



**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

**Белорусский национальный
технический университет**

Кафедра «Мосты и тоннели»

В. А. Гречухин

СТРОИТЕЛЬСТВО МОСТОВ

Пособие

**Минск
БНТУ
2017**

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
Белорусский национальный технический университет

Кафедра «Мосты и тоннели»

В. А. Гречухин

СТРОИТЕЛЬСТВО МОСТОВ

Пособие
для студентов специальности 1-70 03 02
«Мосты, транспортные тоннели и метрополитены»

*Рекомендовано учебно-методическим объединением
по образованию в области строительства и архитектуры*

Минск
БНТУ
2017

УДК 624.21/8(075.8)

ББК 39.112я7

Г81

Рецензенты:

первый заместитель генерального директора

ОАО «Мостострой» *С. А. Звонник*;

зав. кафедрой «Физикохимии материалов и производственных технологий», д-р хим. наук, проф. *Н. П. Мавейко*

Гречухин, В. А.

Г81 Строительство мостов : пособие для студентов специальности 1-70 03 02 «Мосты, транспортные тоннели и метрополитены» / В. А. Гречухин. – Минск: БНТУ, 2017. – 96 с.
ISBN 978-985-583-087-1.

Пособие содержит сведения о современных способах монтажа пролетных строений мостов и путепроводов и применяемых для этого передовых технологий, оборудования, машин и механизмов. При разработке пособия учтены современные требования, предъявляемые к составлению проектов организации строительства и производства работ.

УДК 624.21/8(075.8)

ББК 39.112я7

ISBN 978-985-583-087-1

© Гречухин В. А., 2017

© Белорусский национальный

технический университет, 2017

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
1. СОСТАВ КУРСОВОГО ПРОЕКТА	5
2. ПЛАН СТРОЙПЛОЩАДКИ	9
3. СПЕЦИАЛЬНЫЕ ВРЕМЕННЫЕ СООРУЖЕНИЯ И УСТРОЙСТВА	15
4. ТЕХНОЛОГИЯ МОНТАЖА БАЛОК ПРОЛЕТНОГО СТРОЕНИЯ ДВУМЯ СТРЕЛОВЫМИ КРАНАМИ	25
5. ТЕХНОЛОГИЯ МОНТАЖА БАЛОК ПРОЛЕТНОГО СТРОЕНИЯ КРАНОМ КШМ-63 (АНАЛОГИЧНО ПРОИЗВОДИТСЯ МОНТАЖ КШМ-40 И КШМ-35)	39
6. МОНТАЖ БАЛОК ПРОЛЕТНОГО СТРОЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ	43
6.1 Полунавесной монтаж	43
6.2 Пирсы для поперечной пережатки пролетного строения	44
6.3 Метод конвейерно-тыловой сборки	44
6.4 Свайные фундаменты временных опор	45
6.5 Временные опоры для тяговой установки при конвейерно-тыловой сборке пролетного строения	45
6.6 Навесной способ монтажа пролетных строений	45
6.7 Уравновешенный навесной способ монтажа пролетных строений	46
6.8 Плавучие системы	46
7. СТРОПОВКА БАЛОК ПРОЛЕТНЫХ СТРОЕНИЙ	68
8. ПОДБОР КРАНОВ	81
9. МОНТАЖНЫЕ КРАНЫ И ИХ ХАРАКТЕРИСТИКИ	83
ПРИЛОЖЕНИЯ	89
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	95

ВВЕДЕНИЕ

Пособие предназначено для студентов дневной формы обучения специальности 1-70 03 02 «Мосты, транспортные тоннели и метрополитены» и будет полезно при изучении теоретического материала и выполнении курсового проекта «Строительство мостов».

В процессе строительства мостов особое место занимает этап монтажа пролетных строений. В методическом пособии рассмотрены наиболее распространенные методы монтажа и применяемое для этого оборудование.

Пособие содержит сведения о составе, порядке выполнения курсового проекта «Строительство мостов» и примеры выполнения расчетно-графической части.

1. СОСТАВ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Общие требования к содержанию и объему курсового проекта. *Пояснительная записка* содержит 25–30 листов формата А4 (210×297 мм). В ней должны быть отражены:

- характеристика района строительства (климатические, геологические и гидрологические условия, рельеф местности);
- последовательность устройства стройплощадки;
- краткое описание конструкций опор и пролетных строений с описанием технологии возведения и подбором необходимого оборудования;
- подбор кранов для проведения общестроительных работ;
- расчет временных вспомогательных сооружений и устройств;
- составление ведомости потребности строительных машин и оборудования.

Графическая часть содержит два листа формата А1 (841×594 мм).

Лист 1 – фасад моста, поперечное сечение пролетного строения, план строительной площадки и элементы проекта организации строительства моста.

Лист 2 – технологические схемы сооружения опоры и монтажа пролетного строения в масштабе 1:100–1:200. На нем необходимо отразить стадии производства работ по монтажу пролетного строения с техническими характеристиками применяемых механизмов и кратким описанием работ. Разработать конструкции и детали устройств и приспособлений, применяемых при выполнении работ. Их расчеты входят в состав пояснительной записки.

На листах вычертив схемы конструкций и вспомогательных сооружений, с указанием размеров и отметок (воды, верха и низа конструкций и элементов, поверхности земли и геологический разрез). В соответствии с выполненным расчетом и назначенными сечениями элементов в дополнение к общей схеме вычертить конструкции и детали узлов.

Ниже представлены примеры компоновки листов и выполнения элементов (рисунки 1.1.–1.3).

ОБЩИЙ ВИД МОСТА
Фасад М 1:200...1:400



Поперечные разрезы М1:100

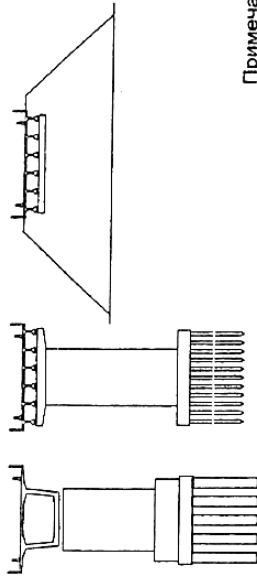
Конструктивно-технологические
параметры сооружения

Ведомость основных
объемов работ

1-1

2-2

3-3



Примечание: размеры в мм, отметки в м

Штамп

Рисунок 1.1. – Пример компоновки листа 1

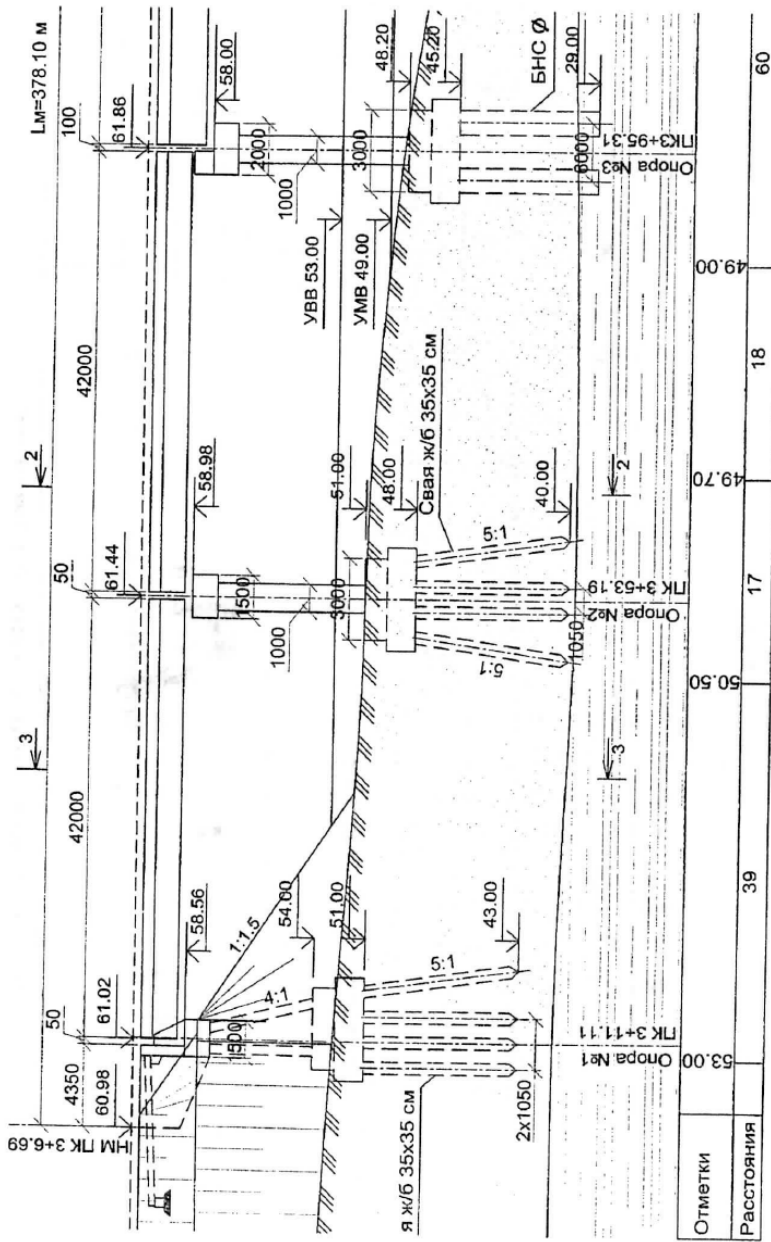


Рисунок 1.2. – Фасад моста

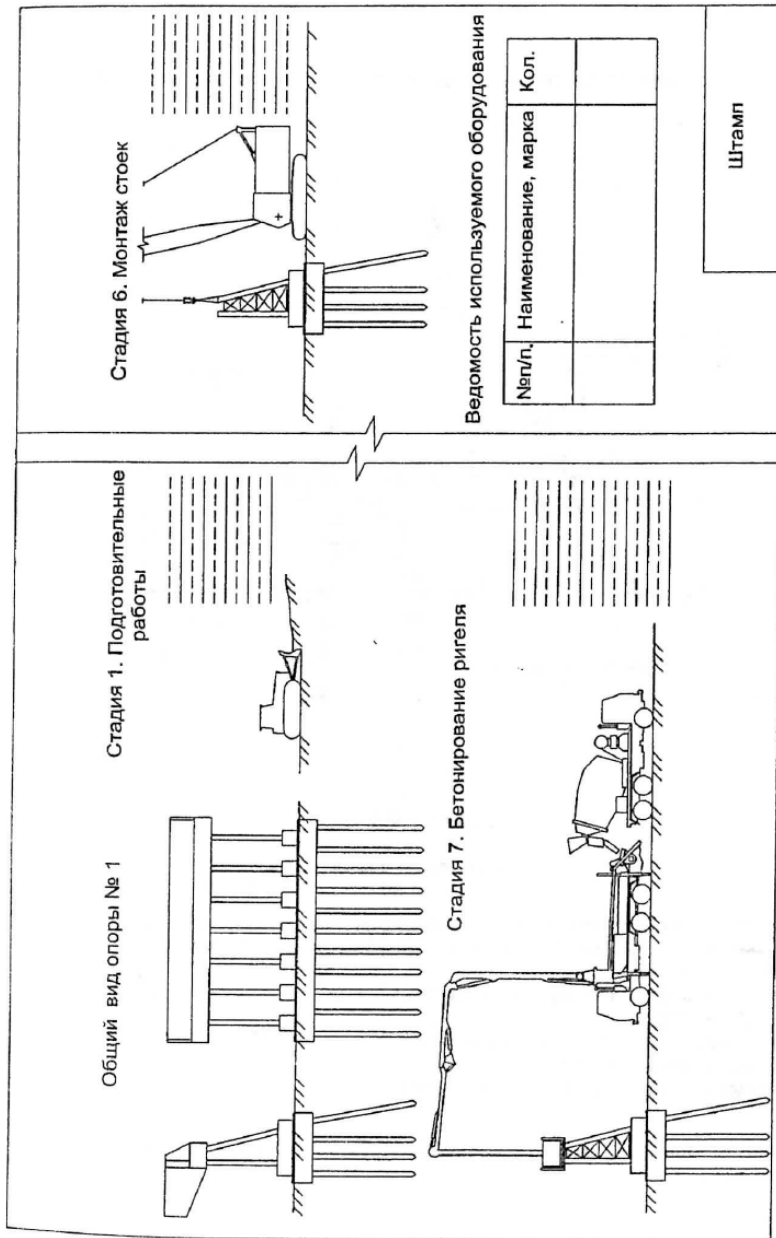


Рисунок 1.3. – Пример компоновки листа 2

2. ПЛАН СТРОЙПЛОЩАДКИ

План стройплощадки вычерчивают на листе 1 в масштабе 1:1000 или 1:500. За основу принимают генплан строительства с нанесенными на нем существующими сооружениями, сетями подземных коммуникаций и дорог. На основу наносят: контуры строящихся и временных сооружений с экспликацией, ведомость объемов работ, ведомость машин и оборудования, предназначенных для работ на стройплощадке, пути для перемещения транспорта, склады, административно-бытовые здания, полигоны для изготовления конструкций, временные сети водо-, тепло- и электроснабжения, пара и сжатого воздуха, условные обозначения и технико-экономические показатели.

Стройплощадку располагают на одном, обоих берегах или на острове в зависимости от следующих требований:

- берег не должен затопляться в весенние паводки;
- стройплощадку располагают на берегу, к которому наиболее близко подходят транспортные коммуникации;
- рельеф берега должен позволять размещение на нем временных зданий, полигонов и внутриплощадочных дорог.

При проектировании стройплощадок соблюдают следующие основные принципы:

- склады конструкций и тяжелых материалов располагают около сооружения с соблюдением правил охраны труда и противопожарной безопасности;
- материалы и конструкции располагают в порядке их последовательного потребления;
- площадки для укрупнительной сборки пролетных строений, полигоны для изготовления элементов моста располагают, учитывая доступ к ним со складов материалов и конструкций и к сооружаемому мосту;
- инвентарные здания, склады и другие постройки располагают в местах, не занимаемых насыпями подходов, с соблюдением противопожарных норм, требований охраны труда и производственной санитарии. Санитарно-бытовые помещения располагают рядом с объектом в местах сосредоточения рабочих, а жилой городок – на некотором удалении;
- склады, площадки укрупненной сборки и т. д. размещают

с учетом минимального расстояния перемещения грузов и минимальной протяженности временных внутривысотных дорог и сетей водо- и энергоснабжения;

- временные дороги прокладывают по трассе постоянной дороги на подходах к мосту и только в пределах стройплощадки создают новые с покрытием, например, из сборных инвентарных железобетонных плит, обеспечивающим круглогодичное движение;

- ширина проезжей части дорог на стройплощадках: 3,5 м для одной полосы и 6,0 м для двух полос движения; соответственно ширина земляного полотна – 6 м и 8,5 м; наибольший продольный уклон: в нормальных условиях – 30 %, в трудных условиях – 40 %, в особо трудных условиях – 60 %; наименьший радиус кривых в плане – 12 м;

- водный транспорт применяют на судоходных реках для подачи строительных материалов, людей и техники. Для этого строят грузовые и пассажирские причалы, располагаемые, как правило, ниже по течению реки.

Для обеспечения выполнения требований охраны труда необходимо:

- до начала работ строительную площадку и опасные зоны работ за ее пределами оградить в соответствии с требованиями нормативных документов. При въезде на площадку установить информационные щиты с указанием наименования объекта, названия застройщика (заказчика), исполнителя работ (подрядчика, генподрядчика), фамилии, должности и номеров телефонов ответственного производителя работ по объекту и представителя органа госстройнадзора, курирующего строительство, сроков начала и окончания работ, схемы объекта;

- соорудить помещения для сушки одежды, душевые, столовые и т. п.;

- оградить зону работы кранов и других строительных машин;

- расположить конструкции и материалы так, чтобы не создавать стесненных условий в рабочей зоне;

- показать на плане места расположения оттяжек (вант) у монтажных мачт, временные закрепления механизмов или конструктивных элементов (якоря).

Работы на стройплощадке должны отвечать требованиям охраны окружающей среды.

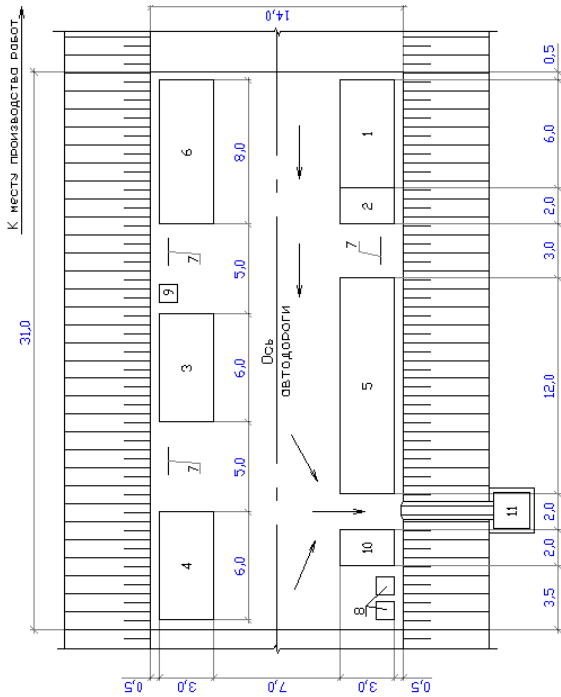
Площадка должна быть оборудована необходимыми спасательными средствами (по соответствующим нормам): связь, сигнализация, пожаротушение, спасение на воде и т. д.

Для обеспечения строительства водой устанавливают на берегу или сооружают на понтонах насосную станцию с центробежными насосами.

Необходимо учитывать, что при строительстве мостов 60–70 % электроэнергии расходуется на питание электродвигателей; 20–30 % – на технологические процессы: электросварку, прогрев бетона в зимнее время и пр.; 10 % – на наружное и внутреннее освещение.

Строительство снабжают воздухом от стационарных (при больших и длительных расходах) или передвижных компрессоров. Компрессорную станцию располагают в закрытом утепленном помещении поблизости от потребителей или устанавливают на большом плашкоуте.

Для обогрева тепляков, подогрева заполнителей бетона и камня, пропаривания железобетонных изделий, отопления административных и бытовых помещений составляют проект теплоснабжения и др. Расход тепла на производственные нужды (в ккал/ч) определяют в зависимости от объема тепляков, температура в которых принимается не выше +10 °С, объема изготавливаемых конструкций и т. п. Количество тепла на отопление помещений определяют в зависимости от назначения и объема помещений. В расчетах принимают температуру наружного воздуха с учетом района строительства. Для теплоснабжения обычно используют вертикальные паровые котлы различной производительности. Примеры компоновки стройплощадок приведены на рисунках 2.1–2.2б.



