяются металлические планки. По своим размерам порталные краны должны удовлетворять двум условиям: с одной стороны, иметь внутри ног пространство вполне достаточное для возможности свободного выполнения сборки элементов со-

оружения, с другой же стороны свободные „зазоры“ не должны даваться чрезмерно великими, чтобы не создавать слишком громоздкой конструкции крана.

При установлении размеров крана в этом случае можно руководствоваться следующим: ширина крана должна быть на 1 м больше ширины конструкции в ее наиболее выступающей части, высота крана определяется наибольшей высотой поднимаемого элемента с добавлением до 2 м до крюка.

Полная высота до низа траверзы определится, добавляя сюда еще 3—2,5 м на блоки и стропы.

Портальные краны являются наиболее совершенным подъемным средством, так как, помимо возможности поднять и установить данную деталь в любую точку монтируемого здания, они могут перемещаться с грузом вдоль рельсового пути и, следовательно, взять требуемую деталь в любом месте на всем протяжении пути крана.

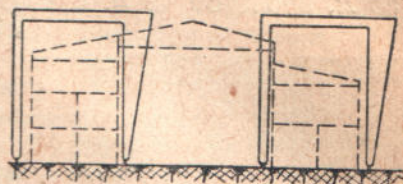


Рис. 98. Пример монтажа многопролетного здания порталным краном

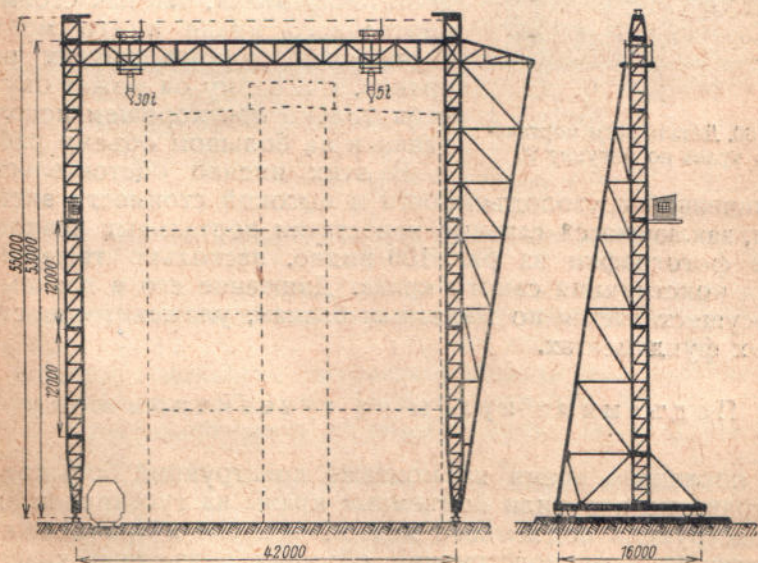


Рис. 99. Портальный кран высотой 50 м и грузоподъемностью 30 т

Краны этого типа могут быть использованы не только для монтажа однопролетных зданий, как это показано на рис. 97, но и для монтажа многопролетных конструкций. В этом случае монтаж ведется через один пролет с тем, что промежуточные пролеты монтируются другим способом. Пример такого мон-

тажа показан на рис. 98, где все колонны и элементы крайних пролетов могут быть смонтированы порталными кранами, а междуэтажные и стропильные перекрытия среднего пролета должны будут монтироваться мачтами.

Фотография на рис. 99 изображает порталный кран высотой 50 м, пролетом 42 м, с двумя подъемными тележками мощностью 5 и 30 т.

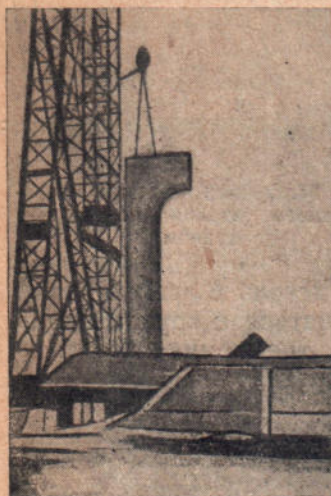


Рис. 100. Деталь ноги порталного крана по рисунку 99

Фото на рис. 100 изображает одну из опор этого крана и подъем одного из элементов конструкций.

Несмотря на указанные выше преимущества порталных кранов применение их возможно и рационально только для высоких зданий с большим количеством междуэтажных перекрытий и с весом отдельных элементов, не превышающим сравнительно небольшую грузоподъемность порталного крана.

Кроме того, объем таких работ на территории стройки должен быть достаточно велик, так как стоимость порталного крана и его монтажа значительно дороже других видов кранов, и поэтому он может окупить себя только при хорошем использовании и на большом объеме работ.

В этих именно обстоятельствах: ограниченной грузоподъемности и высокой стоимости эксплуатации, заключаются главные недостатки порталных кранов.

Из фотографии на рис. 100 видно, насколько тяжелой является конструкция самого крана. Движение его в данном случае осуществляется по железным балкам, уложенным на специальных фундаментах.

Подъемные краны на гусеничном ходу

В последнее время на монтаже конструкций большое распространение получили подъемные краны на гусеничном ходу.

Конструкция подъемного механизма крана в принципе ничем не отличается от конструкции обычных подъемных кранов на железнодорожном ходу, т. е. они работают при помощи наклонной стрелы, на верхнем конце которой установлены подъемные блоки. Что касается перемещения крана, то оно осуществляется при помощи гусеничного хода.

Схема такого крана дана на рис. 101.

Поперечное перемещение поднимаемого груза достигается поворотом на специальных катках верхней части крана вокруг

вертикальной оси¹. Стрела крана составная из отдельных звеньев и может иметь для изображенного на чертеже крана наибольшую длину в 17,5 м.

Подъем стрелы этих кранов может производиться только при отсутствии груза.

Гусеничные краны строятся различной грузоподъемности от 5 до 25 т. В виду малой устойчивости крана на опрокидывание, наибольшая грузоподъемность его соответствует поднятой под наибольшим углом стреле.

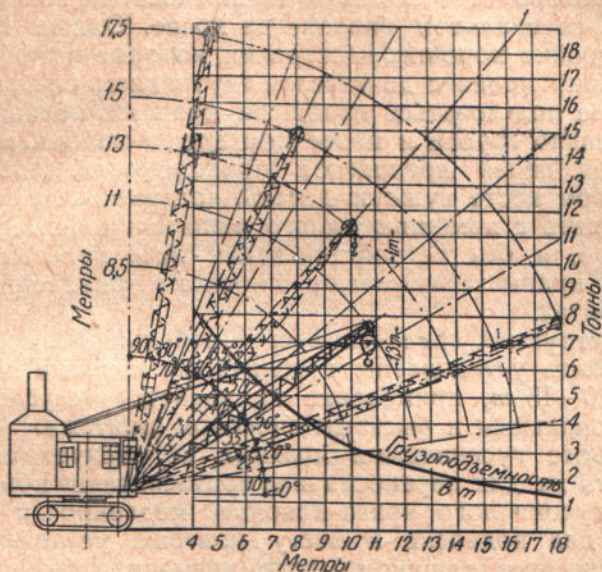


Рис. 101. Схема гусеничного крана и диаграмма его мощности

Зависимость между вылетом крана и его грузоподъемностью дана графически на рис. 101. Так как опрокидывание гусеничных кранов вследствие неправильной нагрузки явление очень частое, надлежит обратить особое внимание на эту сторону дела и обязательно иметь на каждом кране таблицу его грузоподъемности.

Ввиду большой подвижности гусеничные краны не строятся с электрическим приводом. Двигатели на них бывают либо паровые, либо внутреннего сгорания.

Паровые краны для монтажных работ менее выгодны, чем с двигателями внутреннего сгорания, вследствие большого и непроизводительного расхода топлива. Дело в том, что во время монтажа конструкций перерывы в работе крана могут быть весьма значительными. Например, при установке стропильных

¹ В некоторых конструкциях кранов перемещение груза достигается поворотом всего крана путем вращения гусениц, в разных направлениях.

ферм после их подъема на нужную высоту до закрепления фермы на опорах и постановки необходимых связей проходит иногда 2—3 часа.

В течение всего этого промежутка времени кран должен стоять под нагрузкой, но не работать. Потушить паровой котел в этом случае не представляется возможным, и кран будет непроизводительно расходовать топливо.

При двигателе внутреннего сгорания он может быть при более или менее длительном бездействии остановлен, так как пуск его производится без затруднений сжатым воздухом, хранящимся в специальном баллоне на кране. Однако при отсутствии на стройке хороших мастерских, которые могли бы производить ремонт крана с двигателем внутреннего сгорания, предпочтительнее пользоваться паровыми кранами, механизм которых значительно грубее и менее подвержен поломкам.

Благодаря своей прекрасной проходимости, возможности взять в любом месте нужную деталь, подвезти ее к месту монтажа и подвять с помощью одного лишь машиниста, управляющего краном, и без устройства каких-либо рельсовых путей, гусеничные краны заслуживают широкого применения на монтажных работах.

Для конструкций среднего веса и небольшой высоты, которые могут быть установлены гусеничными кранами грузоподъемностью 10—15 т, применение их является безусловно, наиболее рациональным и быстрым способом монтажа.

При работе гусеничными кранами не следует стремиться использовать их для переноски или подтаскивания конструкций. Движение гусеничного крана довольно медленное и использование его для подноски к месту монтажа устанавливаемого элемента отнимает слишком много времени и без надобности изнашивает ходовые части, время службы которых без ремонта довольно ограничено.

Части конструкций при монтаже гусеничными кранами должны быть, как и при других способах монтажа, заранее доставлены, собраны и подготовлены к установке.

Кроме работ по подъему конструкций, гусеничные краны чрезвычайно удобны для вспомогательных работ по разгрузке конструкций, погрузке их на вагонетки в случае подтаскивания этим способом и, наконец, для перекантровки отдельных частей во время скелпки или сварки перед установкой. Для этой последней операции гусеничные краны по удобству, скорости и дешевизне работ являются незаменимыми.

Оценивая значение гусеничных кранов на монтажных работах, следует отметить, что использование их для подъема основных элементов конструкций целесообразно, как уже указывалось выше, для монтажа конструкций среднего веса и небольшой высоты.

Однако преимущества гусеничных кранов и эффективность их работы для указанных выше вспомогательных работ, а также

для монтажа мелких элементов конструкций, настолько велики, что наличие таких кранов на монтажных работах среднего и большого веса также следует считать безусловно необходимым.

Даже в тех случаях, когда вес основных конструкций и их высота не позволяют использовать гусеничные краны для подъема основных элементов, краны будут достаточно загружены и вполне оправдают себя на вспомогательных работах по разгрузке и сборке, перекантровке и особенно на монтаже мелких деталей (обрешетин, элементов фахверка и т. п.).

Наконец, гусеничные краны могут оказать большую помощь при подъеме других подъемных приспособлений, применяемых на монтаже (мачт, дерриковых кранов и т. п.).

7. СПОСОБЫ ПОДЪЕМА КОНСТРУКЦИЙ И ВЫБОР ТИПА ПОДЪЕМНЫХ СРЕДСТВ

Существует множество всевозможных способов монтажа металлоконструкций, стоящих в зависимости от ряда причин: типа конструкций, их веса и размеров, подъемных средств, которыми можно располагать, размеров площадки, освобождаемой для монтажа, календарного плана установки и т. п.