Экспликация зданий и сооружений

№ поз	Наименование здания, сооружения	Ед. изм.	Площадь	Краткая характеристика
1	Прорабская, меdpункт	м ²	20	Вагончик
2	Склад инструментов	м ²	10	Вагончик
3	Пункт приема пищи	м ²	15	Вагончик
4	Бытовка рабочих	м ²	20	Вагончик
5	Склад арматуры	м ²	30	Навес
6	Склад металлоконструкций и пиломатериалов	м ²	25	Навес
7	Пожарный щит (3 шт.)		–	
8	Биотуалет (2 шт.)	–	–	
9	Емкость для мусора	–	–	
10	Передвижная электростанция	м ²	5	Навес
11	Отстойник	шт.	1	

Рисунок 2.1. – План строительной площадки



Рисунок 2.2а. – План строительной площадки



Рисунок 2.26. – План строительной площадки

3. СПЕЦИАЛЬНЫЕ ВРЕМЕННЫЕ СООРУЖЕНИЯ И УСТРОЙСТВА

При строительстве мостовых сооружений (СВСиУ) применяют:

- вспомогательные опоры, используемые при продольной надвигке и полунавесной сборке пролетных строений;
- пирсы для поперечной перекатки пролетных строений;
- ограждающие устройства (шпунт, бездонные ящики и др.), используемые при строительстве постоянных и временных опор;
- сборочные подмости и стапели для пролетных строений;
- аванбеки, шпренгели, соединительные элементы и устройства для выборки прогиба и продольной надвигки пролетных строений;
- анкерные устройства, необходимые при полунавесной сборке пролетных строений;
- накаточные устройства для продольной надвигки;
- плавучие опоры с якорными системами для транспортировки на плаву и установки на опоры пролетных строений;
- подкрановые эстакады для монтажных козловых кранов;
- рабочие мостики для транспортных средств, строительных и грузоподъемных машин;
- временные причалы;
- опалубка монолитных конструкций и др.

СВСиУ монтируют из инвентарных конструкций. Применение индивидуальных (в том числе деревянных) конструкций допускается только при соответствующем обосновании.

При проектировании СВСиУ необходимо соблюдать следующие условия:

- простота и удобство при монтаже, безопасность и надежность в эксплуатации;
- за рабочий уровень воды (РУВ) в реке принимают наивысший возможный в период производства работ сезонный уровень, соответствующий расчетному расходу с вероятностью превышения на 10 %. При проектировании причалов и плавучих опор, предназначенных для перевозки пролетных строений, необходимо учитывать наименьший возможный во время транспортировки уровень воды с вероятностью понижения на 10 %;
- верх шпунтовых ограждений, бездонных ящиков, грунтовых перемычек должен возвышаться над рабочим уровнем и над уровнем

грунтовых вод не менее чем на 0,7 м; верх островков для опускных колодцев – не менее чем на 0,5 м;

– низ пролетных строений рабочих мостиков, подкрановых эстакад и подмостей должен не менее чем на 0,7 м возвышаться над рабочим уровнем воды.

Для подмостей, временных опор, пирсов и другого используют инвентарные конструкции МИК (МИК-С и МИК-П), понтоны КС, металлический шпунт и элементы сплошных стоечных подмостей (ССП).

Инвентарные конструкции МИК и УИКМ. В МИК-С (рисунке 3.1–3.2) основные элементы выполнены в виде стальных труб диаметром 203 мм с толщиной стенок $\delta = 9$ мм и диаметром 159 мм ($\delta = 5$ мм), длина стоек – 4 и 2 м, распорки из труб диаметром 95 мм. Стыки стоек – фланцевые, элементы решетки крепятся к ним высокопрочными болтами диаметром 24 мм.

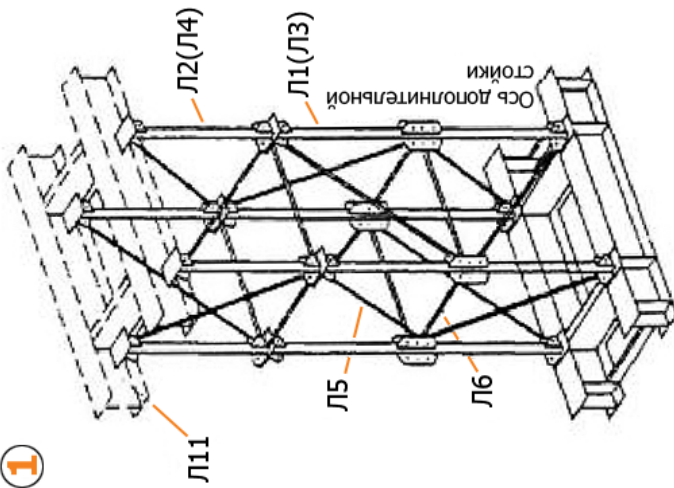
В верхней и нижней части временной опоры устраиваются сварные ростверки из двутавровых балок N55, размеры ростверка по осям в плане – 3300×2000 мм. Их закрепляют на стойках, объединяя с помощью болтов.

На верхних ростверках размещают продольные балки. Нижние ростверки укладывают на балки свайного фундамента временной опоры или подмостей.

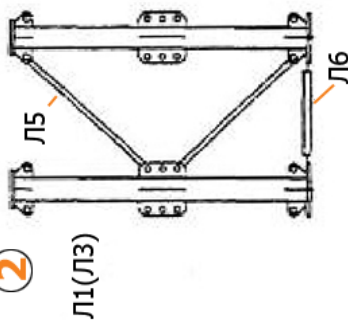
Элементы МИК-П относят к балочным конструкциям и выполнены они в виде сварных балок высотой 1040 мм, длиной по 8 и 12 м. Их используют для устройства подмостей, временных мостов и т. д. При необходимости балки объединяют в пакеты длиной 16, 20 и 24 м.

На рисунках 3.1–3.4 представлены графические примеры временных опор.

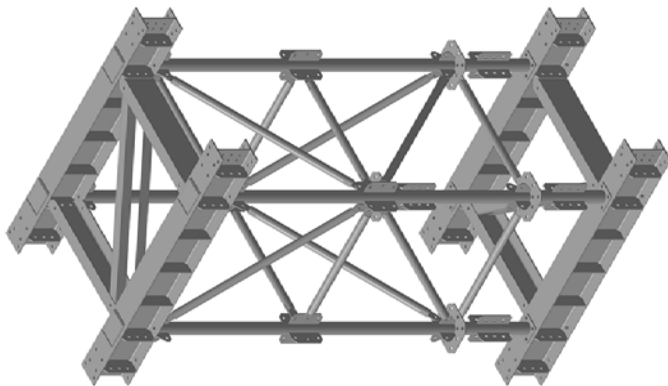
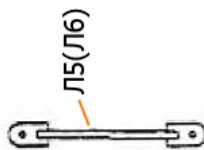
1



2

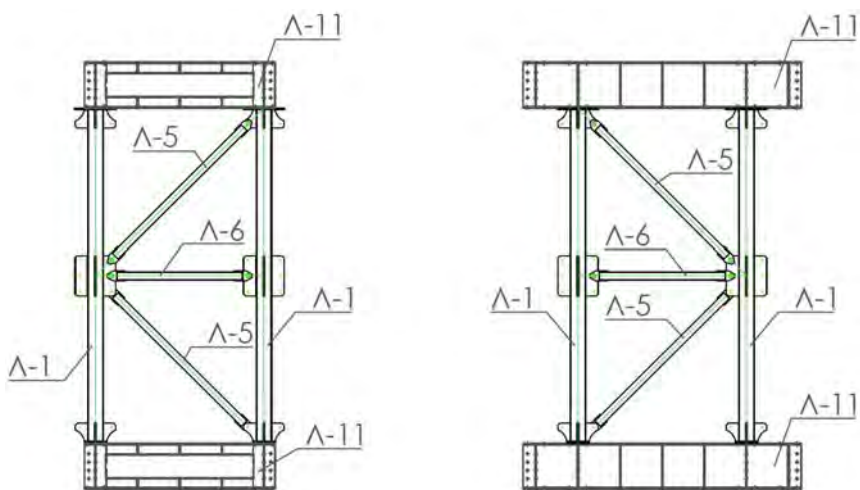


3



Л1-Л11 – элементы временной опоры
 Рисунок 3.1а. – Временная опора

Рисунок 3.1б. – Временная опора



Л1-Л11 – элементы временной опоры
 Рисунок 3.1в. – Временная опора

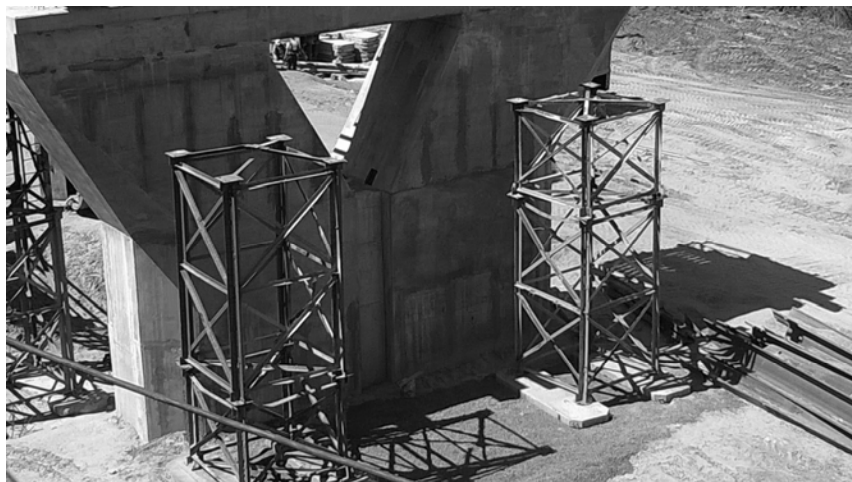
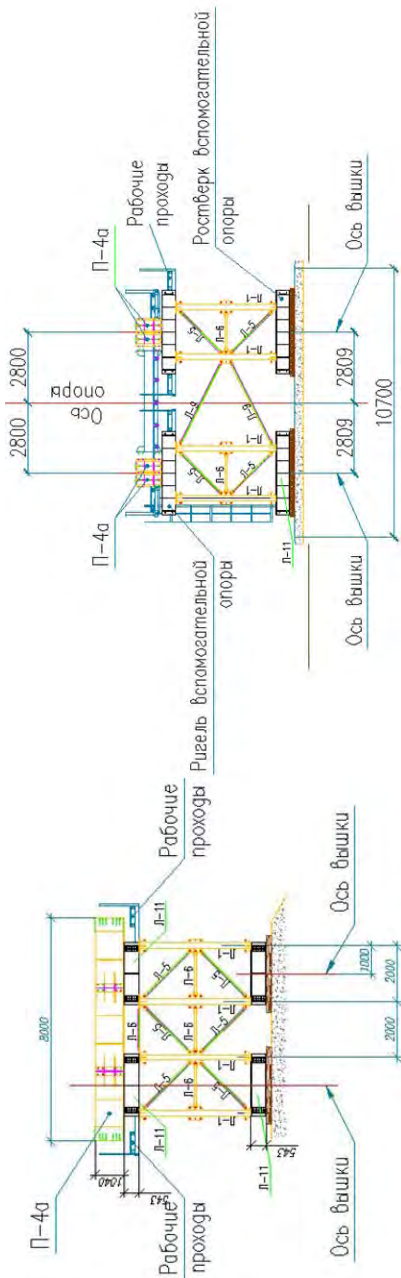


Рисунок 3.1г. – Временная опора



№ п. п	Наименование работ	Ед. изм.	Количество
1	Инва. конструкции МИК-С Л-1	шт./т	16 / 4,016
2	"- МИК-С Л-5	шт./т	46 / 1,38
3	"- МИК-С Л-6	шт./т	16 / 0,352
4	"- МИК-С Л-8	шт./т	8 / 0,824
5	"- МИК-С Л-11	шт./т	8 / 15,80
	"- МИК-П П-4а	шт./т	4 / 8,84

1	2	3	4
	Итого металла МИК на 1 временную опору	т	31,212
	Итого металла МИК на 2 временные опоры	т	62,424

Рисунок 3.10. – Временная опора



Рисунок 3.1с. – Временная опора

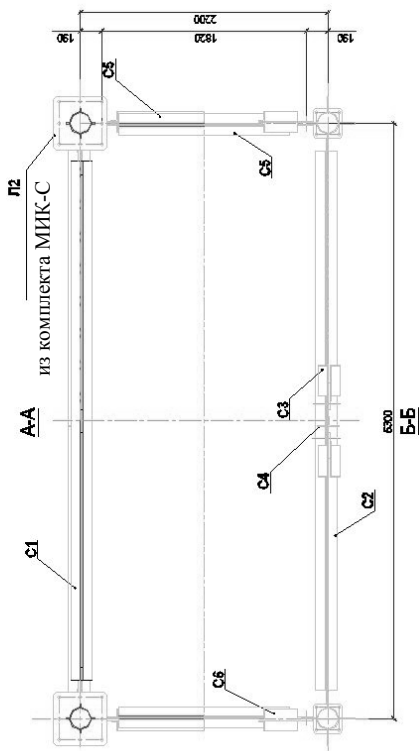
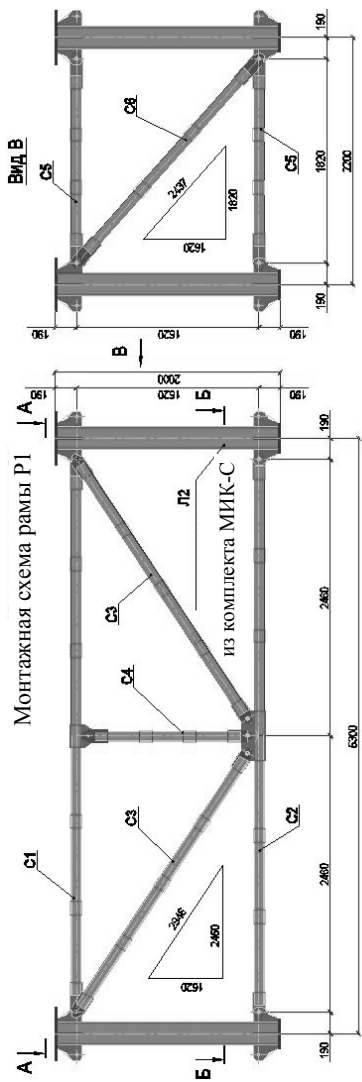


Рисунок 3.2а. – Временный пролет

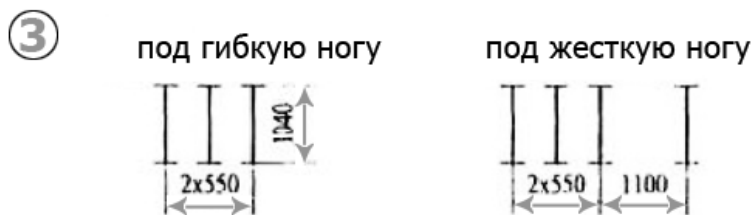
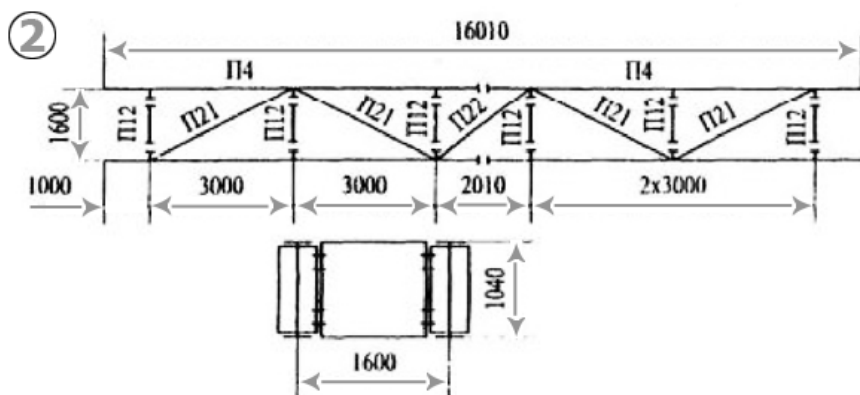
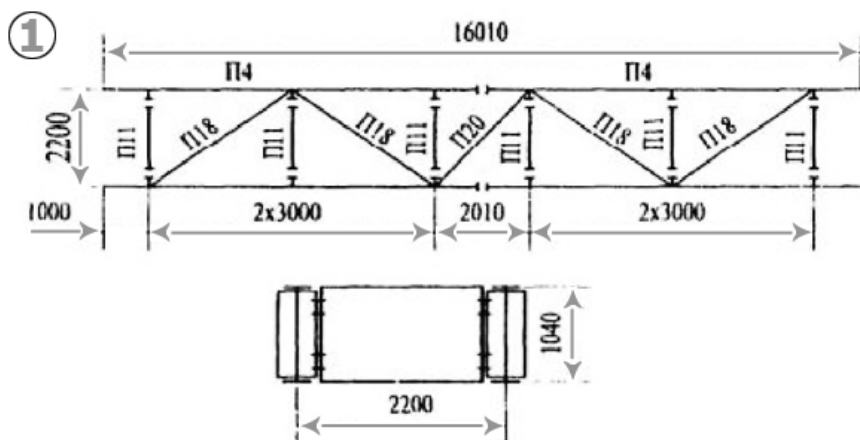


Рисунок 3.26. – Временный пролет

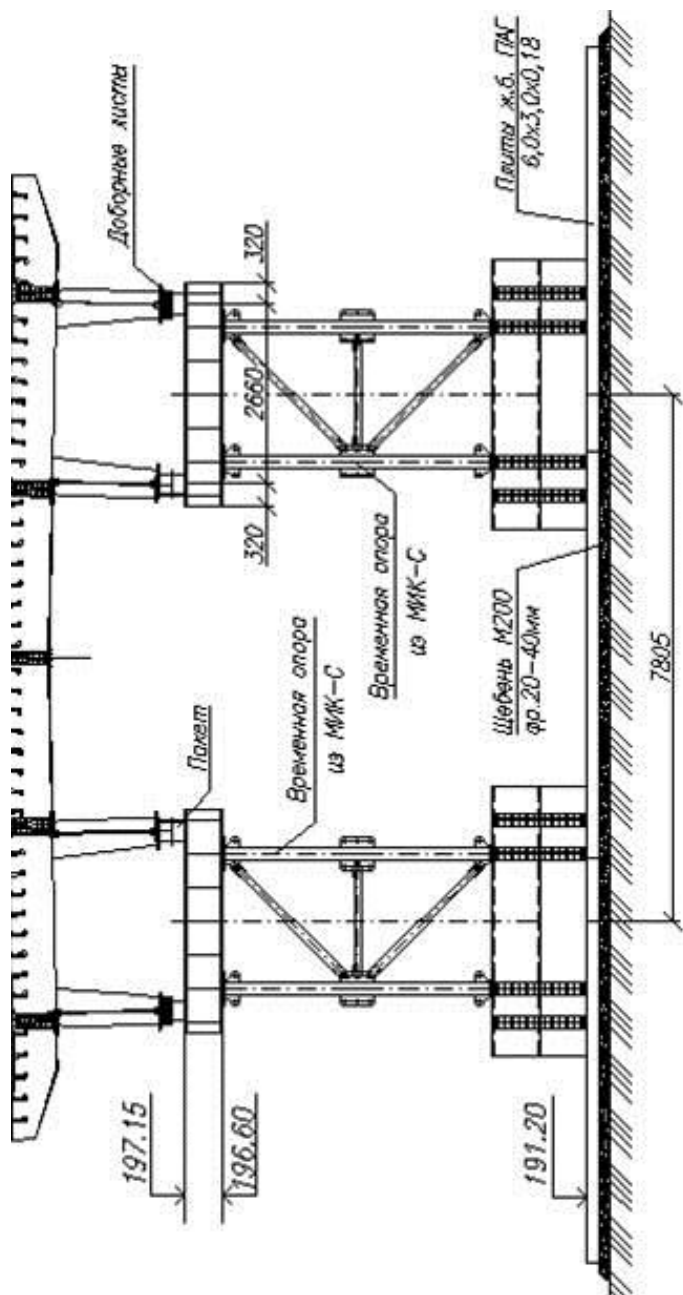


Рисунок 3.3. – Конструкция эстакады



Рисунок 3.4. – Конструкция временного мостика

На следующем этапе в записке необходимо разработать технологическую карту на монтаж балок пролетного строения. При ее разработке необходимо четко представлять, с помощью каких машин и механизмов и каким образом данная работа будет производиться. Ниже приведены примеры составления технологических карт (в части технологии монтажа).