Благодаря этому дать какой-либо строго определенный метод монтажа для данного типа конструкций не представляется возможным. В каждом отдельном случае вопрос этот должен быть разрешен в зависимости от местных условий. Мы дадим ниже несколько общих указаний по этому вопросу и приведем несколько характерных приемов монтажа сооружений промышленного типа.

а) Монтаж конструкций цехов машиностроительных и металлургических заводов

Конструкции зданий этого типа состоят обычно из многопролетных одноэтажных зданий без междуэтажных перекрытий.

Основными элементами конструкций являются колонны, подкрановые балки, подстропильные и стропильные фермы. Различные типы этих конструкций рассмотрены в главах, посвященных проектированию. Способы монтажа таких конструкций зависят в первую очередь от того, имеют ли они жестко заделанные колонны, шарнирные или состоят из рамных конструкций.

В первом случае монтаж является наиболее простым, так как установка отдельных элементов благодаря полной устойчивости каждой отдельно стоящей колонны может производиться независимо одна от другой. Порядок монтажа конструкций уже рассматривался нами на рис. 76. Наиболее рациональным средством для подъема таких конструкций являются дерриковые краны при большом весе отдельных элементов и гусеничные краны — для легких конструкций.

Мачты могут быть применены только при малом объеме монтажных работ на стройке и невыгодности вследствие этого завоза подъемных кранов.

Монтаж конструкций второго типа с шарнирными колоннами представляет некоторые затруднения в виду неустойчивости колонны до приведения каркаса в жесткую систему постановкой соответствующих ветровых ферм. В этом случае монтаж следует начинать с установки угловых колонн одного конца здания, стропил над ними и элементов торцевого фахверка, чтобы обеспечить жесткость установленных элементов в направлении перпендикулярном продольной оси здания.

Для обеспечения устойчивости здания в продольном направлении колонны и стропильные фермы должны быть расчалены достаточным количеством тросов, прикрепленных к верхнему поясу стропильной фермы и верхушкам колонны. Только после этого могут быть освобождены от нагрузки приспособления, служившие для подъема угловых колонн и стропильных ферм.

Вслед за этим устанавливаются в последовательном порядке смежные с предыдущими колонны и соединяющие их стропильные фермы. После установки каждой пары колонн и стропильной фермы должна быть немедленно поставлена для обеспечения поперечной и продольной устойчивости ветровая ферма в плоскости ската кровли. Только после этого, а также после постановки части обрешетин для связи стропильной фермы с предыдущей, подъемные краны могут быть переставлены дальше. Растяжки, фиксирующие положение первой фермы и угловых колонн, могут быть сняты только после постановки ветровых связей в плоскости продольных стен.

Установка этих связей должна быть произведена немедленно после установки соответствующих колонн.

Для монтажа конструкций такого типа требуется одновременно большее количество подъемных средств, чем при жестко заделанных колоннах: минимум три комплекта, так как установка обеих колонн и соединяющей их фермы должна вестись одновременно.

При наличии достаточного числа кранов монтаж конструкций с шарнирными колоннами может быть произведен дерриками или гусеничным краном, однако механизмы эти будут плохо использованы, в виду неизбежного длительного простоя, в ожидании соединения поднятых элементов с предыдущими соответствующими связями или фермами. Поэтому в большинстве случаев при монтаже таких конструкций следует отдать предпочтение мачтам, используя гусеничные краны для ускорения установки связей.

Установка конструкций рамного типа может производиться двумя способами: путем предварительной полной сборки и склейки (или сварки) рамы на земле и подъема ее целиком либо подъема по частям — обычно отдельно колонн и ригеля. Первый способ во всех случаях, где по местным условиям это

возможно, следует предпочесть, так как клепка или сварка монтажных стыков наверху удорожает и замедляет работу. Главные затруднения при производстве работ первым способом заключаются в необходимости иметь большую площадь для сборки рам на земле. Пример положения первой рамы перед подъемом ее целиком и расположение деррик-крана показаны в плане на рис. 102.

Так как высота рам обычно в несколько раз больше расстояния между ними, следующая рама, подлежащая установке

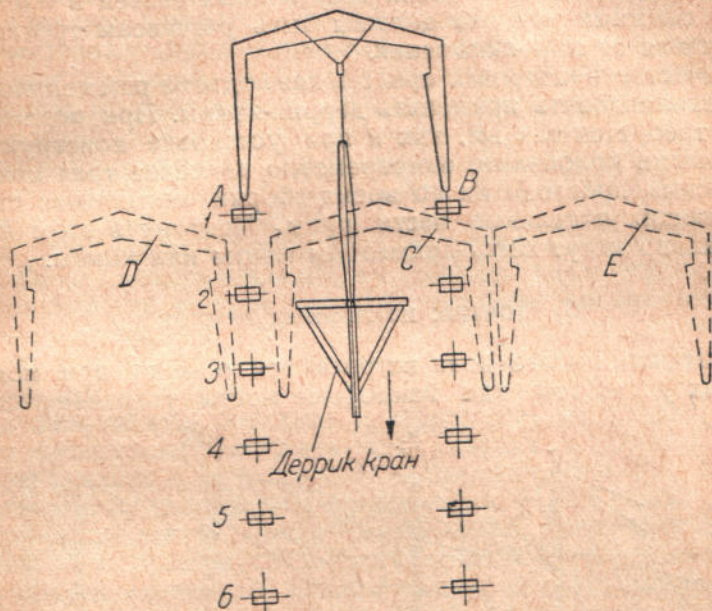


Рис. 102. Схема сборки рамных конструкций целиком собранных ввизу

на фундаментах 2—А и 2—В, не может поместиться в интервале между фундаментами 1 и 2 и может быть расположена в положении С.

Третью и четвертую рамы придется разместить уже вне территории монтируемого цеха (положение D и E).

Подъем рам, расположенных рядом с монтируемым цехом, сразу не всегда возможен, так как при большом пролете вылет деррика может оказаться недостаточным. В этом случае потребуется предварительно передвинуть раму на катках в поперечном направлении (поверх фундаментов) до пределов радиуса действия деррика.

Таким образом, площадь, необходимая для установки целых рам, оказывается значительно больше площади цеха. Кроме того, при больших пролетах требуется горизонтальная передвижка обычно весьма тяжелых рам.

Исходя из этих соображений, способ подъема целыми рамами может быть применен при монтаже рам малого пролета и притом при нестесненной территории. В противном случае надлежит применять способ установки по частям, пример которого приведен нами в описании установки копрами.

В случае, если рамы имеют шарниры внизу или недостаточную заделку в перпендикулярном к плоскости рамы направлении, немедленно после подъема рама должна быть соединена с предыдущей связями.

Кроме того, до постановки треугольных связей в плоскости колонн смежных рам они должны быть расчалены тросами для обеспечения от опрокидывания.

В качестве подъемных средств для подъема рам целиком следует рекомендовать применять деррик-краны. При подъеме по частям требуется так же, как и при установке конструкций с шарнирными колоннами, одновременно не менее трех кранов с неизбежным простоем их во время сборки монтажных стыков, соединяющих отдельные части рамы. Поэтому в этом случае рационально могут быть применены мачты или копры.

б) Монтаж наклонных мостов

Конструкции этого рода встречаются обычно при монтаже коксовых установок, где наклонные мосты устраиваются для

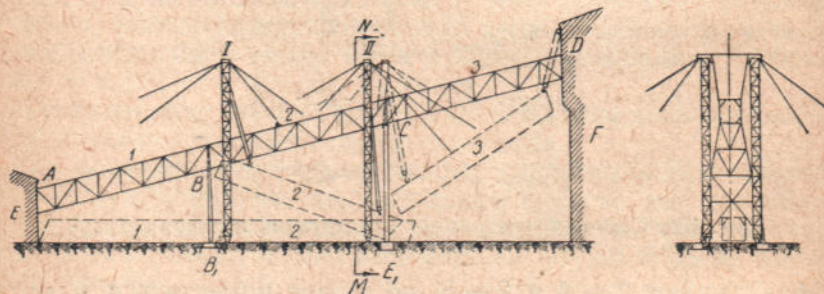


Рис. 103. Типовая схема подъема наклонного моста коксового транспортера

транспортеров и при монтаже доменных печей, где наклонный мост служит для подъема ковша загружающего домну.

На рис. 103 дана схема установки моста на угольную башню типичной коксовой установки. Мост состоит из трех частей, опирающихся на шарнирные опоры $B-B_1$ и $C-C_1$ и на железобетонные здания E и F . Монтаж наклонных мостов всегда производится путем подъема совершенно собранных и склепанных на земле конструкций, чтобы избежать производства этих работ на большой высоте. Опоры также собираются обычно на земле и поднимаются в готовом виде.

В виду большой высоты подъема, в качестве подъемных средств применяют металлические мачты. Мачты располагаются

по обе стороны поднимаемой части моста по обоим его концам. Например, подъем конструкций моста по рис. 103 может быть произведен четырьмя мачтами, установленными в положении, показанном на чертеже.

Порядок монтажа конструкций может быть принят следующий: в первую очередь, собирают и при помощи мачт *II* поднимают и расчаливают тросами опору $C-C_1$; затем располагают первые два звена моста в положение, показанное на чертеже пунктиром, и приступают к подъему мачтами 1-го звена моста. Правый конец этого звена поднимается блоками с мачты *I*, левый — блоками, прикрепленными к верхней части здания *E*. После подъема звена в нужное положение, на место его передвигается в горизонтальном положении, предварительно собранная в стороне опора $B-B_1$, которая подымается дополнительной невысокой мачтой или вспомогательными блоками с мачты *I*. На поднятую опору опускается и закрепляется первое звено моста. Подъем среднего звена из положения, показанного на чертеже пунктиром, производят мачтами *I* и *II*.

Для того, чтобы обойти уже установленные опоры, звено может быть поднято в наклонном положении (см. чертеж), после чего дальнейший подъем производится с одновременным наклоном верхушек мачт влево с тем, чтобы вывести правый конец моста из под опоры $C-C_1$. Левый конец моста при этом выйдет выше и левее точки *B*. Выведя мост выше опор, ему придают правильный наклон, опускают и закрепляют на опорах.

Для возможности наклона мачт вправо и влево и точной установки моста в правильном положении оттяжки, расчаливающие мачты, должны быть закреплены на лебедках.

Подъем последней третьей части моста, предварительно передвинутой в промежуток между опорой $C-C_1$ и зданием *F*, производится мачтами *II*, наклоняемыми для этой цели вправо и блоками, прикрепленными к верхней части здания *F*.

Для того, чтобы не зацепить концами моста за здание и опору, подъем этот также приходится производить в наклонном положении. При подъеме звеньев моста, помимо наклона их, приходится иногда отклонять их в стороны. Это производится оттяжками, прикрепленными к поднимаемому звену и идущими к лебедкам непосредственно или через оттяжные блоки.

Разобранный порядок монтажа наклонного моста является частным примером. В практике работы в зависимости от высоты, размера, конструкции моста и опор, расположения соседних зданий и сооружений и тому подобных причин, порядок монтажа должен быть разработан применительно к местным условиям.

в) Монтаж сооружений резервуарного типа

Способы монтажа этих сооружений чрезвычайно разнообразны и зависят главным образом от характера и размеров сооружения.

Резервуары хранилища жидкостей, расположенные на земле, имеющие большие поперечные размеры и сравнительно небольшую высоту, монтируются отдельными листами, составляющими их боковую поверхность. Таким образом, клепка или сварка отдельных листов производится после окончательной установки их на место. При таких условиях вес отдельных элементов незначителен и подъем их может быть произведен любым из имеющихся на стройке подъемным приспособлением.