4. ТЕХНОЛОГИЯ МОНТАЖА БАЛОК ПРОЛЕТНОГО СТРОЕНИЯ ДВУМЯ СТРЕЛОВЫМИ КРАНАМИ

Настоящая технология предназначена для применения в проектах производства работ на строительстве мостов и путепроводов для монтажа балок пролетного строения с длиной пролетов 18, 21 и 24 м двумя кранами РДК-250 и МКГ-25 БР в любом сочетании.

На схемах производства работ по монтажу балок пролетного строения запроектирована работа кранов на максимально допустимых вылетах стрелы для подъема наиболее тяжелых балок, поэтому они применимы для монтажа балок меньшей массы.

1. Перед началом работ должно быть проведено инструктирование в соответствии: с «Инструкцией по охране труда для машинистов стреловых самоходных кранов», «Инструкцией по охране труда для стропальщиков, обслуживающих грузоподъемные краны», «Инструкцией по охране труда для монтажников стальных и железобетонных мостовых конструкций», «Инструкцией по охране труда при работе на высоте», «Инструкцией по охране труда для водителя при перевозке крупногабаритных и тяжеловесных грузов».

2. До начала монтажа балок пролетного строения необходимо выполнить следующие работы:

– провести работы по устройству рабочих площадок для размещения кранов (срезка или отсыпка до требуемой отметки с уплотнением грунта с коэффициентом уплотнения $k = 0,95$, устройство подъездов и проходов, раскладка дорожных плит под пути движения и аутригеры кранов);

– соорудить опоры и проверить правильность их расположения в плане и по высоте;

– нанести разметку местоположения балок на подферменниках ригелей;

- при необходимости смонтировать временные опоры и пути катания при надвигке балок в пролет;
- установить опорные части на подферменники;
- обозначить границы зоны производства работ;
- обозначить стоянки кранов, оси движения машин и механизмов;
- проверить элементы пролетного строения на соответствие их проектным размерам, отсутствие повреждений строповочных отверстий, соответствие качества конструкций требованиям стандартов и технических условий;
- на каждом элементе, подлежащем монтажу, должны быть нанесены номер, вес монтажной марки, центр тяжести элементов, место строповки, а также осевые и нивелировочные знаки.

3. Транспортные средства с подаваемыми на монтаж элементами должны располагаться в зоне действия монтажных кранов. В случае монтажа балок пролетного строения не с транспортных средств элементы должны быть расположены в зоне действия стрелы монтажного крана.

Монтаж балок пролетного строения разрешается начинать по достижении бетоном опор и, если монтаж ведется при нахождении крана на смонтированном пролете, бетоном омоноличивания балок пролета 100%-й проектной прочности.

4. Монтаж балок следует осуществлять в следующей последовательности:

- установить краны на стоянках и привести их в рабочее положение;
- установить опорные части;
- подать балки под монтаж (в случае, если балка подается балковозом или на тележках);
- застропить балку и переместить ее в проектное положение с надежным временным закреплением;
- аналогично смонтировать вторую балку;
- закрепить пару балок между собой путем сварки выпусков арматуры;
- аналогично смонтировать оставшиеся балки;
- установить арматуру и опалубку стыков;
- забетонировать стыки балок;
- произвести технологическую выдержку бетона стыков.

5. К работам по монтажу балок пролетного строения предъявляют следующие требования:

– монтаж железобетонных балок пролетного строения разрешается производить после инструментальной проверки соответствия проекту отметок и положения в плане опор, при наличии актов промежуточной приемки предшествующих монтажу работ;

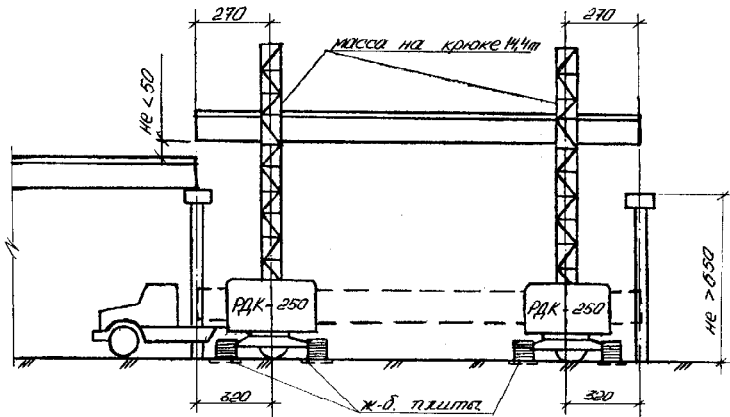
– монтируемые балки перед подачей на монтаж должны быть проверены на соответствие их проектным размерам, на отсутствие повреждений закладных и строповочных устройств, на соответствие качества конструкций требованиям стандартов и технических условий;

– на каждом элементе, подлежащем монтажу, должны быть нанесены номер, вес монтажной марки, центр тяжести элементов, место строповки, а также осевые и нивелировочные знаки.

Работы по монтажу балок пролетного строения выполняют комплексным звеном в составе шести человек:

- монтажник конструкций 6-го разряда – 1 чел.;
- монтажник конструкций 5-го разряда – 1 чел.;
- монтажник конструкций 4-го разряда – 1 чел.;
- монтажник конструкций 3-го разряда – 1 чел.;
- машинисты кранов 6-го разряда – 2 чел.

Схемы монтажа балок приведены на рисунках 4.1–4.8.



ПЛАН

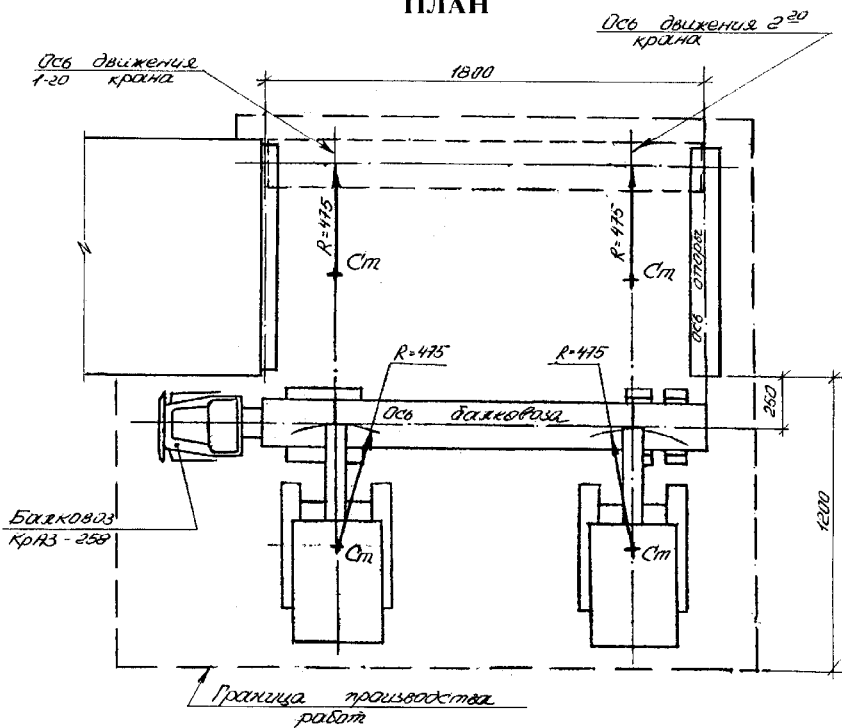
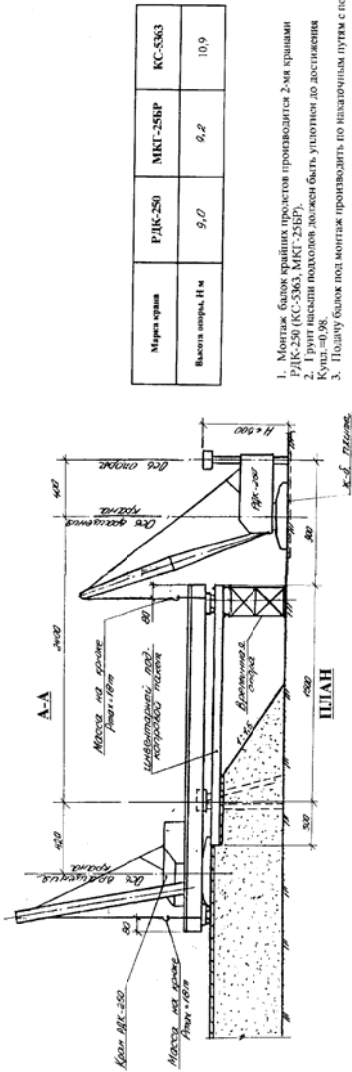


Рисунок 4.1. – Монтаж балки пролетного строения длиной 18 м «с колес» кранами РДК-250 (МКГ-25БР) с движением их в пролете



Марка крана	РДК-250	МКТ-250Р	КС-5363
Высота опоры, H м	9,0	9,2	10,9

1. Монтаж балок крайних пролетов производится 2-мя кранами РДК-250 (КС-5363, МКТ-250Р).
2. Грунт пешеходов должен быть уплотнен до достижения Купл-08.
3. Подъём балок под монтаж производится по наземным путям с подхода.

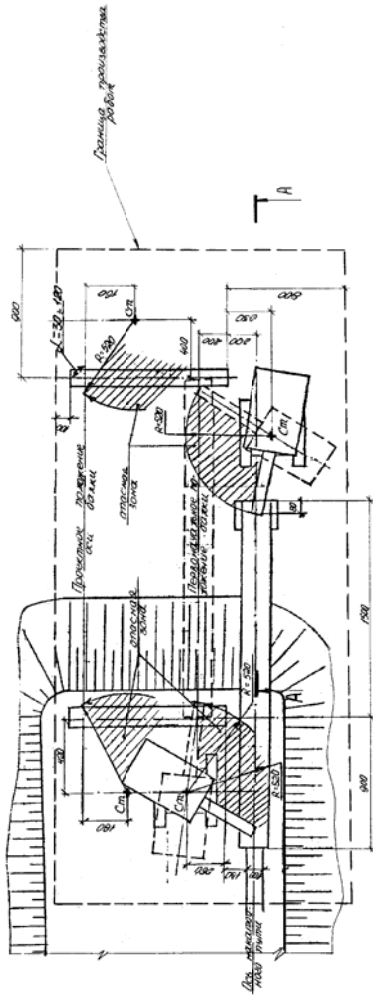


Рисунок 4.2. – Монтаж балок крайних пролетов длиной 24 м двумя кранами, установленными в разных уровнях с использованием инвентарных подмостей

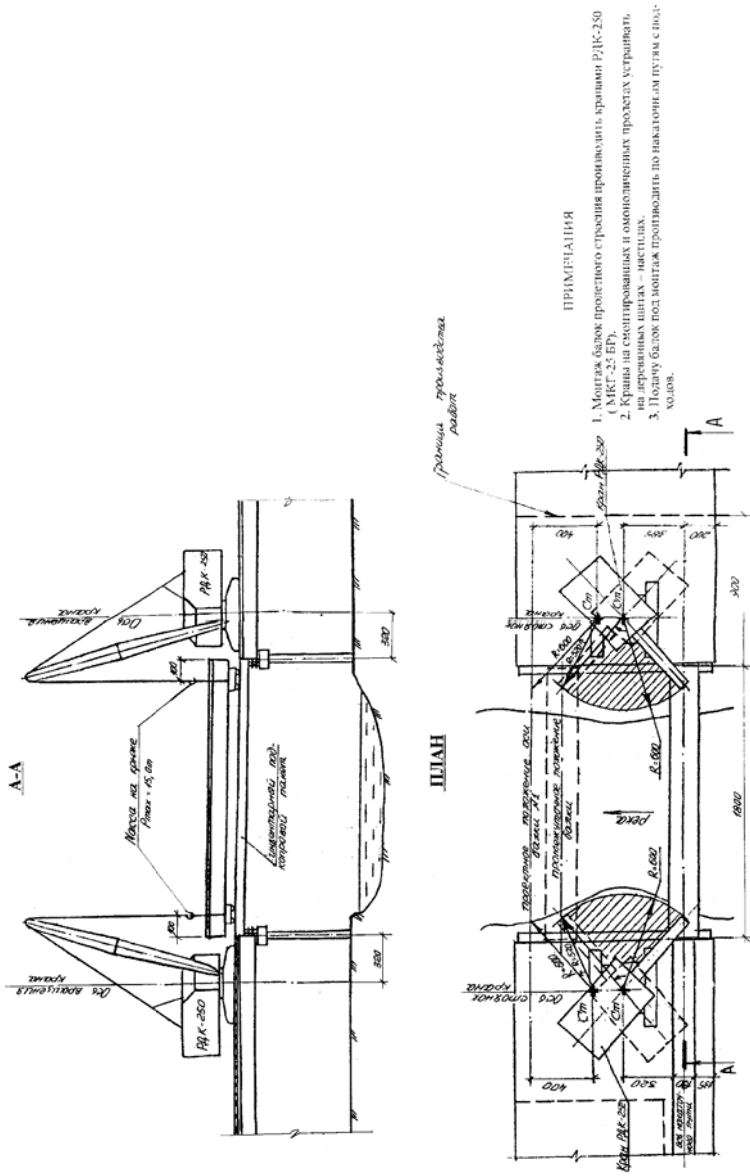
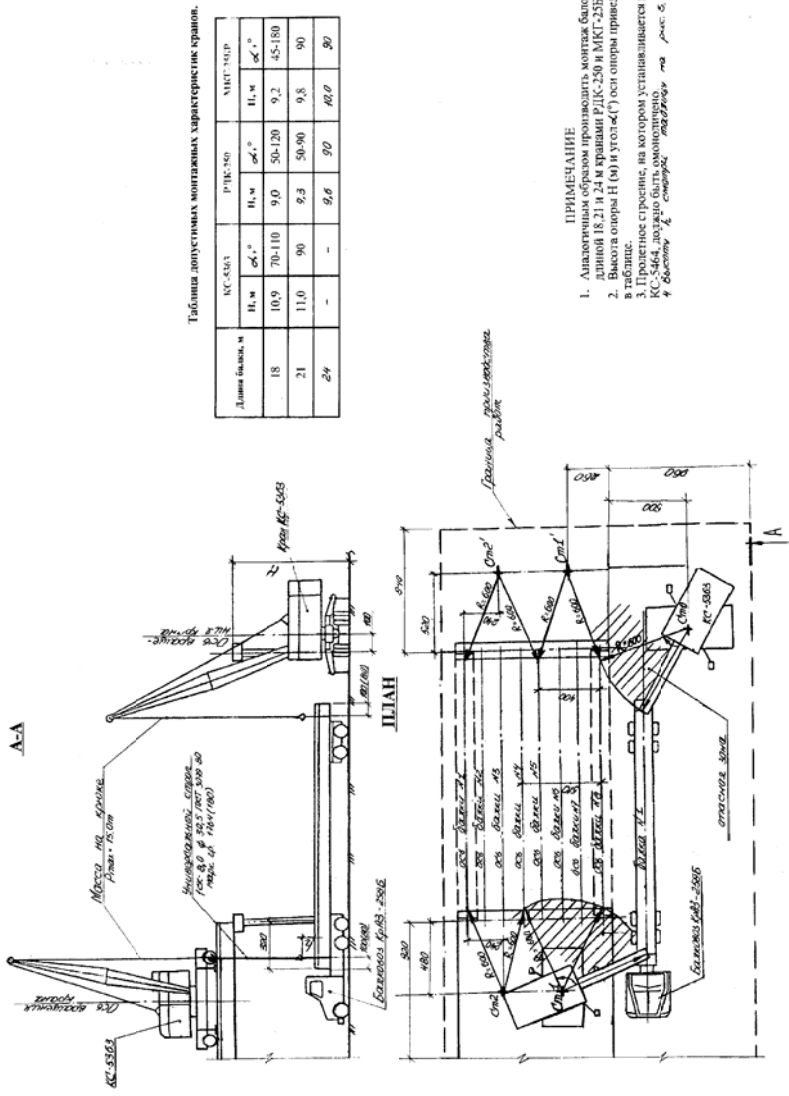


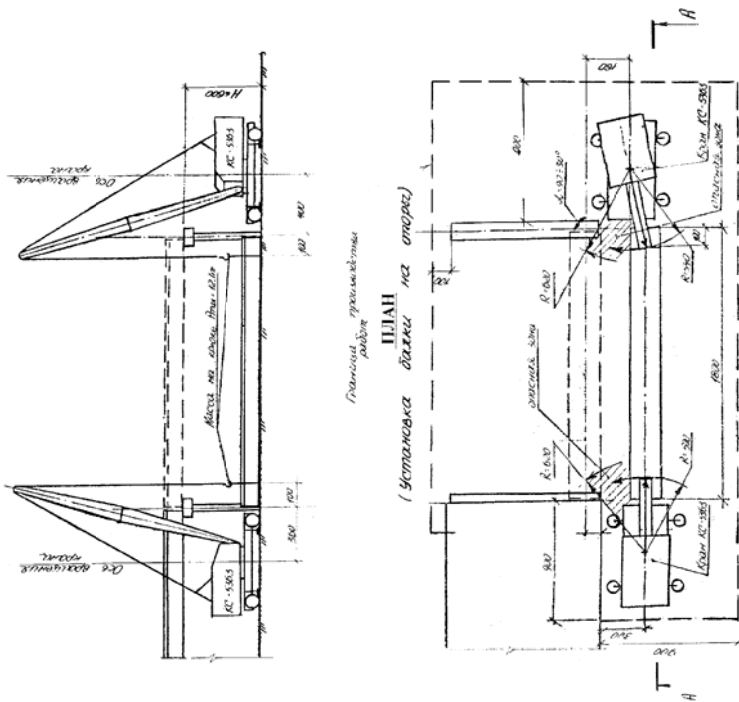
Рисунок 4.4. – Монтаж балок пролетных строений длиной 18 м двумя кранами РДК-250 (МКГ-25БР) «сверху» с использованием инвентарных подкрановых пакетов



- ПРИМЕЧАНИЕ**
1. Аналогичным образом производить монтаж блок длиной 18,21 и 24 м кранами РДК-250 и МКТ-250Р.
 2. Высота опоры Н (80) и угол α (°) без опоры приведены в таблице.
 3. Пролетное строение, на котором устанавливается кран КС-5464, должно быть омонтировано в высоту h_2 с опорой, показанной на рис. 6.

Рисунок 4.5. – Монтаж балок пролетного строения до 21 м «с колес» двумя кранами КС-5363 в разных уровнях

A-A



ПЕРЕСТАНОВКА БАЛКИ В
ПРОЕКТНОЕ ПОЛОЖЕНИЕ

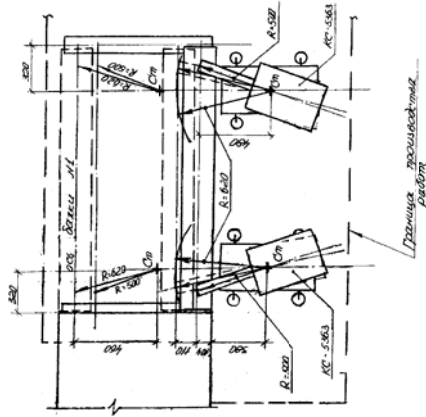
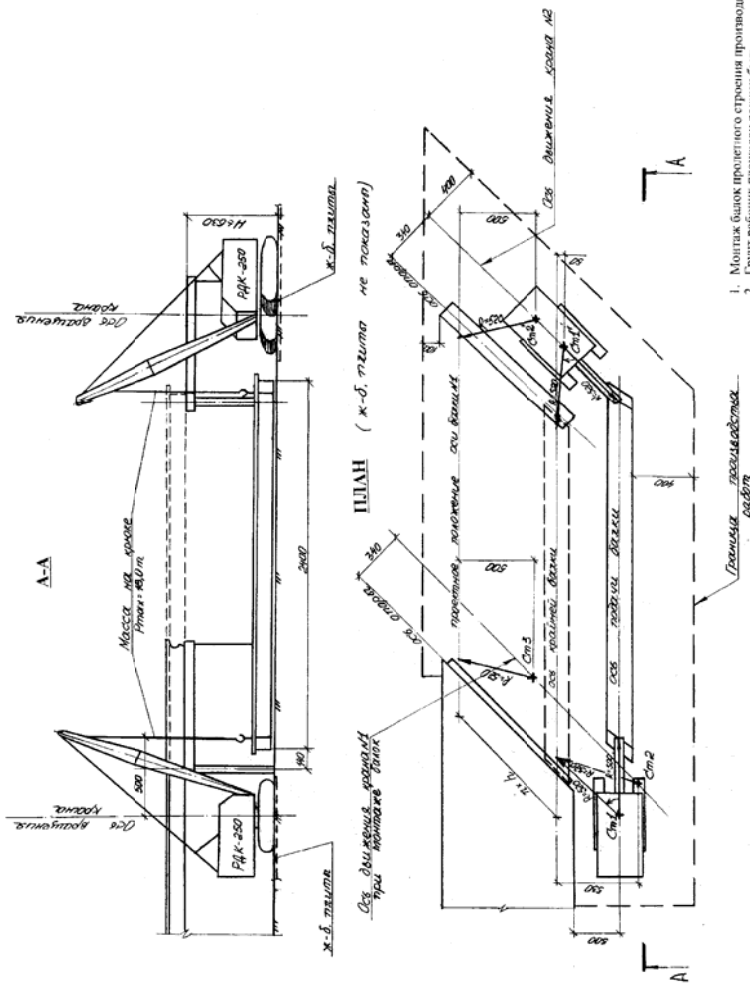


Рисунок 4.6. — Монтаж балок пролетного строения 18 м двумя кранами КС-5363 «снизу»



1. Монтаж балок пролетного строения производить кранами РДК-250 и МКГ-25Б.
2. Грунт рабочих площадок должен быть уплотнен до $K_{упл} = 0,98$.
3. Под гусеницы крана уложить дорожные плиты ПД-2.
4. Количество (п+1) и шаг (b) балок смотри в проекте.

Рисунок 4.7. – Монтаж балок пролетного строения длиной до 24 м двумя кранами РДК-250 (МКГ-25Б) «снизу»

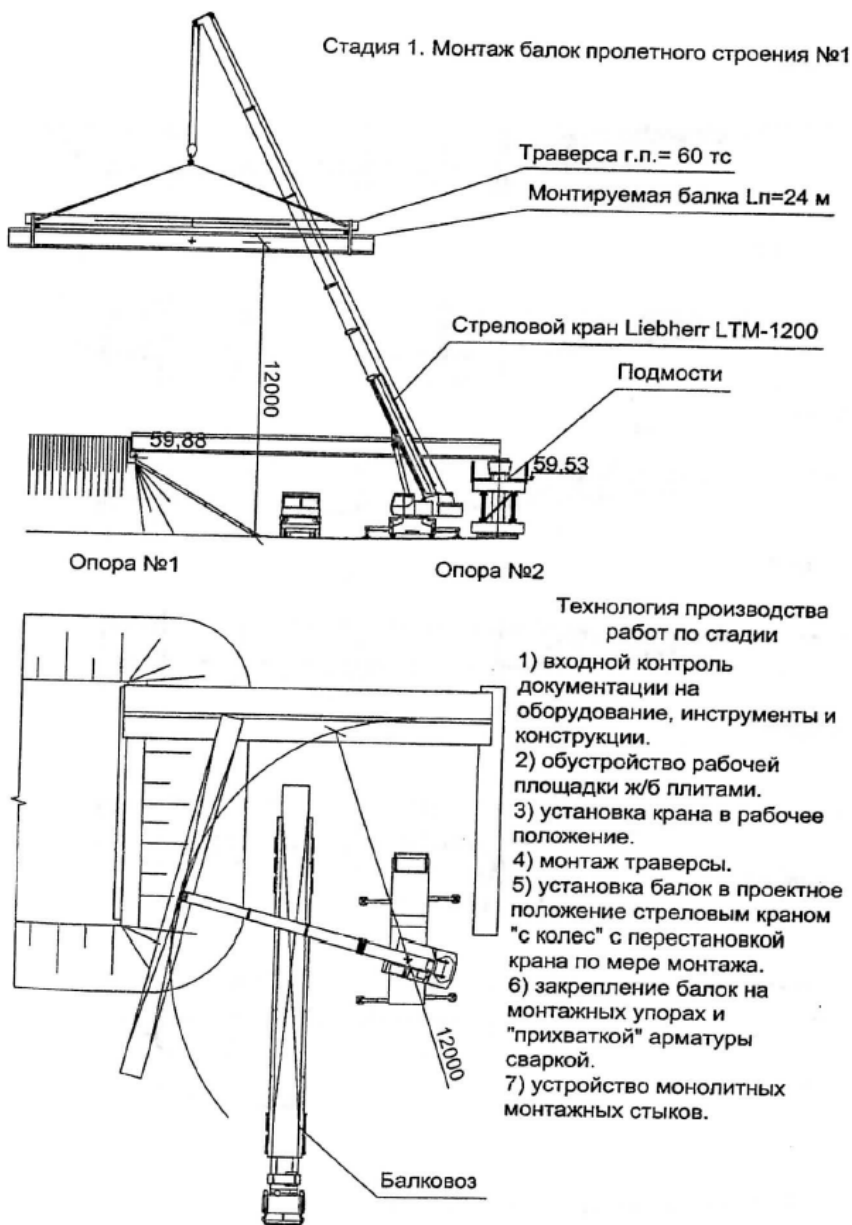


Рисунок 4.8. – Монтаж балок пролетного строения одним краном с траверсой

Потребность в строительных материалах и изделиях для монтажа балок пролетного строения принимается по проекту.

Перечень машин, механизмов и оборудования, необходимых для монтажа балок пролетного строения, приведен в таблице 4.1.

Таблица 4.1. – Перечень машин, механизмов, оборудования, технологической оснастки, инструмента, инвентаря и приспособлений

№ п/п	Наименование	Тип, марка, завод-изготовитель	Назначение	Количество, шт.
1	Кран г/п 25 т	РДК-250 (МКГ-25БР)	Монтаж балок пролетного строения	2
2	Электросварочный агрегат			1
3	Строп	СКП1-7,0/12400		2
4	Канат	$D = 29,0$ марк. гр. 1570 (160)		2
5	Топор			1
6	Ножовка по дереву			1
7	Рулетка 50 м			1
8	Лом			2
9	Теодолит Т5			1
10	Нивелир НЗ			1
11	Нивелирная рейка			1
12	Вибратор поверхностный			1
13	Трансформатор			1
14	Комплект щитов опалубки стыков омоноличивания			1

Контроль качества и приемка работ при монтаже пролетных строений осуществляется по параметрам, представленным в таблице 4.2.

Таблица 4.2. – Контроль качества производства работ

Наименование	Контролируемый параметр		Место контроля (отбора проб)	Периодичность контроля	Исполнитель контроля или проведения испытания	Метод контроля, обозначение ТНПА	Средства измерений, испытаний		Оформление результатов контроля
	Номинальное значение	Предельное отклонение					Диапазон измерений, погрешность, класс точности	Тип, марка, обозначение ТНПА	
Приемочный контроль									
Приемка работ по монтажу пролетных строений									Акт освидетельствования скрытых работ
– Правильность установки отдельных элементов и всей конструкции в целом (по результатам инструментальной проверки в плане и профиле); – отсутствие внешних дефектов в установленных элементах; – качество монтажных соединений; – соответствие заводской документации на конструкции и элементы, журналов работ, актов промежуточной приемки и скрытых работ требованиям норм									

Техника безопасности, охрана труда и окружающей среды.

Основные требования по технике безопасности:

– установка и работа крана вблизи котлована с неукрепленными откосами разрешены только за пределами призмы обрушения грунта на расстоянии не менее, указанного в таблице 4.3.

Таблица 4.3. – Допустимые расстояния установки крана вблизи котлована с неукрепленными откосами

Глубина выемки, м	Грунт			
	Песчаный	Супесчаный	Суглинистый	Глинистый
	Расстояние по горизонтали от основания откоса выемки до ближайшей опоры машины, м			
1	1,5	1,25	1	1
2	3	2,4	2	1,5
3	4	3,6	3,25	1,75
4	5	4,4	4	3
5	6	5,3	4,75	3,5

Примечание. При невозможности соблюдения этих расстояний откос должен быть укреплен.

– при перемещении груза в горизонтальном положении он должен быть поднят на 0,5 м выше встречающихся на пути предметов;

– при подъеме груза двумя кранами нагрузка, приходящаяся на каждый кран, не должна превышать его грузоподъемность. Скорости перемещения груза у обоих кранов должны быть одинаковыми. Равномерность подъема балки необходимо контролировать визуально с помощью разметки, нанесенной на опорах. Опережение подъема одного конца балки относительно другого не должно превышать 0,5 м.

5. ТЕХНОЛОГИЯ МОНТАЖА БАЛОК ПРОЛЕТНОГО СТРОЕНИЯ КРАНОМ КШМ-63 (АНАЛОГИЧНО ПРОИЗВОДИТСЯ МОНТАЖ КШМ-40 И КШМ-35)

До начала монтажа балок пролетного строения должны быть произведены следующие работы:

- сооружены опоры и проверена правильность их расположения в плане и по высоте;
- нанесена разметка местоположения балок на подферменниках ригелей;
- отсыпаны и уплотнены подходы до проектной отметки;
- установлены опорные части на подферменники;
- обозначены границы зоны производства работ;
- подготовлены рабочие места для сборки крана КШМ-63 и монтажа балок;
- доставлены в зону производства работ необходимые монтажные приспособления, инвентарь и инструменты;
- проверены элементы пролетного строения на соответствие их проектным размерам, отсутствие повреждений строповочных отверстий, соответствие качества конструкций требованиям стандартов и технических условий;
- на каждом элементе, подлежащем монтажу, должны быть нанесены номер, вес монтажной марки, центр тяжести элементов, место строповки, а также осевые и нивелировочные знаки.

Кран шлюзовой мобильный КШМ-63 предназначен для установки пролетных строений длиной до 33 м и массой с учетом строповочных устройств до 63 т.

Монтаж балок пролетного строения краном КШМ-63 осуществляется в следующей последовательности:

- а) при монтаже балок крайнего пролета:
 - разметка местоположения переднего и заднего путей катания крана;
 - сборка и установка крана в проектное положение;
 - монтаж балок пролетного строения с временным закреплением;
- б) при монтаже балок среднего пролета:
 - разметка местоположения переднего и заднего путей катания крана;
 - установка крана в монтируемом пролете;

– установка щитов проезда на ранее смонтированном пролетном строении;

– монтаж балок пролетного строения с временным закреплением.

При перевозке балок на тележках необходимо следить за соответствием места опирания балок обозначению на балках во избежание скалывания бетона торца балок.

Монтаж балок пролетного строения краном КШМ-63 осуществляют с транспортных средств, например прицепа-тяжеловоза или с пневмоколесных тележек, входящих в комплект крана.

Возможность работы крана на неомоноличенных балках при различных сочетаниях смежных пролетов должна быть указана в проекте производства работ. Там же указывают способы объединения и раскрепления балок.

Монтаж балок разрешается начинать после сооружения опор, подмостей на опорах и после инструментальной проверки соответствия проекту отметок и положения в плане опор при наличии актов промежуточной приемки предшествующих монтажу работ, достижении бетоном опор 100%-й проектной прочности.

При монтаже балок пролетного строения должны осуществлять постоянный геодезический контроль за соответствием их положения проектному.

Перед окончательным закреплением установленных балок пролетного строения должна быть проверена правильность подготовки стыков под сварку арматурных выпусков и бетонирование. Расстроповка установленных балок допускается после их прочного и устойчивого временного закрепления установкой на временные опоры и сваркой выпусков арматуры соседних балок через 4–5 стержней.

Омоноличивание продольных стыков балок пролетного строения допускается после приемки сварочных работ и устранения обнаруженных дефектов.

Величины допускаемых отклонений при монтаже пролетных строений следующие:

– смещение продольных осей пролетных строений и их балок – 0,0005 пролета, но не более 50 мм;

– смещение осей опирания балок пролетного строения вдоль пролета – 15 мм.

Смонтированные пролетные строения перед загрузением их

строительными и эксплуатационными нагрузками должны быть приняты комиссией.

Результаты приемки смонтированных конструкций оформляют актом.

Работы по монтажу балок пролетного строения необходимо выполнять комплексным звеном в составе шести человек:

- монтажник конструкций 6-го разряда – 1 чел.;
- монтажник конструкций 5-го разряда – 1 чел.;
- монтажник конструкций 4-го разряда – 1 чел.;
- монтажник конструкций 3-го разряда – 1 чел.;
- машинисты кранов 6-го разряда – 2 чел.

В таблице 5.1 приведена потребность в материально-технических ресурсах.

Таблица 5.1. – Перечень машин, механизмов, оборудования и др.

№ п/п	Наименование	Тип, марка, завод изготовитель	Основные технические характеристики	Количество на звено (бригаду), шт.
1	Кран	КШМ-63		1
2	Электросварочный аппарат			1
3	Универсальный строп			2
4	Траверса МСТ			2
5	Прицеп-тяжеловоз			1
6	Теодолит			1
7	Нивелир			1
8	Нивелирная рейка			1
9	Вибратор поверхностный			1
10	Рулетка		50 м	1
11	Топор			1
12	Ножовка по дереву			1

Контроль качества и приемка работ, приведены в таблице 5.2.

Таблица 5.2. – Контроль качества производства работ

Приемочный контроль		
Приемка работ по монтажу пролетных строений	<ul style="list-style-type: none"> – Правильность установки отдельных элементов и всей конструкции в целом (по результатам инструментальной проверки в плане и профиле); – отсутствие внешних дефектов в установленных элементах; – качество монтажных соединений; – соответствие заводской документации на конструкции и элементы, журналов работ, актов промежуточной приемки и скрытых работ требованиям норм 	Акт освидетельствования скрытых работ

Техника безопасности и охрана труда. Расстроповка установленных балок допускается после их прочного и устойчивого временного закрепления установкой на временные опоры и сваркой выпусков арматуры соседних балок через 4–5 стержней.

Для перехода монтажников от одной балки к другой наверху необходимо применять переходные мостики и трапы. Проход по пролетным строениям, не имеющим ограждения, запрещается.

Перед окончательным закреплением установленных балок пролетного строения должна быть проверена правильность подготовки стыков под сварку арматурных выпусков и бетонирование.

Наводить вручную на место опирания балки необходимо после их опускания над местом установки не более, чем на 30 см выше проектного положения.

Конструкции во время перемещения должны удерживаться от раскачивания оттяжками из пенькового каната.

Строповку балок $L = 24$ м следует производить инвентарными стропами, $L = 33$ м – траверсой «МСТ» согласно ППР. Стропы и траверса должны снабжаться клеймом или металлической биркой с указанием номера, грузоподъемности и даты испытания.

При подъеме балка должна быть предварительно приподнята на высоту не более 20–30 см для проверки правильности строповки и надежности действия тормозов и устойчивости крана.

При перемещении груза в горизонтальном положении он должен быть поднят на 0,5 м выше встречающихся на пути предметов.

При монтаже крайней балки необходимо:

– не допускать перекоса продольной оси крана относительно оси моста;

– при передвижении крана с балкой поперек моста выдерживать расстояние 20–30 см между балкой и верхом пролетного строения;

– категорически запрещается при передвижении крана поперек моста допускать смещение продольной оси крана за ось крайней балки пролета, на котором установлен задний путь катания крана.

Пути катания крана (задний и передний) должны быть выставлены горизонтально и подклинены при помощи брусьев и досок толщиной не менее 40 мм. На береговой опоре передний путь катания должен быть уложен на брусьях или шпалах и закреплен к ним при помощи костылей. На балках пролетного строения задний путь катания необходимо с помощью захватов закрепить к плитам балок.

При установке заднего и переднего путей катания должна быть обеспечена их параллельность и между ними должен быть выдержан размер, равный пролету крана, т. е. 36,6 м.

До подачи крана в очередной пролет по балкам они должны быть объединены или раскреплены от опрокидывания и обстроены для перемещения крана в соответствии с ППР.

6. МОНТАЖ БАЛОК ПРОЛЕТНОГО СТРОЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ

В соответствии с заданными условиями в пояснительной записке изображают схемы монтажа пролетного строения, вспомогательных устройств и основных механизмов. Вычерчивают расчетные схемы для самых невыгодных сочетаний нагрузок.

6.1 Полунавесной монтаж

При данном способе монтажа самой невыгодной для элементов временных опор является стадия, когда консоль имеет максимальную длину. Для проверки составляют расчетную схему, строят эпюры, подбирают сечения и проверяют их прочность и устойчивость. В записке дают характеристику конструкций пролетного строения, главных элементов, стыков и связей, их основные размеры

и способ монтажа, тип монтажного крана и способ подачи элементов на монтаж. Назначают конструктивные схемы временных опор из элементов МИК-С или понтонов КС. Временные опоры располагают под основными узлами пролетного строения. В поперечном направлении опоры располагают в соответствии с шириной пролетного строения для передачи вертикальных нагрузок ближе к оси опоры. Конструкцию и отметки временной опоры назначают с учетом установки под узлами пролетного строения домкратов и сборочных клеток, обеспечивающих проведение работ при соединении монтируемых элементов и получение заданного строительного подъема. При назначении расчетной схемы *полунавесной сборки* допускается принимать, что пролетное строение опирается на капитальную опору и на ближайшую переднюю по ходу сборки временную опору.