Монтаж водонапорных резервуаров, расположенных на большой высоте на металлической или железобетонной башне, производится двумя способами: либо постепенной сборкой наверху башни отдельными листами, либо путем подъема готового резервуара, изготовленного на земле.

Первый способ требует устройства подмостей наверху, затрудняет производство работ по клепке или сварке на большой высоте и значительно медленнее второго, так как не позволяет приступить к окончательной сборке резервуара до полного окончания работ по устройству башни.

При втором способе производства работ резервуар полностью заканчивается изготовлением на земле. Изготовление это может производиться одновременно с постройкой башни. Подъем производится при помощи двух мачт деревянных или металлических в зависимости от высоты подъема и веса резервуара. Мачты устанавливаются между резервуаром и основанием башни на таком расстоянии друг от друга, чтобы между ними мог пройти резервуар. Для подъема резервуар подвешивается в двух точках, расположенных выше его центра тяжести и лежащих на концах диаметра параллельного плоскости, проходящей через обе мачты.

Прикрепление блоков лучше всего осуществлять стропами к специальным ушам, приклепанным временно для этой цели к боковой поверхности бака¹. Подъем начинают при наклонном положении мачт по схеме на рис. 104.

По мере подъема резервуара мачты приводятся в вертикальное положение. После того, как низ резервуара окажется выше верхнего опорного кольца башни, наклонением мачт устанавливают резервуар над башней и опускают его на место. Этот способ монтажа следует предпочесть, так как он значительно ускоряет производство работ и обеспечивает лучшее качество склепки или сварки резервуара, производимой на земле.

Единственным недостатком второго способа является необходимость в подъемных средствах большой грузоподъемности, так как вес резервуара обычно составляет несколько десятков тонн.

Некоторые особенности представляет собой монтаж высоких резервуаров (типа скрубберов коксовых установок), имеющих большую высоту при малом диаметре.

¹ Уши должны иметь большую площадь соединения с резервуаром во избежание повреждения его тонкой боковой поверхности. При большом весе необходима постановка двух ушей с каждой стороны.

Существует два способа монтажа этих резервуаров. При первом способе возле фундамента скруббера по обеим сторо-

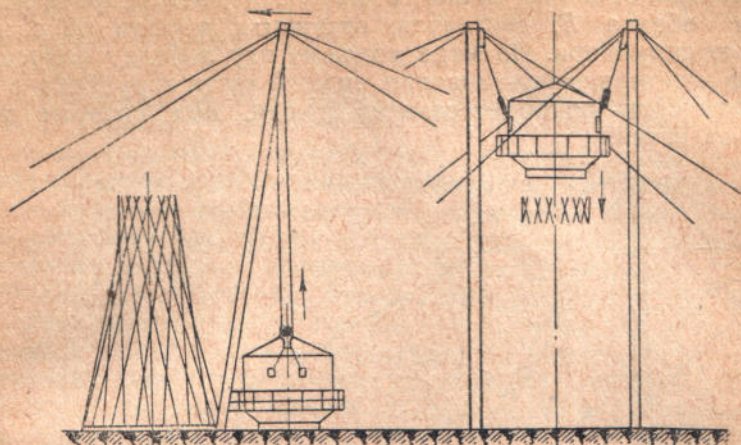


Рис. 104. Типовая схема подъема резервуаров башни Шухова

нам его устанавливаются две мачты. При помощи блоков-полиспастов между ними подвешиваются полностью собранный купол скруббера с первой (от верха) царгой (см. рис. 105). К подвешенной таким образом верхней части скруббера снизу собираются и окончательно заклепываются и зачеканиваются или свариваются в последовательном порядке все царги. По мере их присоединения скруббер поднимается все выше и выше. Работы ведутся, таким образом, все время внизу без подмостей.

Недостаток этого способа заключается в том, что подъемные мачты со всем оборудованием их остаются занятыми продолжительный срок. При одновременном монтаже нескольких скрубберов это требует несколько полных комплектов подъемных мачт.

Второй способ заключается в сборке и полном окончании скруббера на земле в горизонтальном положении: после этого скруббер поднимается и устанавливается двумя мачтами, расположенными точно так же, как и в предыдущем случае. Схема установки подъемных приспособлений в этом случае показана на рис. 106.

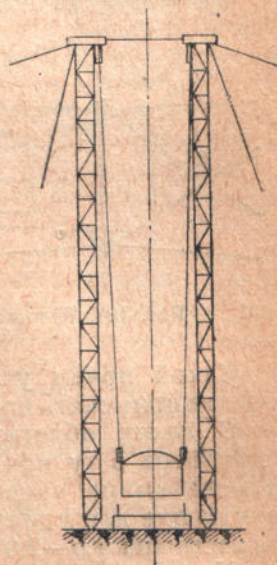


Рис. 105. Типовой монтаж скруббера по частям

Положение скруббера до подъема и место крепления к нему подъемных блоков ясно из чертежа. Для удержания скруббера от резких подвижек влево в начале подъема справа расположена лебедка *В*, связанная оттяжным тросом *А* с нижней частью скруббера. По мере подъема эту лебедку отпускают.

Во избежание вдавливания нижней части скруббера в грунт, под эту часть подводят сани из бревен, под которые подкладывают катки.

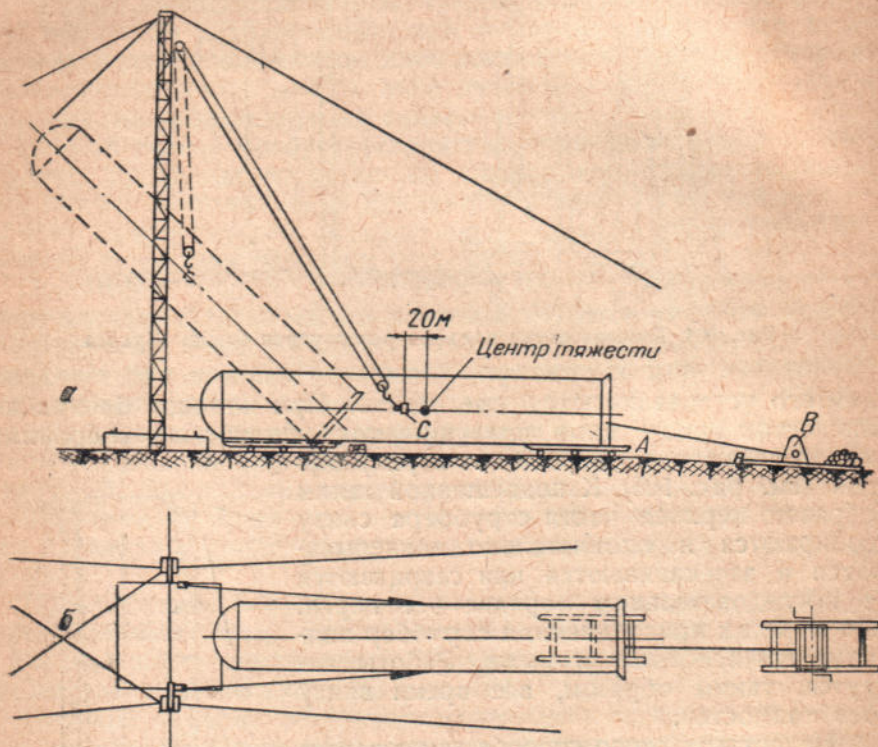


Рис. 106. Типовой монтаж скруббера целиком собранного внизу

Такой прием установки двумя мачтами приходится также иногда применять при подъеме тяжелых колонн каркасных зданий.

В целях облегчения небольших поворотов и наклона скруббера в ту или другую сторону для точной установки при опускании на анкерные болты надлежит располагать уши *С*, служащие для прикрепления подъемных блоков, вблизи центра тяжести (на 1,5—2,0 м выше его).

Изложенный второй способ установки скруббера следует предпочесть первому как более быстрый и требующий меньшего количества подъемных приспособлений. Этот способ применяется также при подъеме дымовых труб и других аналогичных сооружений.

Рассмотренными примерами далеко не исчерпываются различные, встречающиеся в практике, случаи монтажа, однако они дают основные приемы пользования подъемными средствами и позволяют, в зависимости от местных условий, разработать рациональный метод установки¹.

8. ВЫВЕРКА УСТАНОВЛЕННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Устанавливаемые на фундаментах, опорных площадках, или на других, ранее установленных элементах, части конструкций должны быть до окончательного закрепления всех их соединений выверены так, чтобы оси их точно соответствовали геометрическим размерам, предусмотренным проектом.

Для каркасных металлических зданий, состоящих из большого количества взаимно связанных элементов, правильная установка отдельных частей весьма существенна, так как всякая неточность в установке первых элементов повлечет за собой непопадание на место следующих частей, связанных с ранее установленными.

В целях кажущегося ускорения процесса монтажа у большинства работников установилась привычка заниматься выверкой конструкций после установки всего каркаса здания. Такой метод вызывает значительные затруднения в перестановке отдельных элементов, нагруженных значительным весом других, опирающихся на них частей, и связанных в общую систему.

В результате сплошь и рядом выверка оказывается невозможной, что вызывает необходимость в пригонке по месту отдельных соединений, а порой — в переделке некоторых деталей.

Во избежание указанных дефектов необходимо по мере монтажа основных элементов конструкций производить немедленно окончательную их выверку и закрепление.

а) Выверка колонн

В каркасных зданиях основным элементом, несущим на себе остальные части конструкции, являются колонны. Поэтому правильное положение их на фундаментах определяет правильное расположение остальных частей.

Существует два метода установки основания колонны на фундаментах.

Первый метод (общеупотребительный) заключается в следующем. Анкерные болты в фундаментах закладываются в свободных колодцах, позволяющих поперечные перемещения верхушек болтов по всем направлениям в пределах 5—10 см (см. рис. 107). Обычно принимают $a = d + (5-10 \text{ см})$.

Верхняя поверхность фундамента бетонируется на 2—5 см ниже проектной отметки; таким образом, колонна при подъеме

¹ Различные примеры монтажа специальных конструкций разобраны в книге проф. Н. Н. Аистова, Монтаж металлических конструкций.

и опускании ее на фундамент ставится на железных подкладках из полосового железа. Подкладки эти должны быть достаточной длины во избежание отгибания краев опорного листа.

При таком методе работ основание колонны, будучи при монтаже поставлено на фундамент, не будет занимать правильного положения ни по высоте, ни в плане. Выверка колонны в этом случае должна заключаться, во-первых,—в придании ей правильного положения в плане, затем в установлении основания колонны на должной высоте над фундаментом и, наконец, в проверке вертикальности колонны.

Все эти операции надлежит производить, не дожидаясь окончания монтажа всех конструкций цеха. После постановки не-

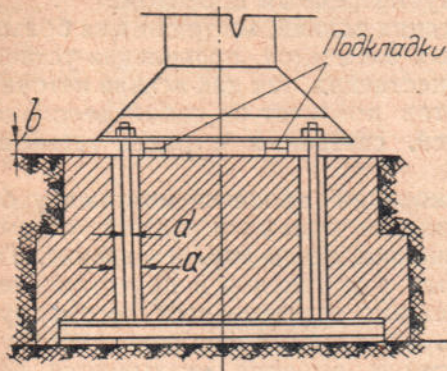


Рис. 107. Способ подготовки фундамента к установке колонн

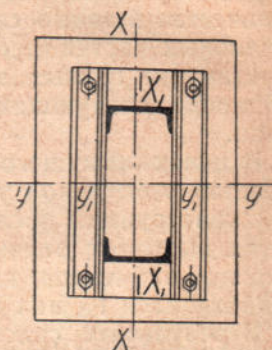


Рис. 108. Провешивание осевых линий на фундаменте

скольких парных колонн какого-либо пролета и соединения их в поперечном направлении стропилами, и в продольном — подстропильными фермами, надлежит приступить к выверке колонн.