6.2 Пирсы для поперечной перекачки пролетного строения

Пирсы применяют для перекачки на капитальные опоры пролетного строения, смонтированного в пролете параллельно оси моста. Их располагают по продольным осям капитальных опор с нижней стороны на расстоянии монтируемого пролетного строения не ближе 1,5 м от существующего пролетного строения по внешним граням. Накаточные устройства проектируют как при продольной надвижке. При этом используют толкающие домкраты с упорами, закрепленными на нижнем накаточном пути. Пирсы рассчитывают по аналогично временным промежуточным опорам, и конструируют из элементов МИК-С или понтонов КС преимущественно на свайных фундаментах.

6.3 Метод конвейерно-тыловой сборки

Временные опоры для монтажа металлического неразрезного пролетного строения проектируют исходя из несущей способности пролетного строения по заданному допускаемому изгибающему моменту в корне консоли. Определяют нагрузки на временную промежуточную опору и их сочетания, в том числе горизонтальную нагрузку от трения в устройстве скольжения при передвижке пролетного.

6.4 Свайные фундаменты временных опор

Расчетную схему назначают с учетом геологических условий и нагрузки на нее. Плиту ростверка располагают над уровнем воды. В зависимости от геологических условий выбирают материал и схему расположения свай. По полученным результатам расчета вычерчивают общую конструкцию свайного фундамента, конструкцию плиты ростверка и узлов объединения свай с плитой ростверка.

6.5 Временные опоры для тяговой установки при конвейерно-тыловой сборке пролетного строения

В качестве тягового устройства используют гидравлические домкраты, установленные на якорной временной опоре. Для проектирования якорной опоры определяют тяговое усилие, необходимое для надвигки пролетного строения. Опору проектируют из наклонных металлических труб диаметром 1000–1400 мм, погруженных в грунт и объединенных жестким оголовком. Якорную опору рассчитывают на воздействие тягового усилия по методике для свайных ростверков. По результатам расчетов изображают принципиальную схему опоры и конструкцию основных узлов.

6.6 Навесной способ монтажа пролетных строений

Для проверки устойчивости анкерных устройств соединительных и основных элементов монтируемого пролетного строения составляют схему навесного монтажа. По наиболее невыгодному расположению и сочетанию нагрузок определяют устойчивость положения пролетного строения, усилия в анкерном устройстве на постоянной опоре, усилия в верхних соединительных элементах и элементах верхнего пояса, усилия и необходимость усиления элементов нижнего пояса пролетных строений. По результатам расчетов изображают конструктивную схему анкерного устройства, соединительных устройств и схему усиления основных элементов пролетного строения.

6.7 Уравновешенный навесной способ монтажа пролетных строений

При данном способе монтажа проверяют временные устройства и конструкции пролетных строений. Первоначально изображают схему монтажа пролетных строений и определяют крановое монтажное оборудование, способ подачи элементов на монтаж и т. д. По наиболее невыгодному расположению и сочетанию нагрузок определяют: устойчивость положения пролетного строения; усилия в верхних соединительных элементах и элементах верхнего пояса; усилия и необходимость усиления элементов нижнего пояса пролетных строений.

6.8. Плавающие системы

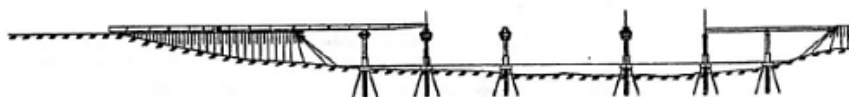
В соответствии с заданными условиями изображают схему размещения пролетного строения на плавающей системе. При ее расчете учитывают нагрузки от собственного веса пролетного строения и плавучих опор, от давления ветра на них, а также от давления воды на подводную часть плашкоута. Обстройку опоры выполняют из элементов МИК. При наиболее невыгодном сочетании нагрузок определяют усилия в стойках надстройки и составляют схему опирания элементов надстройки на плашкоут. Передачу сосредоточенных сил на палубу допускают в фиксированных точках с устройством распределительных балочных ростверков. Понтоны устанавливают плашмя ($H = 1,8$ м) и на ребро ($H = 3,6$ м). Количество поперечных и продольных рядов понтонов определяют конструкцией надстройки и прочностью плашкоута. Расчетом проверяют плавучесть и сравнивают ее с допустимой, устойчивостью и прочностью плавучих опор. Плашкоут рассчитывают как балку, опертую на надстройку и нагруженную на уровне днища распределенной нагрузкой от гидростатического давления воды. Вычерчивают схему плавающей системы и конструкции основных узлов обстройки опоры.

Схемы вышеперечисленных методов монтажа пролетных строений представлены на рисунках 6.1–6.13.

Стадия 1



Стадия 2



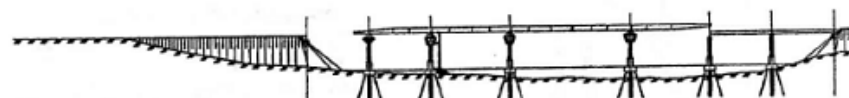
Стадия 3



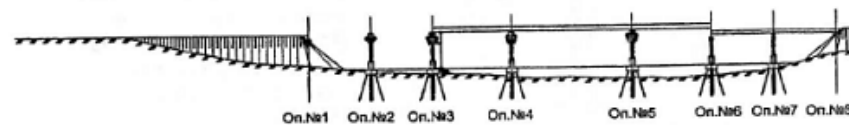
Стадия 4



Стадия 5



Стадия 6



On.№1 On.№2 On.№3 On.№4 On.№5 On.№6 On.№7 On.№8

Рисунок 6.1. – Надвигка пролетного строения



Рисунок 6.2а. – Обустройство опоры перед навивкой пролетного строения



Рисунок 6.2б. – Обустройство опоры перед навивкой пролетного строения



Рисунок 6.2.е. – Обустройство опоры перед движкой пролетного строения



Рисунок 6.3а. – Надвижка пролетного строения



Рисунок 6.3б. – Надвигка пролетного строения



Рисунок 6.3в. – Надвижка пролетного строения



Рисунок 6.3г. – Надвижка пролетного строения



Рисунок 6.4. – Аванбек надвигаемого пролетного строения



Рисунок 6.5. – Надвижка пролетного строения (вид со стороны полигона)



Рисунок 6.6. – Узел сопряжения толкающего домкрата и пролетного стропения



Рисунок 6.7. – Толкающие домкраты для навивки пролетного строения



Рисунок 6.8. – Надвижка пролетного строения (узел скольжения)

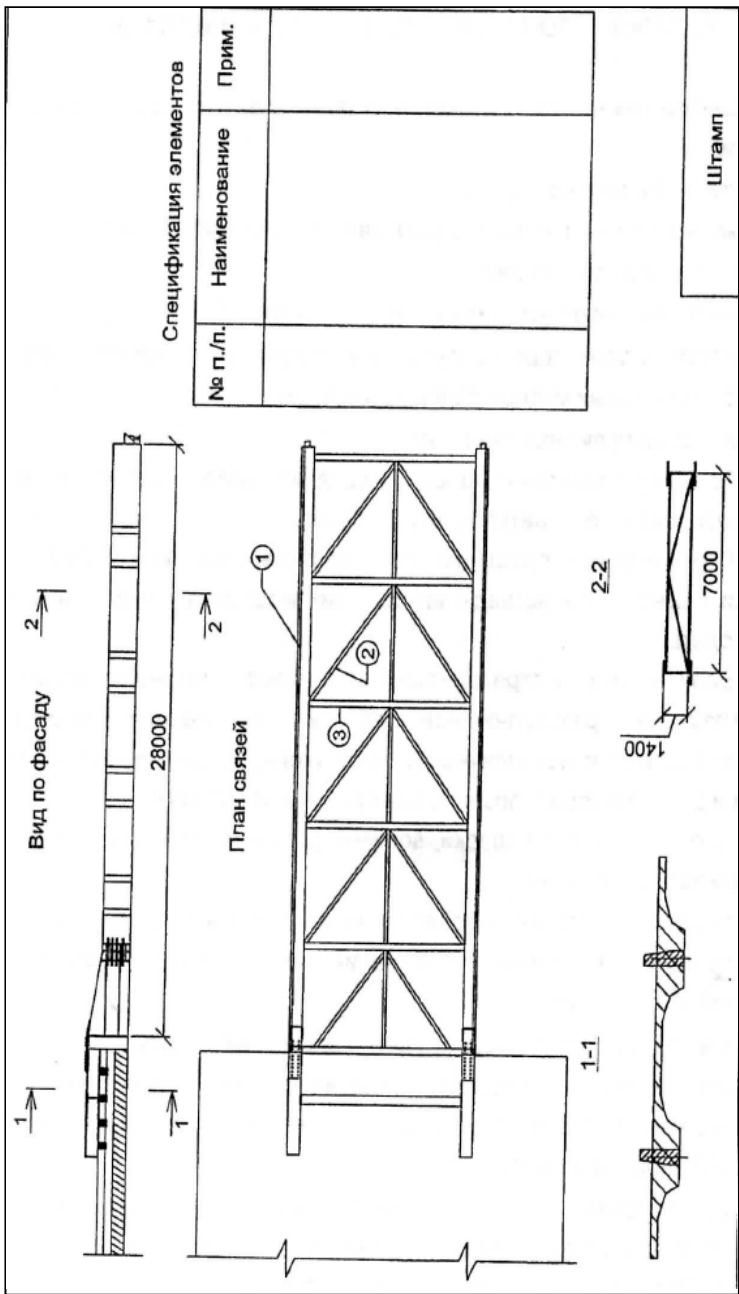


Рисунок 6.9. – Конструкция аванбеска

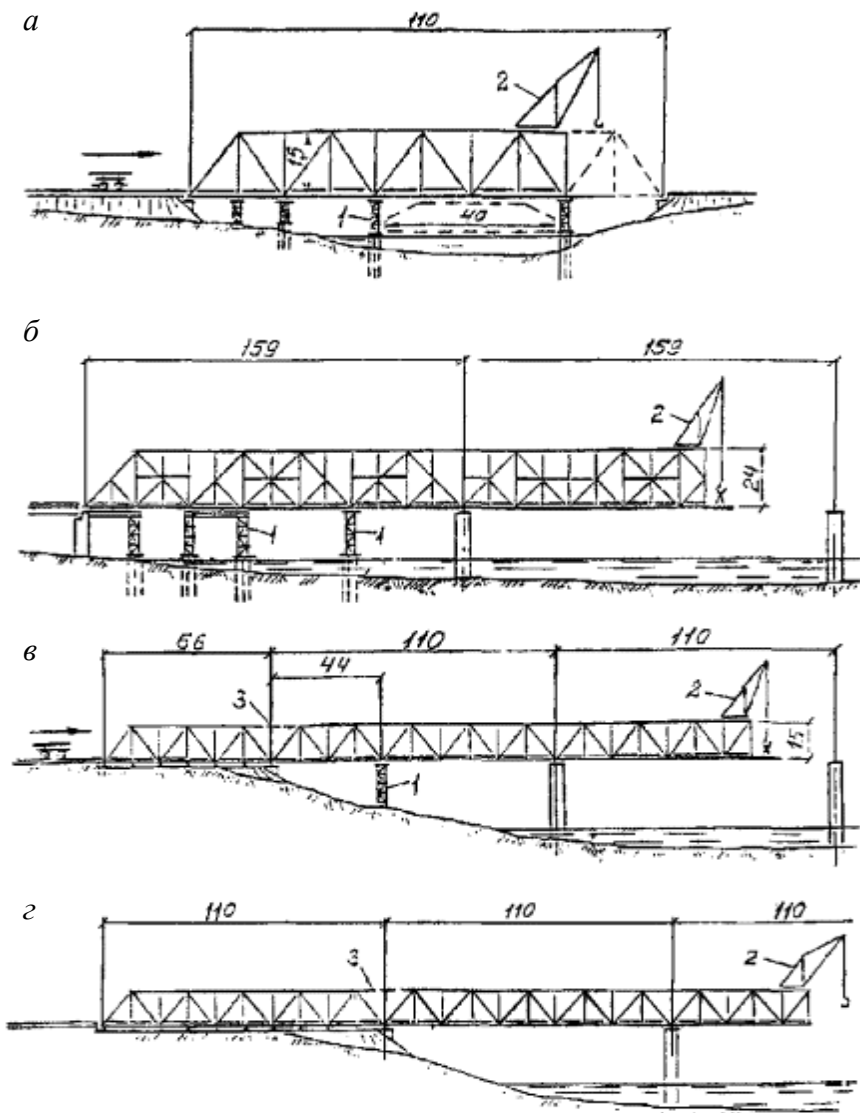


Рисунок 6.10а. – Навесной монтаж стальной фермы

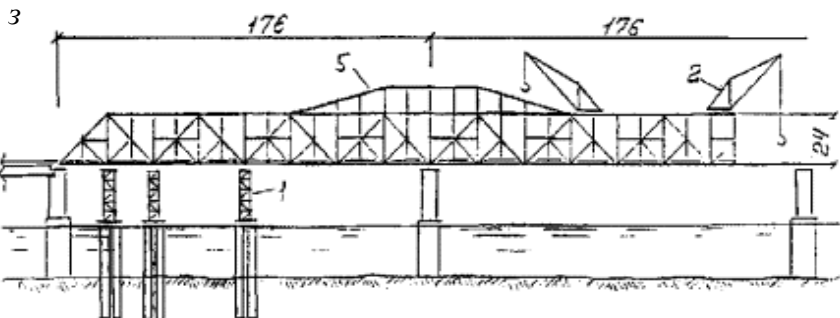
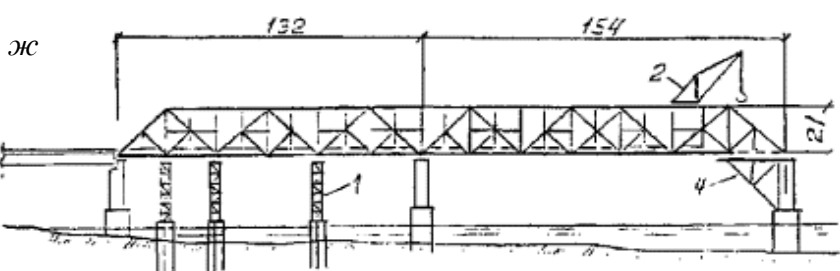
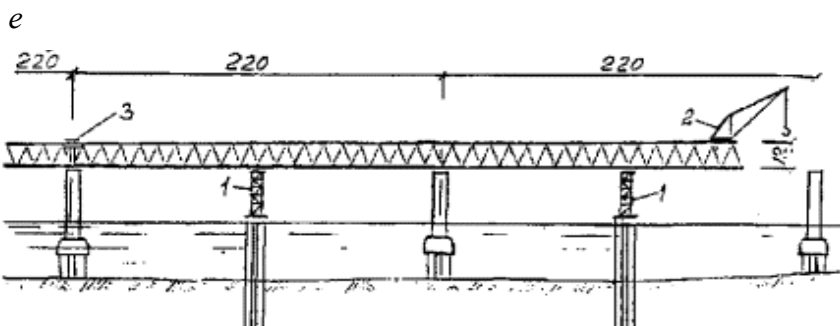
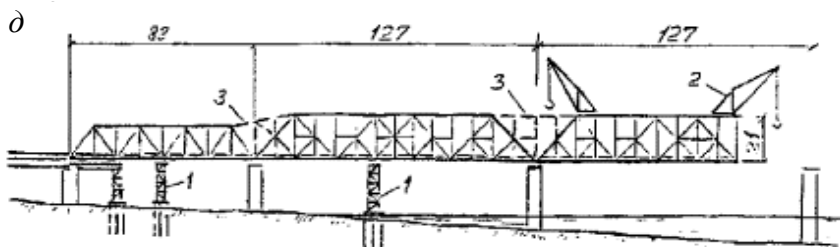


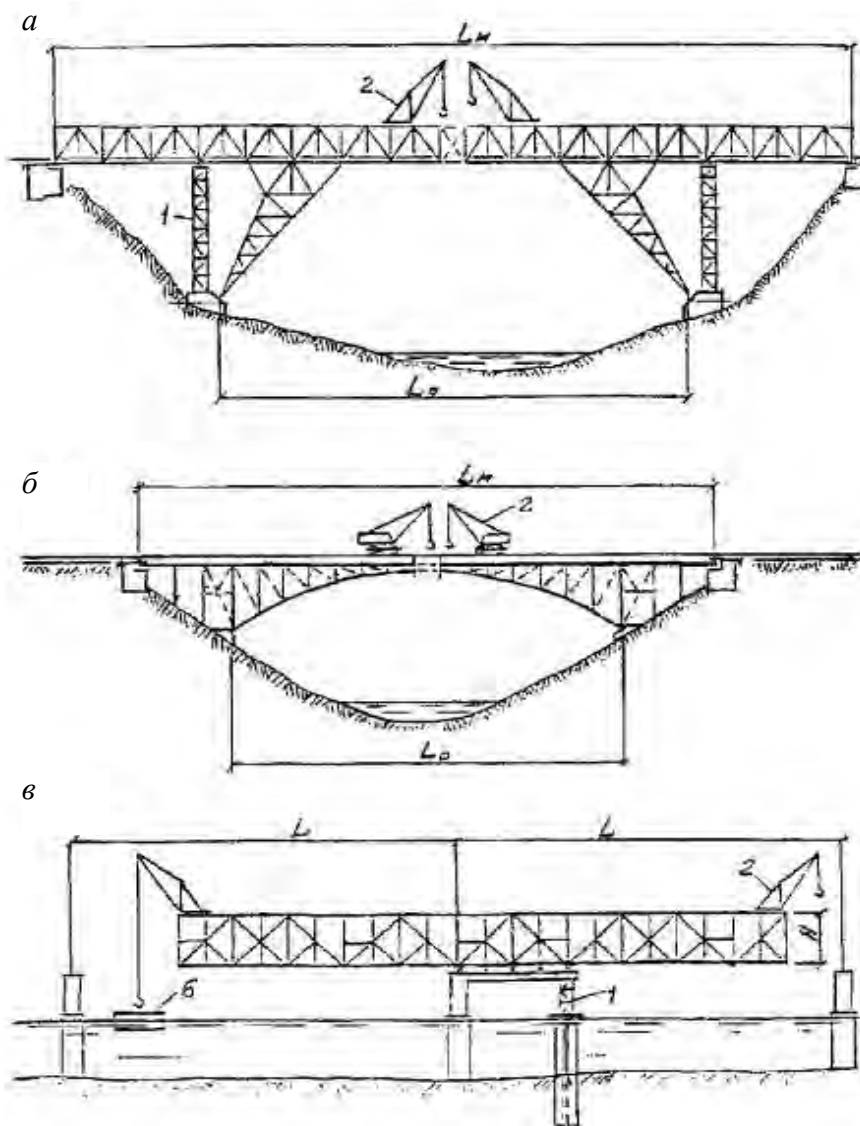
Рисунок 6.10б. – Навесной монтаж стальной фермы



Рисунок 6.10в. – Навесной монтаж стальной фермы

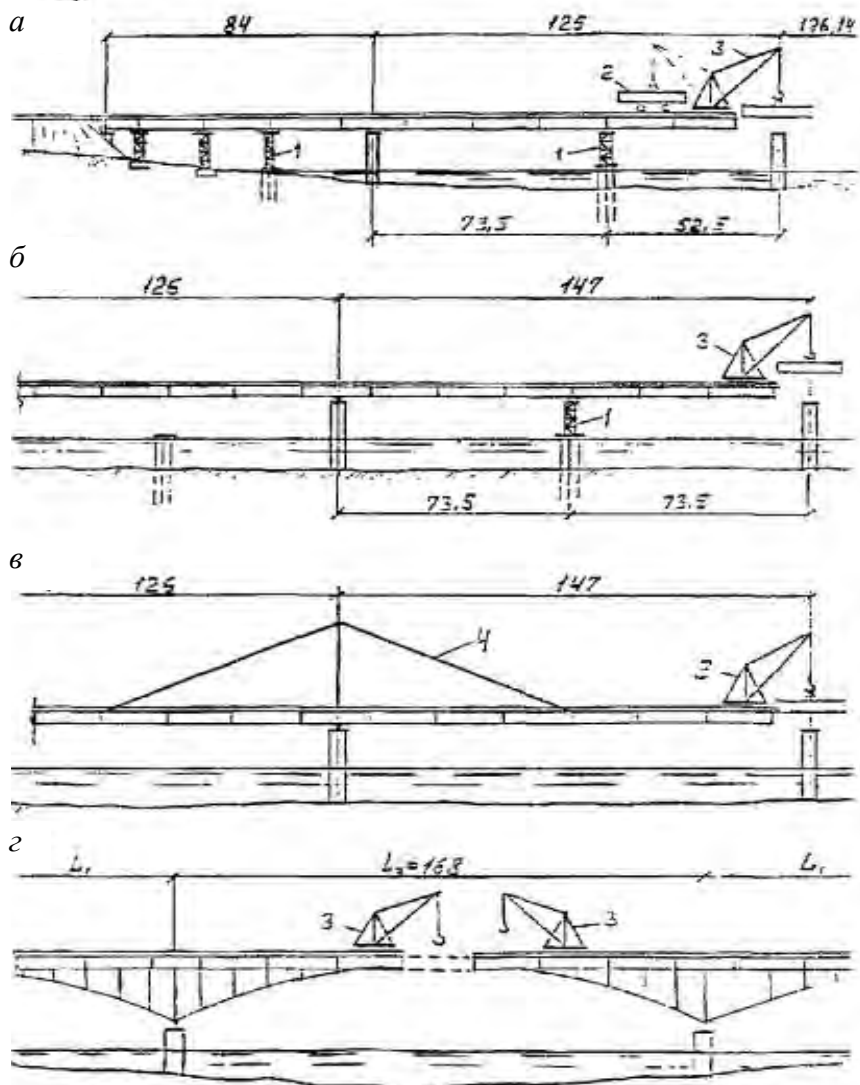


Рисунок 6.10г. – Навесной монтаж стальной фермы



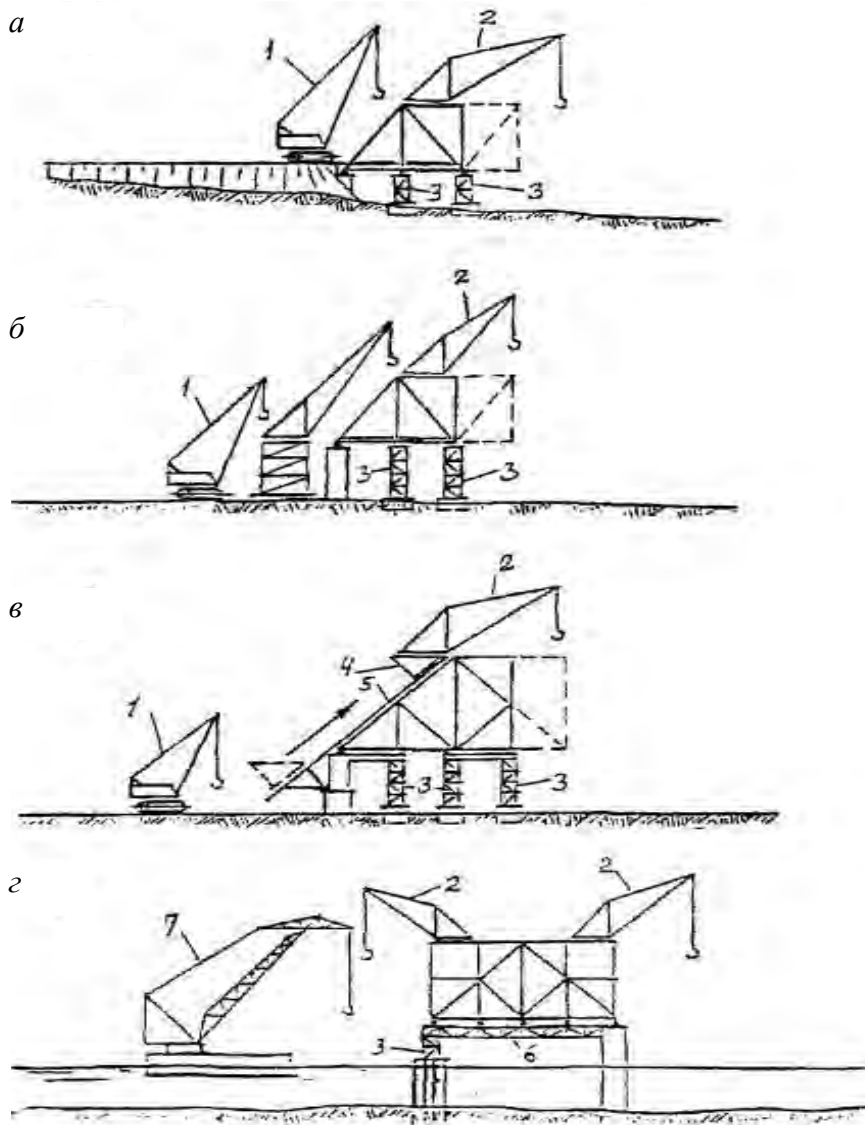
1 – временная опора; 2 – монтажный кран; 3 – соединительные элементы;
 4 – приемная консоль; 5 – шпрангель; 6 – плашкоут для подачи
 элементов конструкций на сборку

Рисунок 6.11. – Схема навесного монтажа решетчатых пролетных строений



1 – временная опора; 2 – монтируемый элемент на транспортном средстве;
 3 – монтажный кран; 4 – шпренгель

Рисунок 6.12. – Схемы навесного монтажа сплошнотенчатых пролетных строений



1 – стреловой самоходный полноповоротный кран; 2 – деррик-кран;
 3 – временная опора; 4 – передвижная подставка; 5 – пути передвижения
 подставки; 6 – подмости; 7 – плавучий кран

Рисунок 6.13. – Схемы начального этапа монтажа решетчатых
 пролетных строений

7. СТРОПОВКА БАЛОК ПРОЛЕТНЫХ СТРОЕНИЙ

На рисунке 7.1 изображена схема строповки балок пролетных строений.

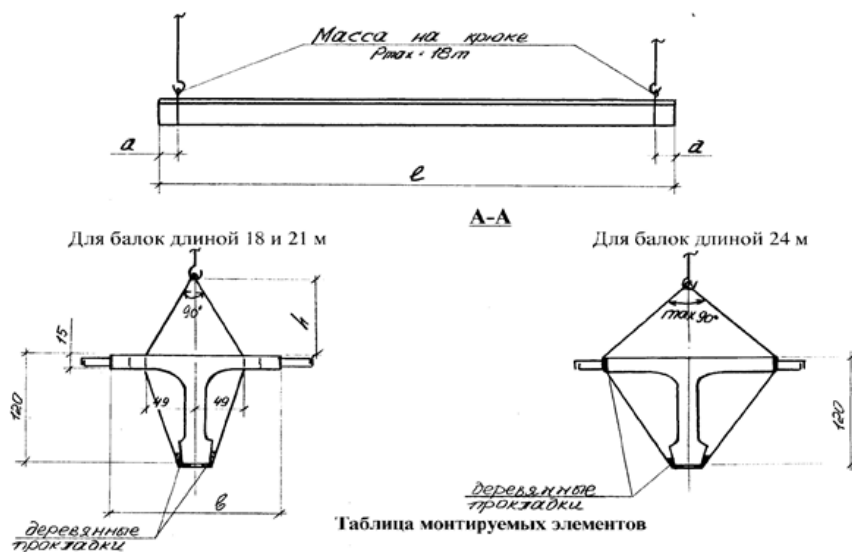
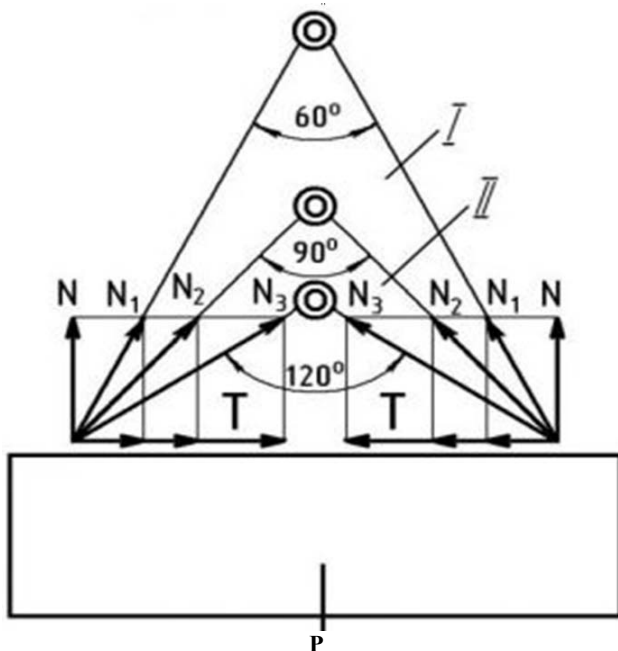


Рисунок 7.1. – Схема строповки балок

Таблица 7.1. – Характеристики монтируемых элементов

Марки балок	Масса, т	Размеры, см				Марка стропы
		<i>L</i>	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>h</i>	
БК 18,0	25,2	1800	100	191,5	95,8	2 СКП1-4,5 / 5100
БП 18,0	24,02	1800	100	175	87,5	Ø 23 мм
БК 21,0	29,81	2100	80	191,5	95,8	2 СКП1-5,6 / 5100
БП 21,0	28,53	2100	80	175	87,5	Ø 25,5 мм
БК 24,0	34,12	2400	80	191,5	95,8	2 СКП1-6,3 / 5100
БП 24,0	32,63	2400	80	175	87,5	Ø 27 мм
Б-9	18,75	2216	80	139	69,5	СКП1-7,0 / 5100
Б-10	20,3					Ø 29 мм

Стропы подбирают по массе груза и расположению центра тяжести. Длину подбирают по углу наклона ветви стропа. Оптимальные углы между ветвями стропа находятся в пределах 60°–120° (рисунок 7.2).



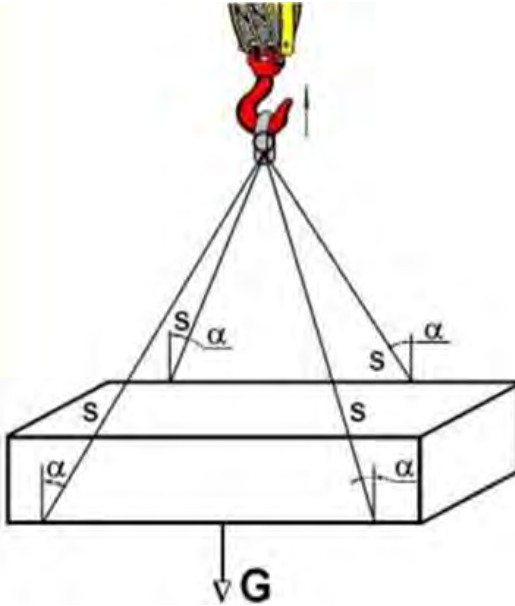
I – рекомендуемая зона захвата груза; II – нерекомендуемая зона захвата груза
Рисунок 7.2. – Схема распределения нагрузок на ветви стропа

На рисунке 7.2:

$$N = 0,5P; \quad N_1 = \frac{P}{\sqrt{3}};$$

$$N_2 = \frac{P}{\sqrt{2}}; \quad N_3 = P.$$

Усилия, возникающие в ветвях стропа при подъеме груза определяем, используя рисунок 7.3.



Угол наклона α°	m
0	1,000
5	1,003
10	1,015
15	1,035
20	1,064
25	1,103
30	1,154
35	1,220
40	1,305
45	1,414
50	1,555
55	1,743
60	2,000
65	2,366
70	2,924
75	3,863
80	5,759

Рисунок 7.3. – Схема натяжения стропа

Расчет усилий в ветвях стропа.

Усилие в ветви стропа, определяем по формуле

$$S = \frac{Gg}{kn \cos(\alpha)},$$

где S – натяжение ветви стропа, Н (кгс);

G – вес груза, Н (кгс);

g – ускорение свободного падения ($g = 9,8 \text{ м/с}^2$);

n – число ветвей стропа;

α – угол наклона ветви стропа (в градусах).

Заменяв для упрощения расчета $\sim 1 / \cos(\alpha)$ коэффициентом m , получим

$$S = \frac{mGg}{kn}, \quad (7.1)$$

где m – коэффициент, зависящий от угла наклона ветви к вертикали;
 при $\alpha = 0^\circ - m = 1$;
 при $\alpha = 30^\circ - m = 1,15$;
 при $\alpha = 45^\circ - m = 1,41$;
 при $\alpha = 60^\circ - m = 2,0$.

Значения величин, применяемых в расчетной формуле (7.1), приведены в таблице 7.2.

Таблица 7.2. – Значения величин, применяемых в расчетной формуле

n	1	2	4	8	–	–	–
k	1	1	0,75	0,75	–	–	–
α°	0°	15°	20°	30°	40°	45°	60°
m	1	1,04	1,06	1,16	1,31	1,41	2

Проверим канаты на прочность:

$$\frac{P}{S} \geq k,$$

где P – разрывное усилие каната в целом по сертификату, Н (кгс);

S – наибольшее натяжение ветви каната, Н (кгс);

k – коэффициент запаса прочности:

для цепных – 5;

для канатных – 6;

для текстильных – 7.

При подъеме груза массой 10 000 кг, числе ветвей стропа $n = 4$ и $\alpha = 45^\circ$ имеем

$$S = 1,42 \cdot 10\,000 \cdot 9,8 / (4 \cdot 0,75) = 46\,390 \text{ Н.}$$

Грузоподъемная сила, приходящаяся на одну ветвь стропа, равна ~50 кН.

При расчете усилий в ветвях стропа замеряем длину C ветвей (в нашем случае 3000 мм) и высоту A треугольника, образованного ветвями стропа (в нашем случае 2110 мм). Полученные значения подставляем в формулу

$$S = \frac{mCg}{Ank}$$

Нагрузка на одну ветвь стропа

$$S = 10\,000 \cdot 3000 \cdot 9,8 / (2110 \cdot 4 \cdot 0,75) = 46\,450 \text{ Н,}$$

т. е. также равна ~50 кН.

Если груз обвязать одноветвевыми стропами, например облегченными, рассчитанными на вертикальное положение ($\alpha = 0^\circ$), то возникает необходимость учитывать изменения угла и, следовательно, нагрузки на ветви стропа.

Грузозахватные приспособления проверяют осмотром и испытанием. Освидетельствованию они подлежат (таблицы 7.3 и 7.4) перед вводом в эксплуатацию и периодически во время работы.

Таблица 7.3. – Нормы и сроки освидетельствования грузозахватных средств*

Грузозахватное приспособление	Периодичность		Испытательная нагрузка	Время выдержки под нагрузкой
	Освидетельствование, дн.	Испытание, мес.		
Стальные канаты, стропа всех типов, грузозахватные приспособления, карабины, петли	10	6	1,26P	10
Траверсы, коромысла	180	12	1,25P	10

Примечание.

1. Оберман, Я. И. Строповка грузов : справочник / Я. И. Оберман. – Москва: Металлургия, 1990. – 336 с. (смотреть 224 с.)

2. Правила устройства и безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов : ПБ 10-382-00. – Москва: ПИО ОБТ, 2001. – 267 с.

Таблица 7.4. – Типы грузовых канатных строп и их условное обозначение

Тип стропа	Условное обозначение типа стропа		Условное обозначение типа стропа	
	по ГОСТ 25573–82	грузоподъемность стропа, т*	по РД-10-33–93	грузоподъемность стропа, т*
Одноветвевой	1СК	0,32–12,5	1СК	0,5–20,0
Двухветвевой	2СК	0,4–16,0	2СК	0,5–20,0
Трехветвевой	3СК	0,63–20,0	3СК	0,63–20,0
Четырехветвевой	4СК	0,63–32,0	4СК	0,63–20,0
Двухпетлевой	СКП1	0,32–12,5	–	–
Кольцевой	СКК1	0,32–16,0	–	–
Универсальный, исп. 1	–	–	УСК1	0,5–32,0
Универсальный, исп. 2	–	–	УСК2	0,5–32,0

Примечание. Грузоподъемность стропов должна выбираться из следующего ряда: 0,5, 0,63, 1,0*, 1,6, 2,0*, 3,2*, 5,0*, 6,3, 8,0, 10*, 12,5*, 16*, 20*, 25, 32* т (звездочкой отмечены стропы, рекомендуемые для преимущественного применения).

Коэффициент запаса прочности стропов по отношению к расчетному разрывному усилию каната принимают не менее шести.

Одним из основных факторов, обеспечивающих повышение производительности труда, надежности и безопасности при выполнении работ по подъему и перемещению грузов кранами, является технически грамотная строповка. Схема нагрузок на ветви двухветвевое стропа изображена на рисунке 7.4.