В первую очередь надлежит установить правильно основание колонны в плане. Для этой цели на поверхности фундаментов обоих рядов колонн, путем точной разбивки теодолитом и стальной рулеткой, должны быть нанесены риски $x-x$ и $y-y$ (см. рис. 108) соответствующие продольной и поперечной осям колонн. Эти риски наносятся на основании проектных размеров цеха с точностью до 3—5 мм, причем ошибка эта не должна накапливаться из пролета в пролет и на общей длине цеха должна быть не больше $\frac{1}{10000}$ от полной длины. Затем наносят на опорном листе аналогичные риски: x_1-x_1 и y_1-y_1 , пересечение которых соответствует геометрической проектной оси колонны. Следует иметь в виду, что эта ось может не совпадать с осью симметрии сечения колонны или тем более серединой опорного листа; поэтому нанесение рисок x_1-x_1 и y_1-y_1 должно быть сделано, руководствуясь рабочим чертежом опорного башмака,

на котором должно быть показано положение геометрической (разбивочной) оси колонны.

Если риски $x-x$ и x_1-x_1 и $y-y$ и y_1-y_1 не лежат соответственно на общих прямых, колонна должна быть несколько передвинута либо повернута вокруг вертикальной оси. Перестановки эти достигаются обычно реечными или бутылочными домкратами, устанавливаемыми в наклонном положении (см. рис. 109) с тем, чтобы одновременно приподымать и поворачивать колонну.

Во время передвижки основания колонны анкерные болты не должны быть зажаты. После правильной установки колонны в плане производят точную установку ее по высоте. Правильная высота основания определяется нивелировкой и должна соответствовать проектной отметке с точностью до 5 мм. Подъем или опускание колонны достигается домкратами и железными клиньями, расположенными между опорным листом и фундаментом.

Когда колонна занимает правильное положение по высоте и в плане, приступают к проверке ее вертикальности. Эта проверка может быть произведена либо при помощи тяжелого отвеса (5—8 кг) на железной тонкой проволоке, либо при помощи теодолита. В последнем случае необходимо визирование в двух плоскостях — параллельной и перпендикулярной оси здания. В случае, если колонна окажется не вертикальной, изменение ее наклона может быть осуществлено подбивкой и ослаблением соответствующих клиньев с одновременным наклонением колонны за ее верхнюю часть при помощи тали или лебедки.

Так как выверка производится, когда несколько колонн уже связаны в общую систему, то при изменении наклона колонны должны регулироваться одновременно подкладки и клинья всех колонн, расположенных в той плоскости, в которой наклоняется колонна. При проверке вертикальности может быть допущено отклонение отдельных колонн до $\frac{1}{1000}$ от вертикали.

Одновременно с выверкой вертикального положения колонн производят окончательную затяжку анкерных болтов.

Заливка колодцев анкерных болтов и подливка опорного листа колонны жидким раствором производится обыкновенно после установки всех конструкций здания. При этой работе надлежит следить, чтобы перед подъемом и установкой колонны колодцы анкерных болтов были очищены от мусора и грязи. Равным образом, должна быть тщательно очищена поверхность фундамента перед подливкой опорного листа.

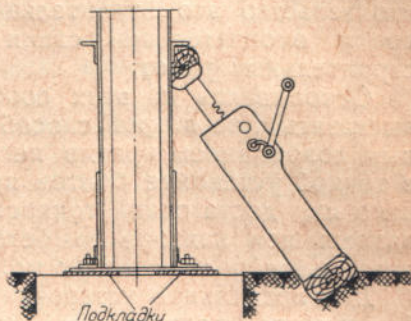


Рис. 109. Выравнивание колонн домкратам

Второй способ установки основания колонны, начинающий входить в употребление в последнее время, заключается в точной установке анкерных болтов во время бетонировки фундаментов с заливкой их наглухо, не оставляя колодцев. Верхняя поверхность фундаментов в этом случае также доводится точно до проектной отметки и затирается цементным раствором под уровень.

При таком методе работ отпадают все три рассмотренные выше операции по перестановке, подъему и вертикальной выверке колонн, так как положение их фиксировано точно изготовленными фундаментами как в плане, так и по высоте. Обязательство это значительно упрощает монтаж и сокращает сроки окончательной сдачи конструкций под производство строительных работ.

Основываясь на этих соображениях, надлежит решительно высказаться за второй способ производства работ. Единственным возражением против него являются некоторые трудности в точной установке болтов при бетонировке фундаментов. Однако при достаточной точности разбивки осей фундаментов и надлежащем надзоре за бетонировкой установленных болтов правильное положение их может быть обеспечено¹.

Для правильной установки анкерных болтов разбивка осей фундаментов должна быть произведена с большой точностью (см. нормы разбивки на стр. 113), что может быть достигнуто геодезической разбивкой при помощи теодолита и стальной рулетки. Вокруг каждого котлована должна быть сделана надежная обноска из толстых досок, прибитых на ребро к закопанным в землю столбам. На этой обноске наносят риски $x-x$ и $y-y$ (см. рис. 110), соответствующие осям симметрии анкерных болтов. В риски забиваются гвозди для натяжки шнура или проволоки. Анкерные болты устанавливаются в котлованы (после бетонировки дна его до уровня нижних головок) при помощи двух шаблонов: нижнего — деревянного и верхнего — металлического². Шаблоны должны иметь отверстия для болтов и должны быть изготовлены так, чтобы обеспечить геометрическую неизменяемость расположения болтов.

Шаблоны вместе с проходящими через них болтами должны быть установлены так, чтобы нанесенные на шаблонах риски x_1-x_1 и y_1-y_1 (соответствующие осям симметрии анкерного крепления) лежали соответственно в тех же вертикальных плоскостях, как и оси $x-x$ и $y-y$, нанесенные на обноске. Эта установка легко достигается помощью отвеса и шнуров или проволоки, натянутых между гвоздями, забитыми в риски обноски.

¹ Опыт установки металлоконструкций крупнейших цехов Сталинградского и Харьковского тракторных заводов, произведенный по этому способу, показал, что количество неправильно поставленных болтов, потребовавших исправления, составило меньше 0,1%.

² При небольших расстояниях между болтами верхний шаблон также может быть деревянным.

Во избежание смещения шаблонов во время бетонировки они должны быть надлежащим образом раскреплены (см. рис. 110), причем верхний шаблон своим креплением ни в каком случае не должен быть связан с обноской.

При установке болтов надлежит обратить внимание также на правильное их положение по высоте. Это может быть легко достигнуто подвеской анкерных болтов на верхнем металлическом шаблоне, который в этом случае должен быть установлен на надлежащей высоте, что проверяется нивелировкой. Верхний шаблон должен быть оставлен до конца бетонировки, нижний может быть снят после того, как нижние концы болтов будут достаточно забетонированы, чтобы обеспечить их неподвижность.

При производстве работ необходимо обратить внимание, чтобы во время бетонировки не были сдвинуты шаблоны и особенно обноска, так как в последнем случае будет исключена возможность простого контроля правильности положения шаблона. После окончания бетонировки, кроме сверки с обноской, правильность положения болтов должна быть до установки колонн вновь проверена теодолитом и измерениями рулеткой. Все обнаруженные неточности должны быть немедленно исправлены.

При шарнирных колоннах, имеющих опорные подушки, установка их может быть произведена совершенно так же, тем и другим способом, причем несомненно второй метод здесь имеет еще больше преимуществ, позволяя закончить все операции по установке подушек до установки колонн.

б) Выверка подкрановых балок

Правильная установка колонн определяет в основном надлежащее положение остальных элементов конструкций, на них опирающихся. Таким образом, положение подкрановых балок фиксируется установленными колоннами.

Однако вследствие неизбежных погрешностей в изготовлении, возможной кривизны отдельных частей и т. п. может

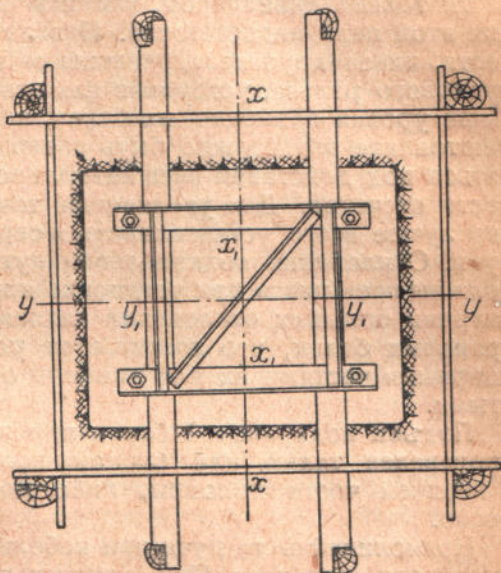


Рис. 110. Усовершенствованный способ подготовки фундамента для установки колонн

потребоваться некоторая корректировка подкранового пути, положение которого требует большой точности.

При выверке подкрановых балок должны быть проверены следующие элементы: горизонтальность подкранового рельса, его прямолинейность и соблюдение надлежащего проектного расстояния между обоими рельсами.

Проверку горизонтальности подкранового пути можно произвести только нивелиром, так как точность обычных уровней для этой цели недостаточна. Нивелировку лучше всего произвести, нивелируя непосредственно верхнюю поверхность подкранового рельса, установив для этой цели нивелир несколько выше уровня подкрановых балок на специальном рештовании. Рештование это должно быть совершенно жестким и не прогибаться под действием веса нивелировщика во избежание неточности отсчетов. Для увеличения точности визирования нивелир лучше всего устанавливать в середине длины подкранового пути. Отклонения подкранового пути от горизонтальности не должны превышать при установке новых конструкций $\frac{1}{1000}$. При наличии больших отклонений надлежит выравнять высоту подкрановых балок, что достигается устройством прокладок под опорными частями их или заменой опорных планок более толстыми.

Подъем подкрановой балки при этой операции может быть произведен талью или блоками-полиспастами, подвешенными к верхней части колонны, либо домкратами, если позволяет место.

Прямолинейность пути при небольшой длине его может быть вырехована на глаз. При длинных путях эта операция должна быть произведена теодолитом. Точно так же, как и при нивелировке, теодолит должен быть расположен на жестком рештовании, устраиваемом в одном из концов подкранового пути. Отклонения от прямолинейности обычно допускаются в пределах до 10 мм (\pm от теоретической оси).

Исправление непрямолинейности может быть произведено двумя способами: поперечным перемещением подкранового рельса на подкрановой балке или перемещением всей балки на колонне. Первый способ более точен, позволяет рехтовать путь в пределах длины балки и должен быть предпочтен. Способ этот применим, если конструкция крепления рельса предусматривает возможность его поперечного перемещения.

При втором способе перемещается вся поперечная балка, что обычно связано с необходимостью рассверловки дыр для болтов, крепящих балку к опорному листу и устройством прокладок или переделкой кронштейнов, крепящих балку к верхней части колонны.

При возможности поперечного перемещения рельса второй прием приходится применять в исключительных случаях, при значительных дефектах в изготовлении или установке колонн.

Соблюдение правильного расстояния между осями подкрановых рельсов обеих балок имеет наиболее существенное значение, так как значительное изменение этого расстояния повлечет за собой торможение, полную остановку или даже повреждение мостового крана.