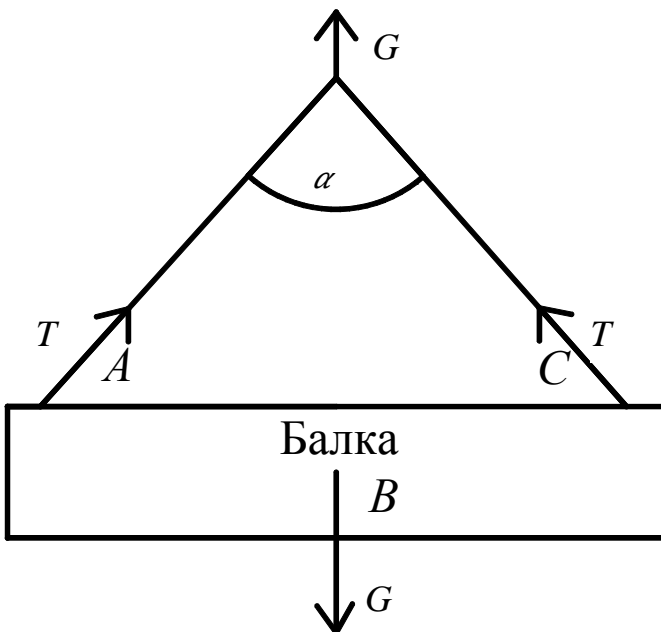


Рисунок 7.4. – Схема строповки двухветвевым стропом

Пример 7.1. Построим график зависимости усилий в ветвях стропы от угла между ними. Груз весом G с центром тяжести в точке C зацеплен за точки A и B двухветвевым стропом. Верхним кольцом строп надет на крюк крана (на рисунке не показан). Угол между ветвями стропы – α . Требуется найти усилия в ветвях стропы T при различных углах α .

Рассчитаем усилие, возникающее в каждой из ветвей стропы T , выраженное в процентах от веса поднимаемого груза G .

$$T = \frac{1}{2 \cos \frac{\alpha}{2}}.$$

Повторим расчет для других углов и построим в Excel график, показывающий зависимость усилия в ветвях стропы T от угла их наклона (рисунок 7.5).

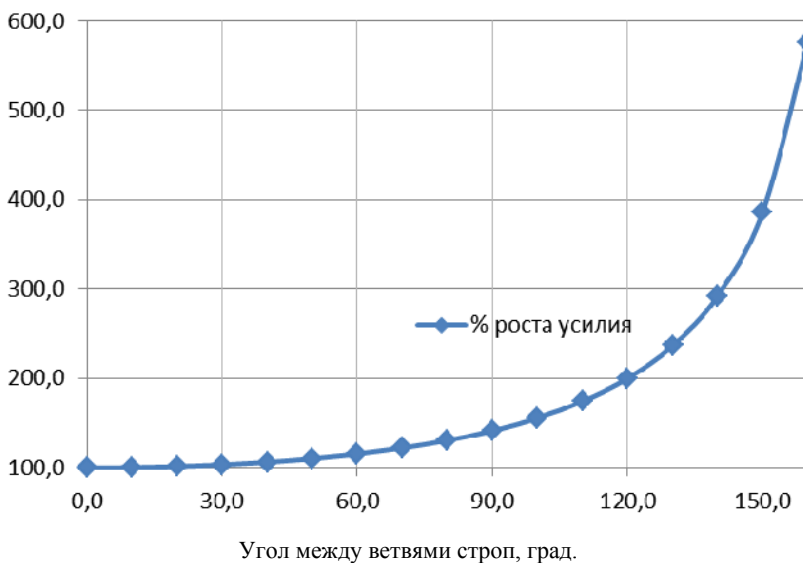


Рисунок 7.5. – Зависимость усилия в ветвях стропы от угла их наклона

На графике видно быстрое нелинейное нарастание усилия в ветвях стропы при увеличении угла более 120° . Если при угле α равном 90° каждая ветвь стропы нагружена силой T равной 71 % от веса груза G , то при угле α равном 120° усилие в каждой из ветвей T равно весу груза G . А при угле α равном 150° усилие в каждой из ветвей T достигнет почти двойного веса груза G .

Пример 7.2. Рассчитаем длину стропов, необходимых для обвязки стержня длиной 8 м. Стропы накладываем от края стержня на расстоянии $1/4$ его длины: $8/4 = 2$ м, следовательно, расстояние A между местами обвязки составит $8 - (2 + 2) = 4$ м. Для того чтобы угол между стропами был не более 90° , длина стропы должна быть не менее $3/4$ расстояния между местами обвязки: $(4/4) \cdot 3 = 3$ м. Следовательно, для обвязки стержня длиной 8 м необходимы два универсальных стропы длиной не менее 3 м без учета длины стропов, на охват груза.

На рисунке 7.6 представлены примеры строповки железобетонных изделий (плит, блоков, ригелей и т. п.), снабженных петлями с помощью двухветвевых или четырехветвевых стропов.

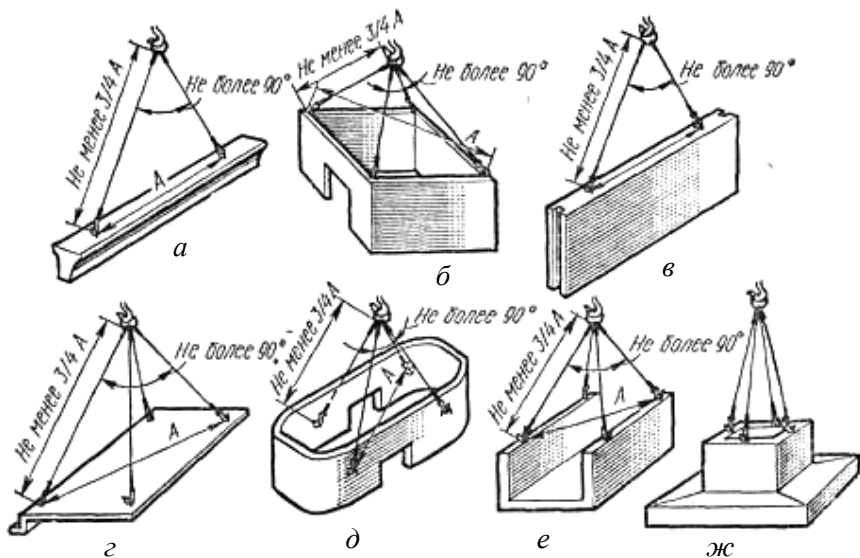
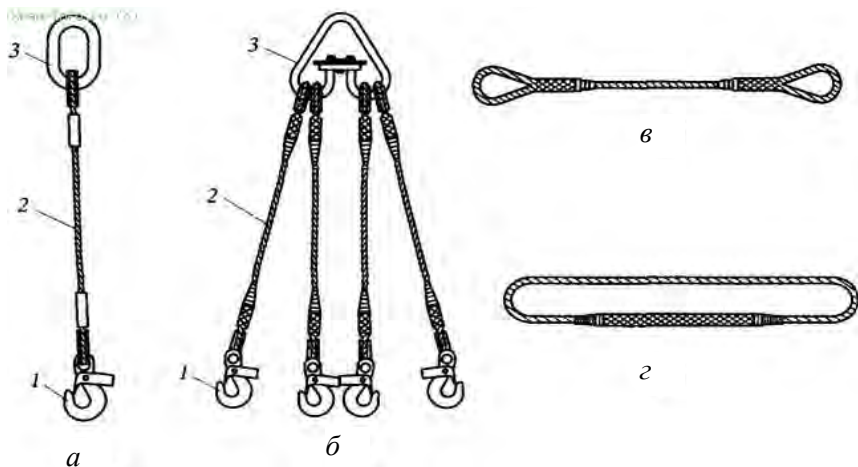


Рисунок 7.6. – Строповка железобетонных изделий

Для строповки ферм и балок применяют балансирные траверсы. Стальная или железобетонная балка может быть обвязана двумя универсальными стропами с использованием защитных проставок.

Грузовые канатные стропы (рисунок 7.7) изготавливают следующих типов:

- 1СК – одноветвевые;
- 2СК – двухветвевые;
- 3СК – трехветвевые;
- 4СК – четырехветвевые (исполнений 1 и 2);
- СКП – двухпетлевые (исполнений 1 и 2);
- СКК – кольцевые (исполнений 1 и 2).



а – типа 1СК; *б* – типа 4СК; *в* – типа УСК1; *г* – типа УСК2:
 1 – захват; 2 – ветвь канатная; 3 – навесное звено
 Рисунок 7.7. – Канатные стропы

В условном обозначении стропы указывают его тип, грузоподъемность и длину (таблица 7.5 и 7.6). Например, 2СК – 1,6/1000 расшифровывается как двухветвевой строп канатный грузоподъемностью 1,6 т, длиной 1000 мм.

Ветвевой строп состоит из навесного звена (кольца) 3, канатных ветвей 2 и захватов (концевых звеньев) 1.

Таблица 7.5. – Типы одноветвевых строп и их условное обозначение

Обозначение стропы	Грузоподъемность, т	Длина стропы L , мм	Обозначение канатной ветви	Допускаемая нагрузка на звено и захват, кН (тс)
1СК-0,32	0,32	900–5000	ВК-0,32	3,14 (0,32)
1СК-0,4	0,4		ВК-0,4	3,92 (0,4)
1СК-0,5*	0,5	1100–10 000	ВК-0,5	4,90 (0,5)
1СК-0,63	0,63		ВК-0,63	6,18 (0,63)
1СК-0,8	0,8		ВК-0,8	7,85 (0,8)
1СК-1,0*	1,0	1100–15 000	ВК-1,0	9,81 (1,0)
1СК-1,25	1,25		ВК-1,25	12,26 (1,25)
1СК-1,6	1,6		ВК-1,6	15,70 (1,6)

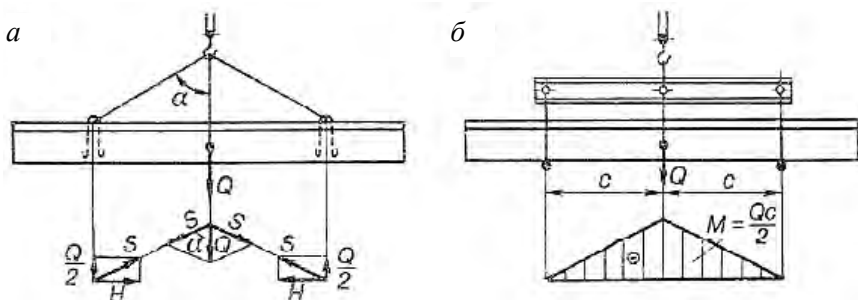
Окончание таблицы 7.5

Обозначение стропа	Грузоподъемность, т	Длина стропа L , мм	Обозначение канатной ветви	Допускаемая нагрузка, кН (тс), на звено и захват
1СК-2,0*	2,0	1400–16 000	ВК-2,0	19,62 (2,0)
1СК-2,5	2,5		ВК-2,5	24,52 (2,5)
1СК-3,2*	3,2		ВК-3,2	31,40 (3,2)
1СК-4,0	4,0	1500–20 000	ВК-4,0	39,24 (4,0)
1СК-5,0*	5,0		ВК-5,0	49,05 (5,0)
1СК-6,3	6,3		ВК-6,3	61,80 (6,3)
1СК-8,0	8,0	2000–20 000	ВК-8,0	78,50 (8,0)
1СК-10,0*	10,0		ВК-10,0	98,10 (10,0)
1СК-12,5	12,5		ВК-12,5	122,60 (12,5)

Таблица 7.6. – Типы двухветвевых строп и их условное обозначение

Обозначение стропа	Грузоподъемность, т	Длина стропа L , мм	Обозначение канатной ветви	Допускаемая нагрузка, кН (тс)	
				на звено	на захват
2СК-0,4	0,4	900–5000	ВК-0,32	3,92 (0,4)	3,14 (0,32)
2СК-0,5*	0,5		ВК-0,4	4,90 (0,5)	3,92 (0,4)
2СК-0,63	0,63	1100–10 000	ВК-0,5	6,18 (0,63)	4,90 (0,5)
2СК-0,8	0,8		ВК-0,63	7,85 (0,8)	6,18 (0,63)
2СК-1,0*	1,0		ВК-0,8	9,81 (1,0)	7,85 (0,8)
2СК-1,25	1,25	1100–15 000	ВК-1,0	12,26 (1,25)	9,81 (1,0)
2СК-1,6	1,6		ВК-1,25	15,70 (1,6)	12,26 (1,25)
2СК-2,0*	2,0		ВК-1,6	19,62 (2,0)	15,70 (1,6)
2СК-2,5	2,5	1400–16 000	ВК-2,0	24,52 (2,5)	19,62 (2,0)
2СК-3,2*	3,2		ВК-2,5	31,40 (3,2)	24,52 (2,5)
2СК-4,0	4,0		ВК-3,2	39,24 (4,0)	31,40 (3,2)
2СК-5,0*	5,0	1500–20 000	ВК-4,0	49,05 (5,0)	39,24 (4,0)
2СК-6,3	6,3		ВК-5,0	61,80 (6,3)	49,05 (5,0)
2СК-8,0	8,0		ВК-6,3	78,50 (8,0)	61,80 (6,3)
2СК-10,0*	10,0	2000–20 000	ВК-8,0	98,10 (10,0)	78,50 (8,0)
2СК-12,5	12,5		ВК-10,0	122,60 (12,5)	98,10 (10,0)
2СК-16,0*	16,0		ВК-12,5	157,00 (16,0)	122,60 (12,5)

Строповка балки стропами или траверсой (рисунок 7.8).



***a* – тросом; *b* – траверсой**
Рисунок 7.8. – Строповка балок и усилия в строповочных элементах

Канат стропа подбирают по разрывному усилию S_p . Сначала методом вырезания узлов определяют величину усилия в стропе S , затем разрывное усилие по формуле

$$S_p = SK,$$

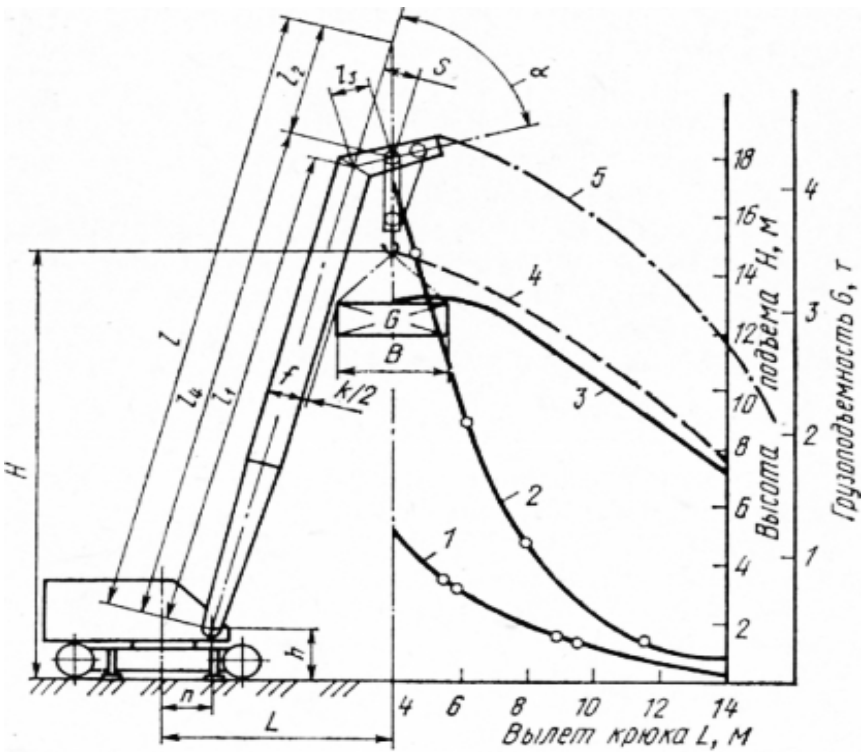
где K – коэффициент запаса; для стропов равен 6.

При известном типе стропа по величине S_p определяют диаметр в соответствии с таблицей, приведенной в нормативных документах. Например, усилию $S_p = 69,8$ тс соответствует диаметр стропа 39,8 мм. Усилие S в стропе тем больше, чем меньше угол наклона стропа к горизонту. Для применения стропов нужна большая высота подъема крюка. Траверсы в виде металлических балок не требуют этого. Сжатие на железобетонную балку не передается, но в самой траверсе возникает изгибающий момент (см. рисунок 7.8). Траверса снижает грузоподъемность крана на величину собственного веса и увеличивает расход металла.

На рисунке 7.9 в виде номограмм представлены грузовые и геометрические характеристики кранов. Кривые грузоподъемности и высоты подъема крюка взяты по паспортным данным. Дополнительно внесены координаты конца стрелы и кривые высоты подъема верхней кромки груза заданного габарита.

Координаты конца стрелы позволяют определить возможность работы крана в стесненных по высоте габаритах, в частности под эстакадами.

Кривые высоты подъема груза заданного габарита рассчитаны с использованием приведенной схемы.



- 1 – кривая грузоподъемности при работе крана без выносных опор;
 2 – то же, на выносных опорах; 3 – кривая высоты подъема верхней
 кромки груза данного габарита; 4 – кривая высоты подъема крюка;
 5 – дуга, описываемая концом стрелы

Рисунок 7.9. – Пример пользования номограммой

1. Проводим вертикальную линию до пересечения с осью абсцисс и определяем вылет стрелы, соответствующий грузоподъемности.

2. Зная габарит груза, продолжаем вертикаль до пересечения с кривой, соответствующей габариту груза.

3. Проводим горизонталь до пересечения с ординатой высоты подъема и определяем максимальную высоту подъема груза.

Разница между высотами подъема крюка и верхней кромки груза составит минимальную высоту строповки. Если размер стропа по вертикали превышает минимальную высоту строповки, то высоту подъема верхней кромки груза следует уменьшить на их разницу.

Методом подбора определяем длину стрелы, позволяющую выполнить операции по подъему груза.

8. ПОДБОР КРАНОВ

При разработке курсового проекта необходимо подобрать не менее двух монтажных кранов для перемещения грузов с параметрами, заданными в таблицах 8.1 и 8.2.

Таблица 8.1. – Габарит и масса призмы

Ширина, м	Высота, м	Длина, м	Масса, кН
$(5 + N_0 / 20)(n / 5)$	1	2	$100 + (5 \cdot N_0)$

Таблица 8.2. – Длина и масса стержня

Длина, м	Масса, кН
$15 + N_0 / 4n$	$100 + (5N_0)$

Здесь N_0 – номер задания студента;

n – номер группы (1 – мосты, 2 – метро, 3 – содержание).

На характеристики кранов влияют параметры монтируемых элементов:

$Q_{тр}$ – монтажная масса, кН;

$H_{тр}$ – монтажная высота, м;

$L_{тр}$ – монтажный вылет, м.

Монтажная масса M_0 включает массу монтируемого элемента с прикрепляемыми к нему монтажными приспособлениями.

$$(M_0)Q_{тр}^{кр} = M_3 + M_{пр} + M_{т.о.},$$

где M_3 – масса монтируемого элемента; принимается по таблицам 8.1 и 8.2;

$M_{пр}$ – масса монтажных приспособлений; зависит от длины и диаметра строп;

$M_{т.о.}$ – масса такелажной оснастки.

После определения массы (см. таблицы 8.1 и 8.2) по диаграммам подбирают монтажные краны (не менее двух) и определяют максимальный вылет стрелы (по грузовой диаграмме данного крана).

Затем определяют максимальную высоту подъема груза и строят график изменения высоты подъема (рисунок 8.1) в зависимости от изменения вылета стрелы (с шагом 5°). Все промежуточные расчеты и объемную модель размещают в записке.