Для проверки правильности расстояния между подкрановыми путями после рехтовки одного из путей должно быть промерено стальной рулеткой расстояние между подкрановыми рельсами по концам пролета.

Во избежание ошибки от провисания рулетки этот промер должен быть произведен при помощи рештования или шаблона из досок, опирающихся на обе балки.

Установив правильное расстояние по концам пролета, делают на балках соответствующие отметки и, установив в створе этих отметок теодолит, производят рехтовку второго пути способами, указанными выше. При небольшом пролете мостового крана выверку пути можно произвести без помощи теодолита, проверяя расстояние между подкрановыми рельсами легким шаблоном из досок.

Допустимые отклонения от проектного расстояния зависят от конструкции крана. Обычно они не должны превышать величины от 10 до 20 мм.

Проверка и исправление положения колонн и подкрановых балок являются основными операциями выверки каркаса. После производства выверки их все остальные элементы должны быть окончательно установлены и закреплены на своих местах.

в) Верховая клепка или сварка

После выверки конструкций и постановки всех элементов может быть произведена окончательная склепка или сварка всех монтажных стыков и соединений отдельных элементов между собой.

Для производства этих работ необходимо устройство подмостей или рештования возле каждого узла, подлежащего клепке или сварке. Подмости эти чаще всего устраиваются подвесными на железных крюках, подвешиваемых на установленных конструкциях.

Производство работ по склепке или сварке верхних соединений ничем не отличается от производства этих работ на земле, требуя только в виду неудобства работ более опытных рабочих, привыкших к работе на высоте.

При сварных конструкциях сварка верхних соединений представляет некоторые затруднения в виду неизбежности большого количества вертикальных и потолочных швов. Поэтому на эти работы надлежит ставить сварщиков высокой квалификации, качество работы которых предварительно проверено на образцах, сваренных вертикальными и потолочными швами.

Для верховой клепки необходимо оборудовать подачу сжа-

того воздуха для возможности клепки пневматическими молотками. Это значительно ускоряет работу, так как заклепки, в верховых соединениях в большинстве случаев расположены в неудобных и тесных местах, и клепка их вручную затруднительна.

Производство верховой клепки или сварки, учитывая необходимость устройства рештований, обходится значительно (в несколько раз) дороже производства этих же работ на земле. Поэтому при проектировании конструкций надлежит стремиться свести к минимуму количество таких соединений и, в случае необходимости в них, располагать их сконцентрированными в отдельных крупных узлах.

Все верховые соединения, в которых можно избежать заклепок (даже при необходимости увеличения количества болтов по сравнению с заклепками), должны быть запроектированы на болтах. К таким соединениям можно отнести: крепление к колоннам стропил и подстропильных ферм, связей между фермами и обрешетин, крепление подкрановых балок к колоннам, все крепления элементов, фахверка и т. п.

Безусловно, должны выклепываться или свариваться монтажные стыки элементов, рассчитываемых как целые системы. Сюда относятся монтажные стыки рам, поднимаемых по частям, монтажные стыки неразрезных балок и т. п. Все указания о клепке, сварке или постановке болтов в монтажных стыках и соединениях элементов между собой должны быть даны в проектных чертежах конструкций.

9. ТИПИЧНЫЕ СЛУЧАИ МОНТАЖА С ПРЕИМУЩЕСТВЕННЫМ ПРИМЕНЕНИЕМ МАЧТ

Выше мы разобрали различные способы монтажа металлоконструкций промышленных зданий, а также описали типы подъемных средств, применяемых для этой цели. Ниже даем примеры монтажа наиболее сложных сооружений промышленного строительства, причем начнем с сооружений, где, как об этом упоминалось уже нами, мачта играет первенствующее значение.

В качестве примеров приводятся ниже: монтаж резервуаров водонапорных башен Шухова, кауперов, дымовых труб, мостов, грейферных кранов рудных дворов, как наиболее характерных типов сооружений для этого способа монтажа.

а) Водонапорные башни Шухова

Водонапорные башни Шухова представляют собой металлическую сетчатую конструкцию из швеллеров или уголков, образующих опорный каркас, на котором сверху устанавливается резервуар.

Высота резервуара над уровнем земли доходит до 50—60

метров, емкость резервуара доходит до 2500 м^3 , а вес до 50 т , откуда видно, что для монтажа такого сооружения кранами потребовались бы слишком мощные и дорогие механизмы, между тем, как самая простая по конструкции трубчатая или решетчатая мачта прекрасно выполняет свое назначение.

Монтаж сетчатого каркаса весьма прост, так как элементы, его образующие, сравнительно легки по весу, поэтому не требуют никаких особых механизмов кроме легкого деррика.

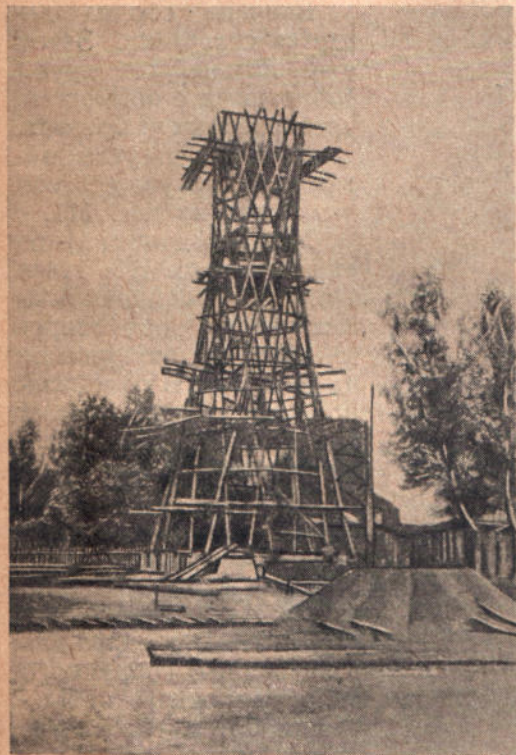


Рис. 111. Каркас башни Шухова

Так как элементы эти расположены таким образом, что одни из них наклонены в одну сторону, а другие в противоположную, образуя по высоте многократные пересечения друг с другом, то задача монтажа и заключается только в том,

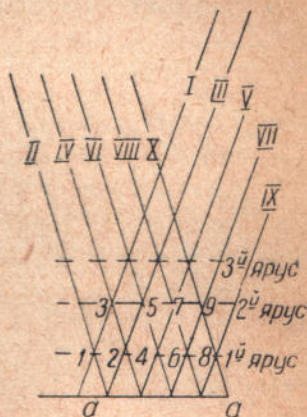


Рис. 112. Схема сборки каркаса

чтобы связывать поярусно эти пересечения, передвигаясь по подмостям все выше и выше и переставляя по ним деррик. На рис. 111 представлена собранная сетка каркаса башни Шухова на Енакиевском заводе¹; из схемы же сборки элементов каркаса (рис. 112), представленных в развернутом виде, можно легко уяснить себе метод сборки.

Сначала собирается и устанавливается на фундаменте нижнее опорное кольцо $а,а$, к которому последовательно начинают

¹ Монтаж выполнялся трестом Укрметаллстрой, впоследствии влившимся в Южмонтажстрой.

крепиться поднимаемые дерриком, установленным внутри башни, элементы:

I и II с креплением узла № 1,
III и IV " узлов № 2 и 3,
V и VI " " № 4 и 5 и т. д.

пока эти два яруса не будут скреплены по всему периметру каркаса.

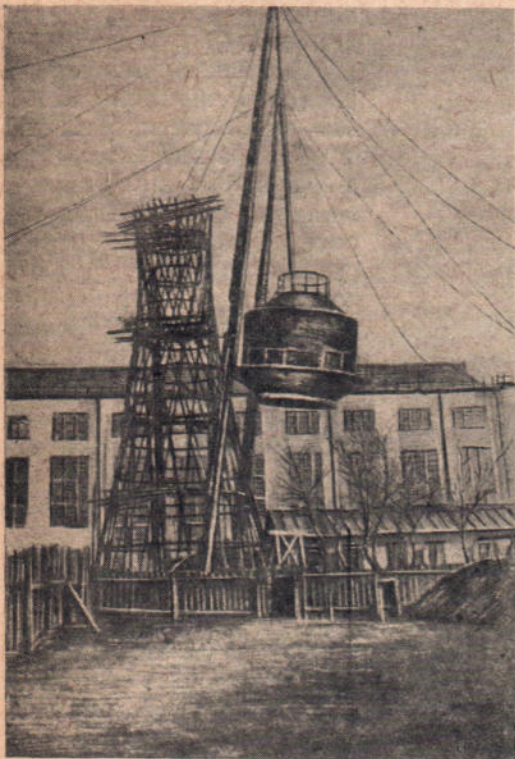


Рис. 113. Подъем резервуара наклонными мачтами

Вначале сборка делается с лестниц. Затем уже дальнейшие ярусы собираются с подмостей, устраиваемых на бревнах, заложенных в углы образованных узлов, как это видно из рис. 111. Монтаж резервуара виден на рис. 113, 114 и 115. Типичный прием монтажа этого рода сооружений представлен выше на рис. 104. В описываемом же случае монтаж был произведен несколько необычным способом. Идея подъема заключалась в следующем: на рис. 116 в плане представлена схема расположения: *A* — сетчатый каркас, *a* — верхняя опора для резервуара *B*, собранного внизу у нижнего кольца башни, M_1 и M_2 мачты, поставленные так, что одна из них M_1 ставится на своем месте и остается на нем во все время монтажа, а M_2 сдвинута вперед от своей конечной установки и установлена на таком месте, откуда, при наклоне мачт, можно было бы поднять вверх резервуар настолько, чтобы он оказался выше каркаса башни. Поднятый в такое положение резервуар (рис. 114) затем наводится на место установки путем передвижения его вместе с мачтой № 2 в положение на рис. 115, после чего резервуар опускается. Организация работ видна из приведенных фотографий. На рис. 111 видна собранная башня. Внизу ближе к ее основанию заложено опорное кольцо резервуара, а дальше на переднем плане конус нижнего днища, который, после сборки, опрокидывался и приклепывался к кольцу. За-

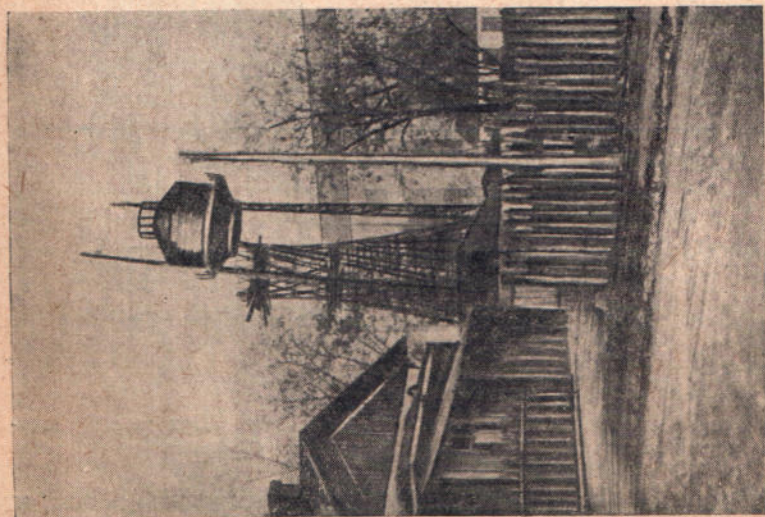


Рис. 114. Начало наводки поднятого резервуара на место передвижения его на одной из мачт

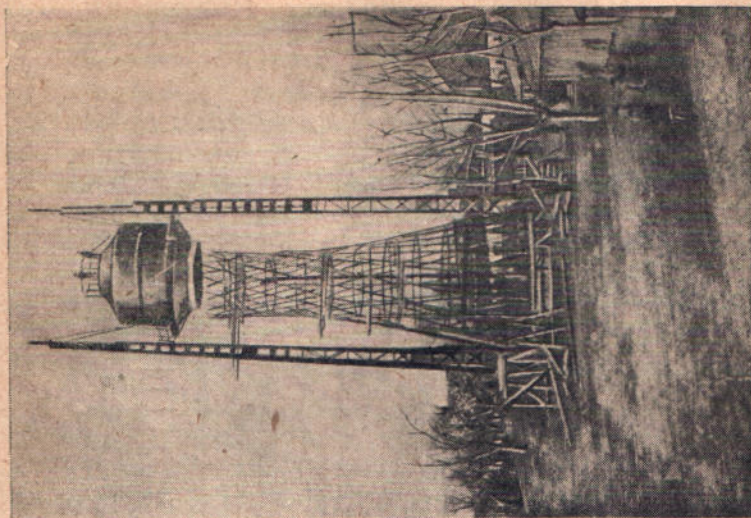


Рис. 115. Положение резервуара в момент начала опускания его на место

тем обычным порядком производилась дальнейшая сборка боковых листов и верхнего днища.

Подъем резервуара показан на рис. 113, момент начала переноса на рис. 114, а конечное положение на рис. 115. Перемещение мачты производилось по досчатому тщательно уложенному и отретованному настилу с металлическими листами поверху. Во избежание возможного соскакивания мачты с настила были устроены борты, так что мачта двигалась как бы в желобе. Применение подобного способа монтажа может иметь место при недостаточной высоте мачт для того, чтобы с конечных их стоянок можно было поднять резервуар и перенести его над верхним кольцом сетки башни. В случае подъема резервуара очень большого объема и веса и при том на значительную высоту, как например это имело место при монтаже в Макеевке и других местах, а также в случае монтажа не одного, а двух резервуаров, метод монтажа, оставаясь по су-

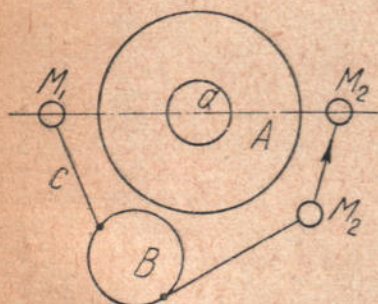


Рис. 116. Схема взаимного расположения каркаса, резервуара и перемещаемой мачты

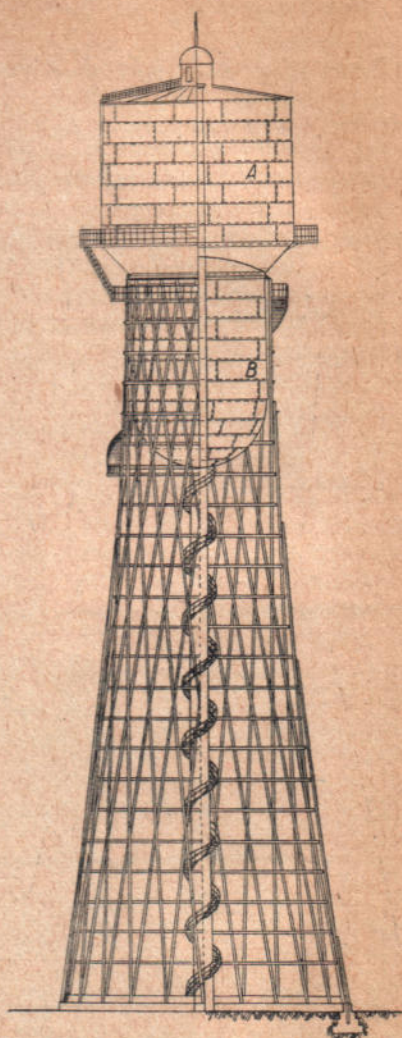


Рис. 117. Башня Шухова с 2 резервуарами

ществу подобным описанному выше, отличается только тем, что количество мачт увеличивается до 4, а иногда даже до 6 штук.

Основные размеры элементов башни (рис. 117) таковы:

Объем верхнего бака (A)	1200 м ³
„ нижнего „ (B)	600 „

Диаметр верхнего бака	12,4 м
" нижнего " 	8,64 м
Высота того и другого около	12 м
Вес верхнего бака	46,5 т
" нижнего " 	16,8 т
Высота верхнего кольца	50 м
Диаметр нижнего основания	14,4 м
Полная высота до верхнего кольца бака	63 м

Как видно из схемы (рис. 118), организация монтажа заключается в следующем: в плане имеем расположение нижнего резервуара *B* и верхнего *A*, собираемых здесь же по бокам каркаса в непосредственной к нему близости. Для подъема установлено шесть мачт *1, 2, 3* и спаренные с ними *1', 2' и 3'*.

Эти мачты, в отличие от описанного выше случая, установлены вертикально и работают без наклона, поэтому верхушки их связаны канатами как в продольном, так и в поперечном направлении и раскреплены растяжками, образуя связную сетку. Такая система принята ввиду большого веса резервуара, значительной высоты подъема и возможного облегчения конструкции мачт. Самый подъем производится следующим образом:

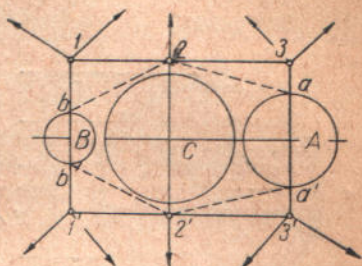


Рис. 118. Схема подъема с 6 мачтами

первым поднимается резервуар *B*. Для этого с мачт *1* и *1'* и *2* и *2'* спускаются блоки, которые захватывают резервуар в точках *a* и *b*. Фактически резервуар с земли первоначально поднимается мачтами *1* и *1'*, а блоки мачт *2* и *2'* только выбирают, чтобы они не провисали. Когда резервуар приподнимается на достаточную высоту, начинают сильнее набирать лебедки мачт *2* и *2'* и, таким образом, резервуар постепенно начинают переводить с мачт *1* и *1'* на мачты *2* и *2'*, пока, наконец, он окончательно не повиснет на блоках этих мачт. В этот момент блоки с первых мачт удаляют и резервуар опускается на верхнее кольцо с мачт *2* и *2'* и заводится внутрь каркаса башни, где и укрепляется.

После этого начинается совершенно аналогичная работа по подъему резервуара *A*.

б) Сборка кауперов способом подрачивания

Принципиальная схема монтажа кауперов способом подрачивания указана и ясно видна из рис. 105.

Несмотря на многие отрицательные стороны этого способа, все таки преимущества его, в смысле отсутствия потребности в лесах и наличия незаменимых удобств по выполнению работ на земле, приводят к тому, что на многих современных стройках этому способу работ отдают предпочтение. Не останавли-

ваясь на повторении всего процесса, ниже в дополнение к указанной схеме приводится лишь описание монтажа нижней части каупера — днища его.

В случае сварных кауперов днища собираются из листов, которые после основательной правки укладываются в следующем порядке: на цементном растворе по фундаменту укладываются сначала сваренные встык листы 3, с 5 и 6 с 4, как это видно из рис. 119. Поверх этих листов накладывается 2, сваренный с 1, перекрывая нижележащие листы так, чтобы можно было приварить к ним верхние плотным соединением.

Наконец, накладываются тоже с перекроем последние листы (7 и 7') в виде сегментов. Выступивший из щелей цемент под-

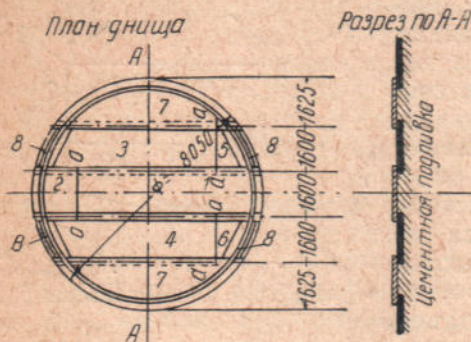


Рис. 119. Схема сборки днища резервуаров

лики удаляется и после плотного сжатия листов особыми сжимами приступают к приварке наложенных сверху листов.

Приспособление для прижимания листов ясно из

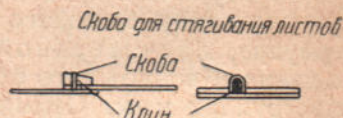


Рис. 120. Скоба для стягивания листов при сварке днища

рис. 120, причем проушины привариваются к нижним листам вдоль кромки верхних. Остается для выравнивания в одну плоскость всех листов днища приварить к нижним листам сегменты (8) в количестве 4 штук.

в) Монтаж высоких дымовых труб

Металлические дымовые трубы предпочтительнее поднимать целиком в собранном виде, так как изготовление их на земле несравненно выгоднее и успешнее, чем при сборке частями на высоте. Подъем этих труб производится или при помощи высоких мачт, или же близлежащих высоких сооружений.

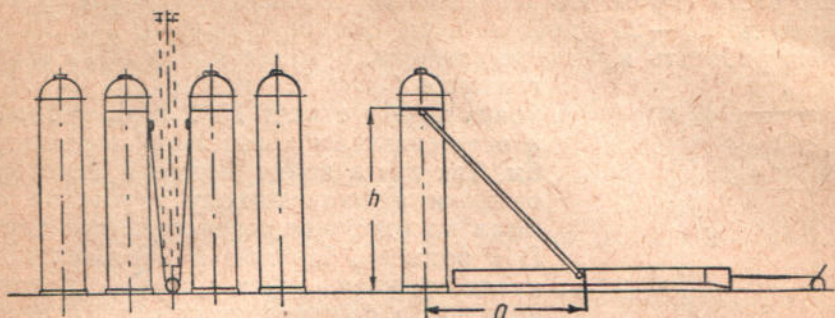
В качестве примера монтажа последнего рода можно привести установку высоких труб у кауперов доменных печей, когда труба расположена по оси кауперов и между ними, как например у магнитогорских домен. Схема установки видна из рис. 121, а вид трубы, поднятой на рис. 122 понятны без пояснений. Высота поднимаемой трубы была 60 м, вес ее 40 т.

Ниже описан случай подъема трубы диаметром 4,7 м, высотой 70 м и весом 92 т, который имел место на Косогорском заводе в Туле¹.

¹ Работу выполнял быв. 8 трест, влившийся в трест Южмонтажстрой.

Трубу нельзя было поднять, пользуясь кауперами и подъем был произведен при помощи 4 металлических трубчатых мачт, у коих две имели диаметр по 800 мм, а другие две по 1800 мм.

Первые две мачты служили отчасти вспомогательными при начале подъема, когда они помогали преодолеть вес трубы во



время ее поднятия с постепенным продвижением на центр фундамента, а отчасти вместе со вторыми служили для окончательного подъема.

Процесс монтажа был таков:

Как видно из схемы (рис. 123), труба собиралась вблизи фундамента, но все же ее верх находился на расстоянии 40 м от него, поэтому перед подъемом необходимо было трубу подтянуть. Кроме того верх фундамента находился на 2 м выше уровня земли. Для подъема трубы на фундаменте были установлены 4 мачты, каждая с двумя 3-роликовыми блоками по 16 т. Мачты раскреплены были каждая 6 расчалками. Мачты № 1 и 3 были диаметром 800 мм, высотой 48 м, а мачты № 2 и 4 диаметром 1800 мм и высотой 45 м.

Подтаскивание происходило при помощи одной пары блоков с мачт № 1 и 3, зашлагованных за верхушку трубы и стремящихся приподнять верх трубы. Под нижнюю часть трубы были подведены салазки, которые при помощи катков из круглого железа диаметром 75 мм, расположенных между салазками и двутавровыми балками, уложенными на земле, облегчали трубе возможность перемещения к фундаменту¹. Когда труба по-

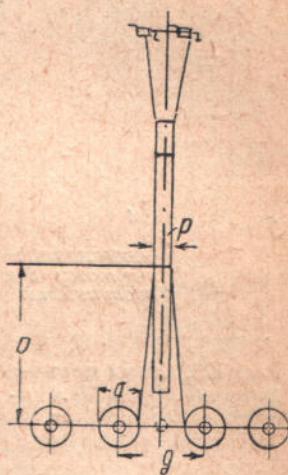


Рис. 121, 122. Схема монтажа дымовой трубы 60 м

¹ Шлаговка блоков за трубу производилась следующим образом: труба обвивалась канатом в 2—3 витки и к этому канату потом крепились блоки. Деревянные клинья, забитые под эти витки удерживали канаты от скольжения по трубе. Для придания трубе жесткости в месте шлаговки внутри трубы ставили деревянные распорки в виде квадратной рамы с раскосами. Таких распорок по трубе было поставлено несколько штук.

дошла к фундаменту, была зашлагована вторая пара блоков с мачт № 1 и 3 на расстоянии 40 м от низа трубы, которыми производился дальнейший подъем трубы с подтаскиванием низа, причем для облегчения подтаскивания помогали двумя вспомогательными лебедками, зашлагованными за нижнюю часть трубы. Постепенно при дальнейшем подъеме примерно до 20—25° первая пара блоков с мачт № 1 и 3 перестала работать и была выключена. В то же время были зашлагованы 4 блока на расстоянии 35 м от конца трубы с мачт № 2 и 4, которыми и осуществлялся дальнейший подъем трубы. Так как в конце подъема некоторые оттяжки мешали выходу трубы, то они были по одиночке перенесены под трубу. При подъеме, близком к вертикальному, когда нижняя часть трубы подошла вплотную к фундаменту, во избежание трения и зацепления подошвы трубы об фундамент, нижнюю часть трубы оттягивали лебедками пока труба не поднялась на высоту свыше 2 м и не села на фундаментное кольцо.

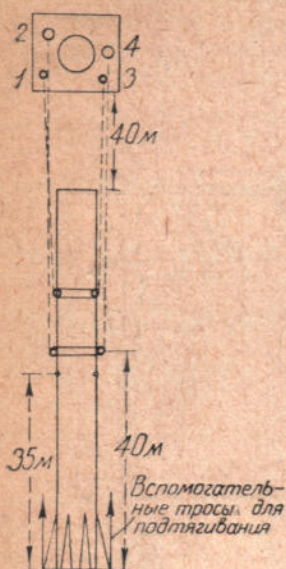


Рис. 123. Схема подъема дымовой трубы 70 м высотой и весом 92 т на Косогорском заводе

г) Монтаж наклонных мостов доменных печей

Наклонные мосты современных доменных печей достигают в целом виде веса до 110 т при линейных размерах: длине 65 м, ширине 5,2 м и высоте 6,2 м. По конструкции мосты бывают разрезными и неразрезными. К типу первых относятся мосты домен № 1 и 2 в Магнитогорске, ко второму типу мост домены № 7 завода

им. Кирова (Макеевка), установленный в 1935 году. Порядок и метод подъема разрезных мостов следующий: сначала производится подъем пилона (опора), на котором производится стыковка двух половин моста.

Как видно из схемы (рис. 124), пилон собирается внизу у домены и перед началом подъема укладывается так, чтобы его нижняя подошва расположена была у предназначенного для него места установки А. Блоки, поднимающие пилон, завязываются на копре печи с и при помощи их пилон поднимается в положение а', в котором и закрепляется.

После установки пилона приступают к подъему моста, сначала нижней его части, а затем верхней, как это показано на рис. 125 и 126.

Мост В подвозится на тележках по железнодорожному пути, сгружается кранами и разворачивается в положение, при

котором его продольная ось совпадает с осью установки. На рис. 126 показано положение монтажа в том случае, когда бункерная эстокада у печи еще не была закончена, как например при монтаже моста 1 магнитогорской домны, и в ней оставлен был разрыв, в который и втягивали мост.

Для подъема моста устанавливали две мачты $M M$ по бокам фермы, полиспастами с этих мачт захватывали мост вблизи центра тяжести его таким образом, чтобы после подъема ка-

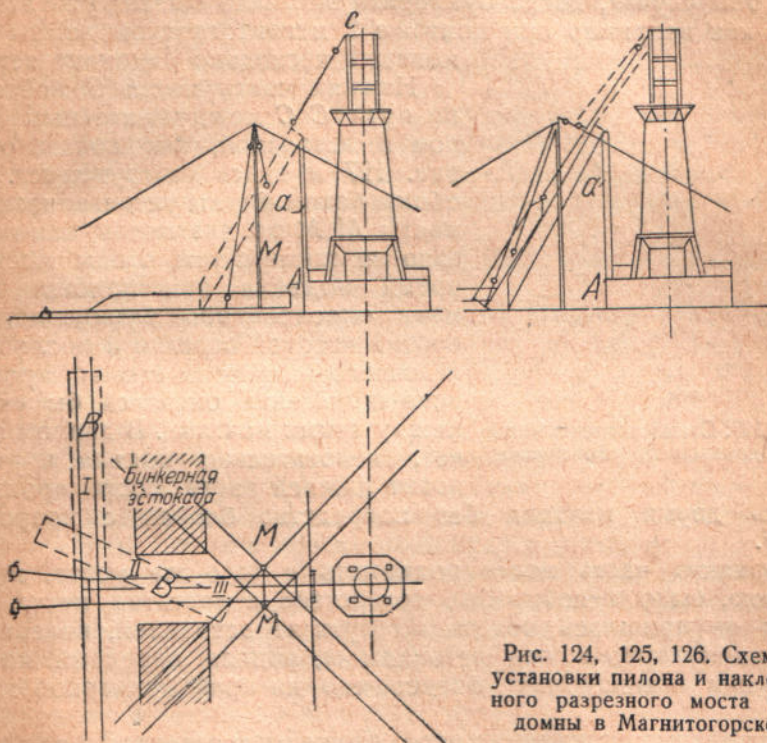


Рис. 124, 125, 126. Схема установки пилы и наклонного разрезного моста 1-й домны в Магнитогорске

наты блоков пришли в вертикальное положение, а еще двумя полиспастами с копра домны брали мост за переднюю часть.

Действуя этими четырьмя полиспастами, устанавливали нижнюю половину моста на опору.

Для подъема верхней части пользовались теми же полиспастами, только для свободного передвижения верхней части моста по нижней, на этой последней укрепляли ряд продольных направляющих деревянных брусьев, на верхнем поясе моста, а на верхней половине моста крепили поперечные брусья по нижнему поясу моста. Это создавало возможность скольжения верхней части моста по нижней без опасения повреждения или заедания при передвижении. Шляговка верхней части моста несколько иная, именно верхние блоки с копра печи

захватывают головную часть моста, а блоки с мачт крепятся у хвоста.

Подъем ведется преимущественно двумя верхними блоками, а блоки с мачт служат отчасти поддерживающими при начале подъема, а в конце подъема, главным образом, для помощи при установке хвостовой части моста на пилоне. Само собой понятно, что позади мостовых ферм необходима установка оттяжных лебедок *С С*, как показано на эскизе.

В том случае, когда бункерная эстокада бывает уже закончена, как например при монтаже 2 магнитогорской домны ход монтажа несколько видоизменяется.

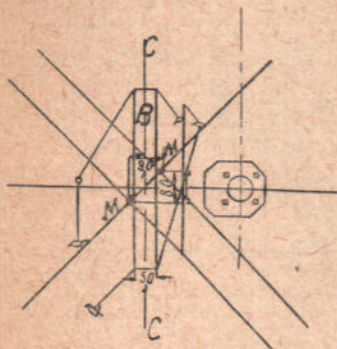


Рис. 127. Схема монтажа моста 2-й домны в Магнитогорске

Нижняя часть моста *В* подается по пути *С С* между литейным двором и эстокадой, как показано на рис. 127 и здесь разгружается. По обоим бокам фермы устанавливаются мачты *М М* по диагонали, как показано на схеме с тем, чтобы мост во время подъема при помощи этих мачт одновременно разворачивался против часовой стрелки и после надлежащего разворота его до проектного положения оказался бы снова между этими мачтами. В данном случае, следовательно, подъем и установка нижней части моста производилась

двумя мачтами без посредства блоков с копровой балки.

Верхнюю часть моста поднимать с того же места, как и нижнюю, было невозможно, вследствие недостатка места, поэтому ее пришлось подать по пути за эстокадой, повернуть перпендикулярно к оси эстокады и, подняв передний конец моста при помощи мачт, опереть его на край бункерной эстокады.

Для перемещения моста через бункерную эстокаду и дальнейшего его подъема он был зашлагован за головную часть блоками с копра печи, а хвостовая часть поддерживалась блоками с мачт. Таким способом произведена была установка верхней части моста на место.

В случае неразрезной конструкции моста его подъем производится целиком, как это имело место при установке мостов на Ворошиловском заводе в Ворошиловграде, Макеевском заводе им. Кирова и др.

На заводе им. Кирова в 1935 году был поднят мост весом 100 т длиной 65 м, шириной 5,2 м и высотой 6,2 м для доменной печи № 7 объемом 1163 м³¹.

На рис. 128 представлен вид этого моста во время пере-

¹ Строит. промышл., № 6, 1936 г., статья В. Ф. Воробьева.

возки его по заводским путям на специально приспособленных тележках. Операция перевозки продолжалась 8 часов.

Рис. 129 дает вид моста наполовину поднятого (через 20 минут). Весь подъем продолжался 1 час 20 мин. Рис. 130¹ представляет схему подъема наклонного моста весом 72 т (без площадок, но с проезжей частью), установленного на 3 доменных печи Кузнецкого комбината.

Так как железнодорожные пути домен № 1 и 2, уже пущенных в эксплуатацию, не позволяли собирать наклонный мост внизу на земле на уровне этих путей, так как они заняты были уборкой чугуна и шлака, то сборку моста перенесли на востил бункерной эстакады.

Порядок монтажа был таков: монтировался низ машинной будки и рамы коксовых бункеров, а затем пространство между машинной будкой и коксовыми бункерами заполнялось деревянной эстакадой с габаритными проемами в ней для пропуска железнодорожных вагонов.

На деревянном настиле под пояса ферм моста укладывались пакеты из трех двутавров № 32.

Мост поднимался двумя мачтами высотой 42 м, грузоподъемностью по 60 т, установленными на фундаменте поддоменника.

Под нижний конец моста подведена была тележка, по которой он скользил при подъеме. На обресе фундамента бункеров были установлены еще 2 мачты высотой по 20 м для поддержки нижней части моста при опускании его на фундамент. Пилон установлен был на фундаменте заранее и прислонен к кожуху печи. Подъем моста продолжался 9 часов.

Подъем наклонного моста на Дзержинстрое производился иным способом, отличным от описанных на Кузнецкстрое и Магнитогорске и, надо отметить, способом более рациональным. Так же, как и в предыдущих случаях, на Дзержинстрое сборка моста не могла быть осуществлена на земле вблизи печи из-за наличия эксплуатационных путей, поэтому сборка производилась на специальных подмостях, устроенных с расчетом пропуска под ними подвижного состава по путям. Для сборки была применена подвесная канатная дорога с тельфером грузоподъемностью 1,2 т, что обеспечивало сборку моста из отдельных стержней.

После проверки моста и полной его выклейки мост был поднят при помощи 4 полиспастов, завязанных по два на 2 свечах доменной печи, обращенных в сторону моста. Свечи в плоскости действия сил были раскреплены раскосами. Для выравнивания работы сдвоенного полиспада, зашлаговка его за ферму моста производилась посредством балансира.

Мост собирался по проектной его оси. Котлованы бункеров

¹ Строит. промышл., 1935 г., № 9, Монтаж металл. конструкций на Кузнецкстрое, инж. М. И. Плискевич.

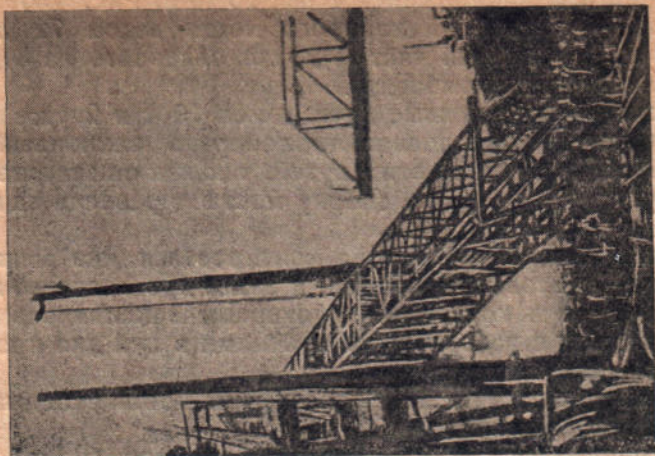


Рис. 129. Вид моста во время подъема

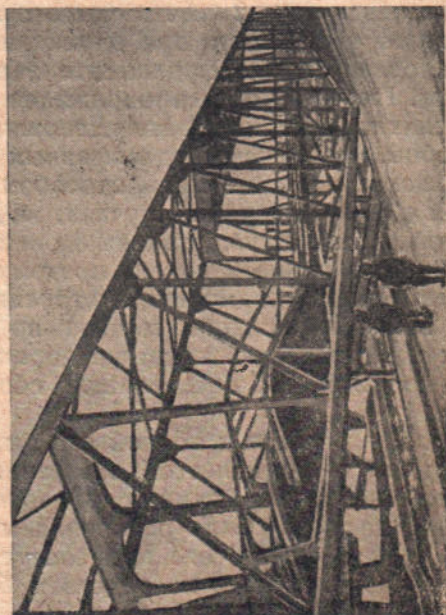


Рис. 128. Перевозка наклонного моста на заводе им. Кирова

и скиповых ям были перекрыты нижними подмостями, по которым были уложены двутавровые балки № 36, под каждую ферму моста. Концы ферм сдерживались тормозными лебедками по 5 т. Четыре подъемных лебедки были установлены на литейном дворе. В начале, когда мост только отделился от подмостей, последние были разобраны и мост подтягивался при подъеме, скользя по нижним подмостям. Подъем длился 9 часов.

д) Монтаж рудных кранов доменных печей

Для механизации работ по загрузке доменных печей в современных металлургических заводах применяются так называемые рудные краны, представляющие собой мост весьма большого пролета порядка 120—150 м, иногда с консолями по 20—40 м. Мост покоится на ногах, передвигающихся по рельсовым путям на особых тележках. Пути располагаются на высоте бункерной эстакады и параллельно продольной оси рудного двора.

По мосту крана передвигается тележка с грейфером, которым захватывается со склада руда и подается по мосту на консоль над бункерной эстакадой и выгружается в рудные бункера.

Монтаж этих конструкций не имеет трафаретного решения и должен быть приспособлен, во-первых, к условиям местности, а, во-вторых, к системе конструкции.

Ниже приводится описание подъема рудного крана на заводе им. Сталина в Сталино¹.

Кран состоял из моста весом 168 т в средней его части между опорами, расстояние между осями которых было 76,2 м. Опора на бункерной эстакаде качающаяся, а другая устойчивая.

На качающейся опоре моста имелась консоль вылетом 28 м, а на устойчивой 35 м. Общее расположение моста видно на схеме (рис. 131). Рисунки 131а, б, в, наглядно поясняют схему.

Рис. 131а представляет вид моста со стороны качающейся опоры. На ней видны установленные консоли со стороны бункеров. Консоли в сторону пролета кончаются выступающими стержнями, обозначенными на схеме буквами M_1 M . Мост, как видно, находится еще на земле. Рис. 131б представляет вид крана, приподнятого на четырех мачтах. Вид этот отвечает расположению на схеме 131.

Влево расположена качающаяся опора, вправо — устойчивая (частично), между ними целиком ферма моста.

Наконец, на рис. 131в ферма моста еще более поднята, причем она целиком вышла из пролета, перекрытого железнодорожным мостом, внутри которого собиралась ферма. Поперек видно продолжение железнодорожного моста, на котором стоит фигура командующего подъемом в месте, обозначенном на схеме бук-

¹ Монтаж производился в 1935 г. трестом Южмонтажстрой.

вою $У$. Влево видна полностью устойчивая опора; за ней видна мачта, а внизу фермы консоли устойчивой опоры. Эти консоли были подняты после закрепления поднятой фермы на опорах.

Схема организации работ была такая. На обрезе стенки бункерной эстакады A на высоте 9 м от земли проходил путь, на котором собиралась качающаяся опора крана B . Устойчивая опора D собиралась на противоположном пути $СС$. Опоры укреплялись металлическими сильными канатами, диаметром $32\text{—}40\text{ мм}$, закрепленными за надежные анкера. Такое закрепление

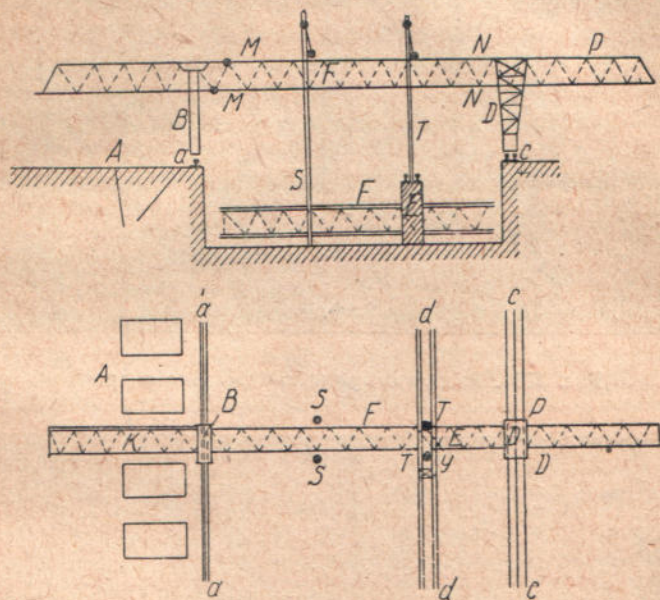


Рис. 131. Схема подъема моста грейферного крана на заводе им. Сталина пролетом $76,2\text{ м}$

было необходимо, так как опоры моста в течение всего периода его сборки и подъема оставались укрепленными только на этих растяжках. Между двумя ходовыми путями крана проходит путь d, d с мостом E пролетом 10 м .

Это место как раз и выбрано было для сборки моста на земле целиком, чтобы после подъема консольных частей K на качающейся опоре B можно было бы к выступающим в пролет моста концам $ММ$ консолей и к косынкам NN устойчивой опоры после подъема присоединить мост F . В момент подъема моста надо было только разобрать железнодорожный мост E для того, чтобы дать свободный проход мосту крана сверху. По другую сторону подпорной стенки, служившей основанием устойчивой опоры расположено было одноэтажное здание лаборатории. Это здание после снятия крыши и устройства настила из бревен на стенах было приспособлено к сборке консоли P устойчивой

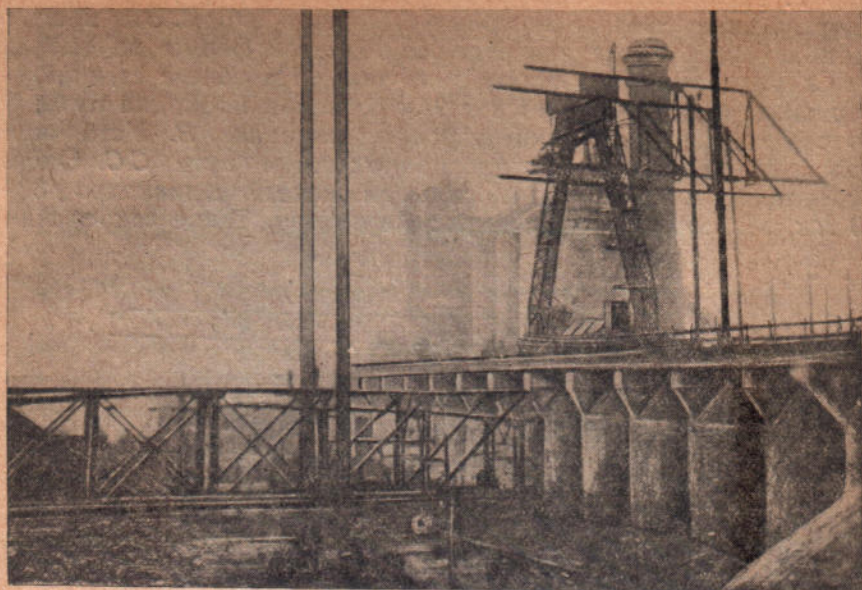


Рис. 131а. Вид со стороны качающейся опоры

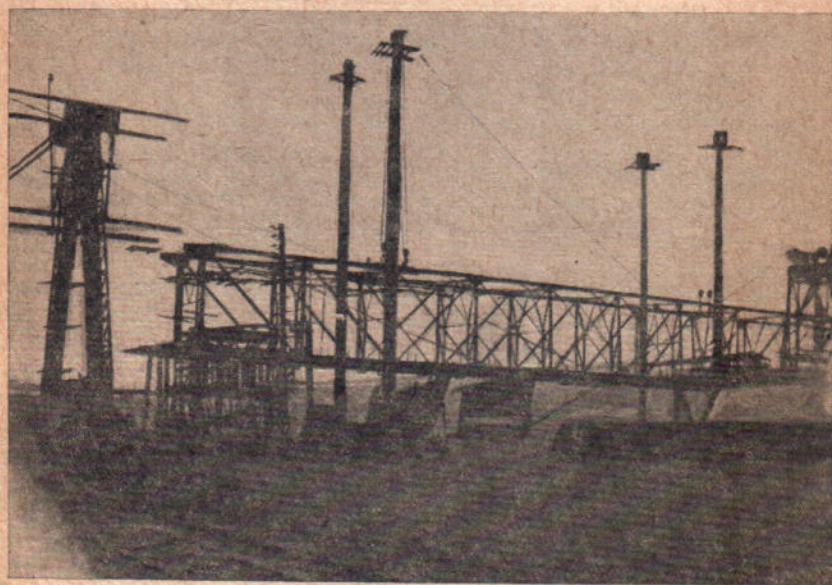


Рис. 131б. Начало подъема моста