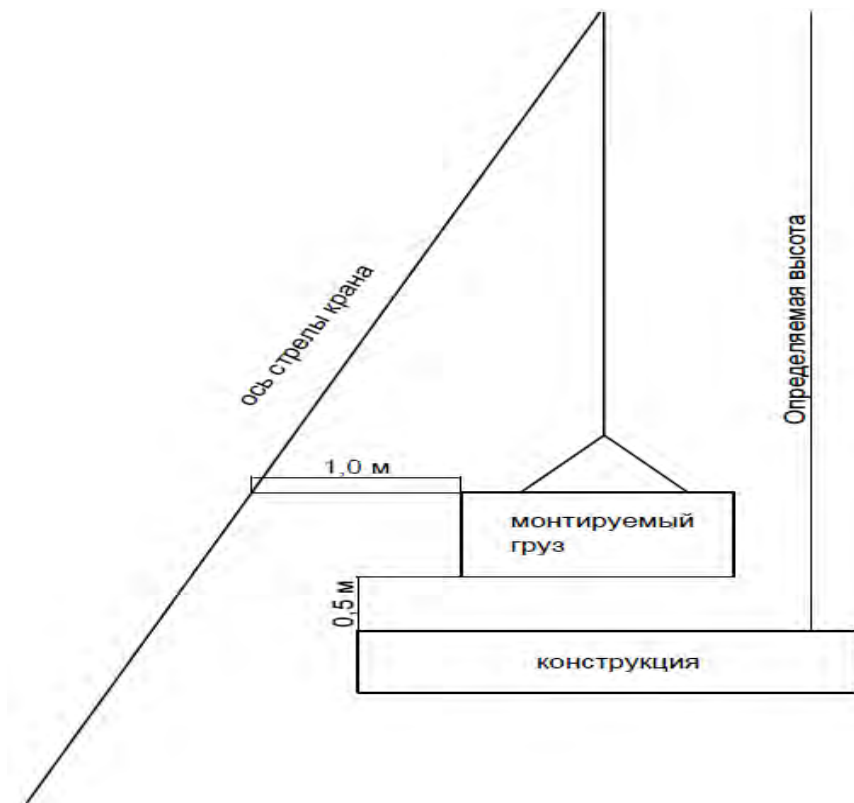


Рисунок 8.1. – Схема для определения высоты подъема груза

При выполнении монтажных работ ведется обязательное заполнение журналов, приведенных в приложении.

9. МОНТАЖНЫЕ КРАНЫ И ИХ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Параметры монтажных кранов, применяемых при строительстве мостов, представлены на рисунках 9.1–9.6.

В процессе подбора грузозахватный приспособлений и монтажа конструкций заполняют приложения А–Г.

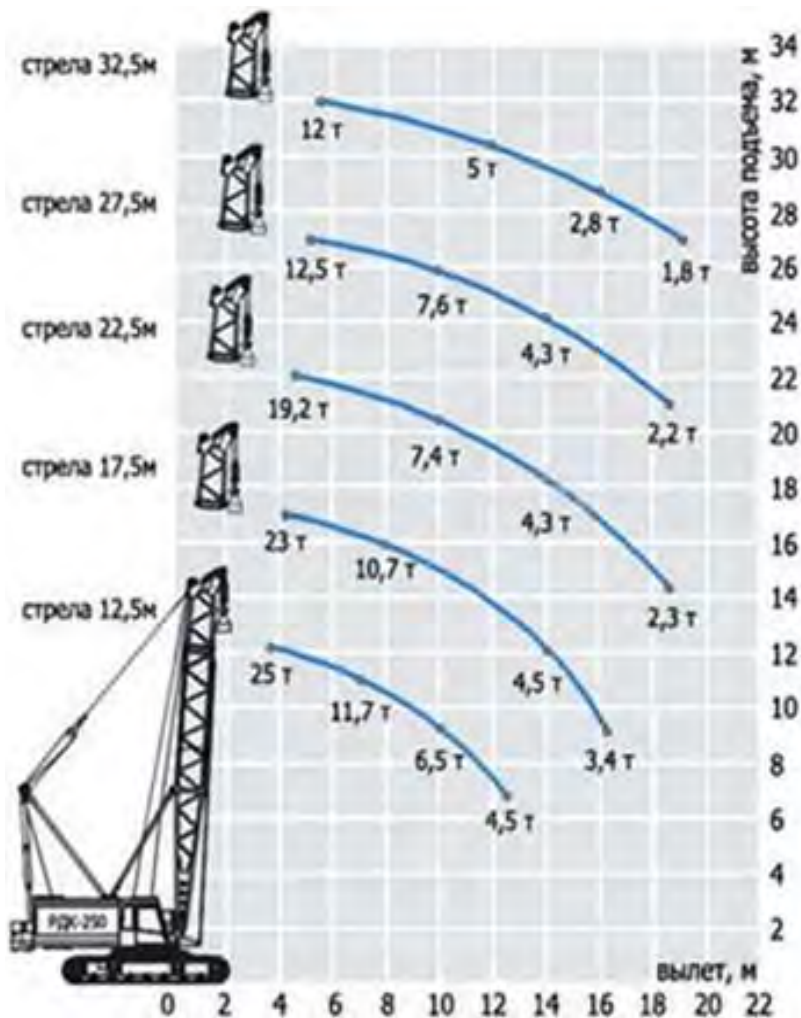


Рисунок 9.1. – Схема основного подъема крана РДК-25 (25 тН)

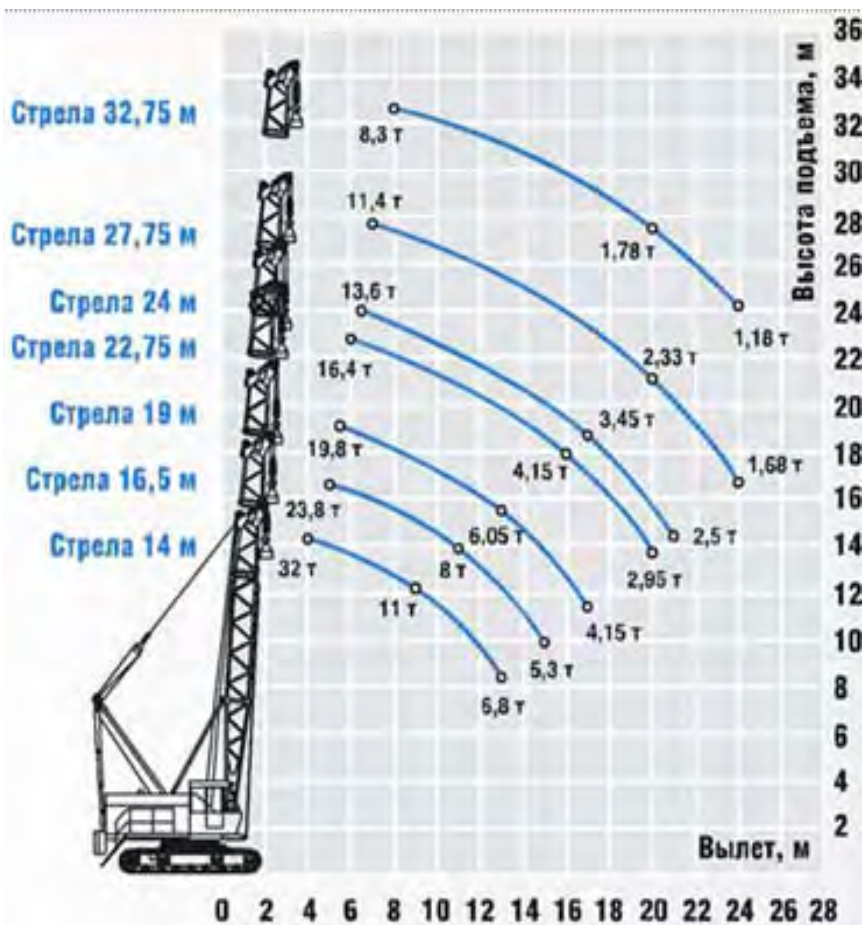


Рисунок 9.2. – Схема основного подъема крана ДЭК-321 (г/п 32 тН)

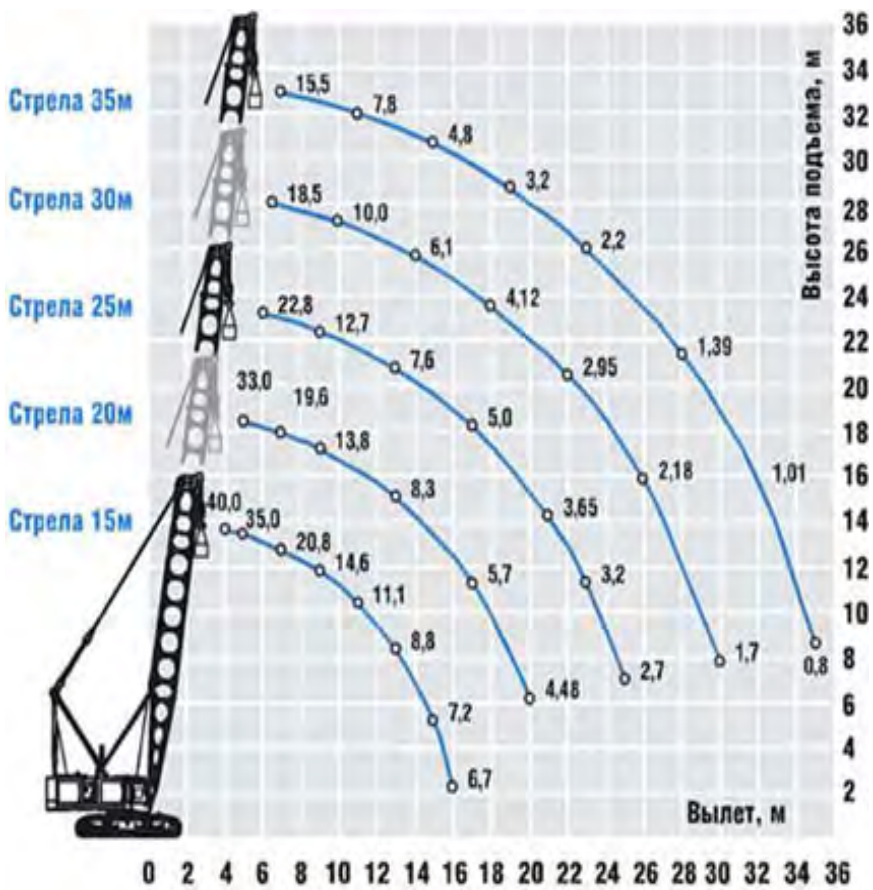


Рисунок 9.3. – Схема основного подъема крана ДЭК-401 (г/п 40 тН)

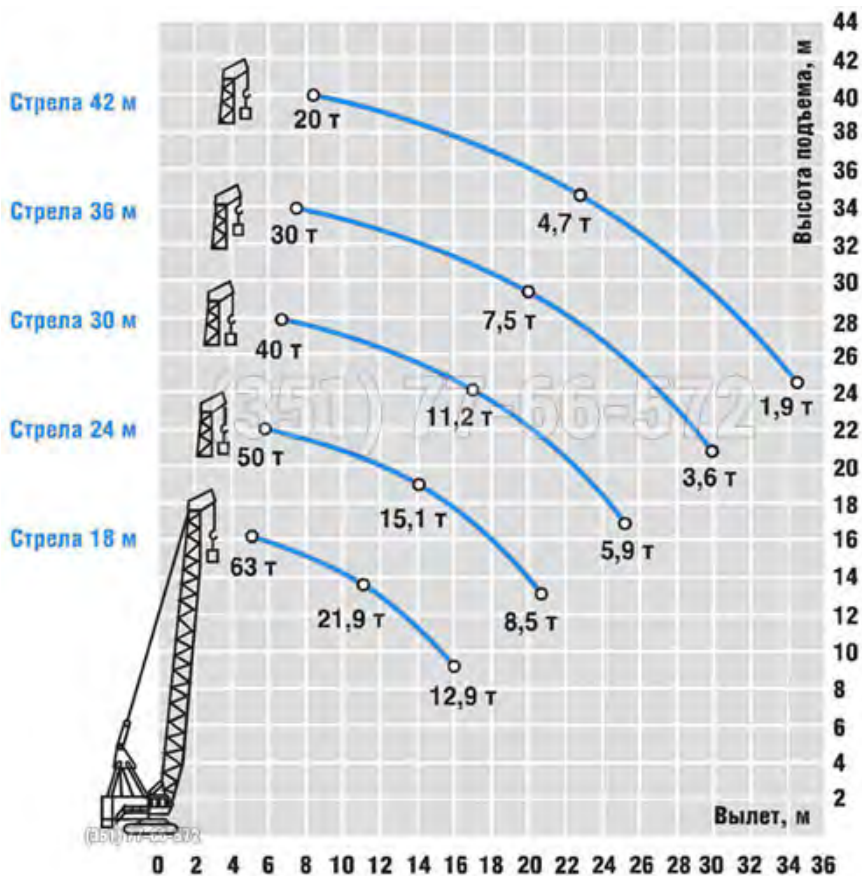


Рисунок 9.4. – Схема основного подъема крана ДЭК-631 (г/п 63 тН)

ОСНОВНОЙ ПОДЪЕМ

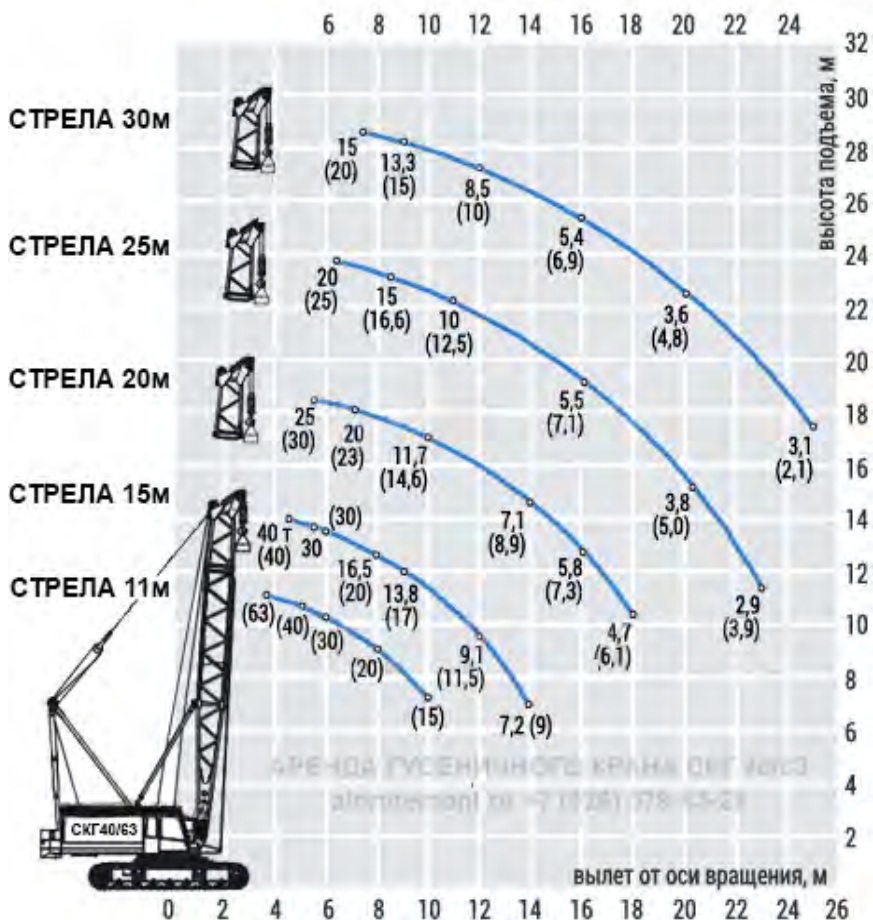


Рисунок 9.5. – Схема основного подъема крана СКГ-40/63

Основной подъем



Рисунок 9.6. – Схема основного подъема крана ДЭК-251

ПРИЛОЖЕНИЯ

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Форма журнала учета съемных грузозахватных приспособлений (СГП) и тары

Журнал учета съемных грузозахватных приспособлений (СГП) и тары

Наименование, обозначение, заводской (инвентарный) номер	Грузо-подъемность, т (кН)	Документы, по которым изготовлено СГП (тара)		Дата и результаты испытаний (технического освидетельствования)	Должность, фамилия, подпись ИТР
		Номер РЧ, ТУ	Номер ТК		

Форма журнала работ по монтажу строительных конструкций

ЖУРНАЛ

работ по монтажу строительных конструкций

№ _____

Наименование организации, выполняющей работы _____

Наименование объекта строительства _____

Должность, фамилия, инициалы и подпись лица, ответственного за монтажные работы и ведение журнала _____

Организация, разработавшая проектную документацию; чертежи КЖ, КМ, КД _____

Шифр проекта _____

Предприятие, изготовившее конструкции _____

Шифр заказа _____

Заказчик (организация), должность, фамилия, инициалы и подпись руководителя (представителя) технического надзора _____

Основные показатели строящегося объекта _____

Объем работ: стальных конструкций, – _____ т;
сборных железобетонных конструкций, _____ м³.

Журнал начат « _____ » _____ 20 _____ г.

Журнал окончен « _____ » _____ 20 _____ г.

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Первая страница журнала

Список инженерно-технического персонала, занятого на монтаже здания (сооружения)

Фамилия, имя, отчество	Специальность и образование	Занимаемая должность	Дата начала работы на объекте	Отметка о прохождении аттестации и дата аттестации	Дата окончания работы на объекте

Перечень актов освидетельствования скрытых работ и актов промежуточной приемки ответственных конструкций

№ п.п.	Наименование актов	Дата подписания акта

Ведомость результатов операционного контроля

Дата	Наименование конструктивных частей и элементов, места их расположения со ссылкой на номера чертежей	Результаты контроля качества	Должности и подписи лиц, оценивающих качество работ в порядке контроля и надзора

Вторая и последующие страницы журнала

	Дата выполнения работ, смена	Описание производимых работ, наименование устанавливаемых конструкций, их марка, результаты осмотра конструкций	Марка и грузоподъемность крана, т	Объем смонтированных конструкций, место установки и номера монтажных схем	Номера технических паспортов на конструкции	Атмосферные условия (температура окружающего воздуха, осадки, скорость ветра)	Фамилия, инициалы ответственного исполнителя (бригадира), подпись	Замечания и предложения по монтажу конструкций руководителей монтажной организации, авторского надзора, технического надзора заказчика	Подпись мастера (производителя работ), разрешившего производство работ и принявшего работу. Подпись лиц, осуществляющих авторский надзор
1	2	3	4	5	6	7	8	9	

Приложение. Исполнительная съемка смонтированных конструкций с указанием проектного и фактического планового и высотного положения.

В журнале пронумеровано и прошнуровано _____ страниц
« _____ » _____ 20____ г.

(должность, фамилия, инициалы и подпись руководителя организации, выдавшего журнал)

Место печати

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Форма акта освидетельствования скрытых работ (рекомендуемая) АКТ освидетельствования скрытых работ

по устройству _____
(наименование работ)

выполненных при _____
(наименование и место расположения объекта)

« ____ » _____ 20__ г.

Комиссия в составе:

представителя организации-исполнителя работ _____

(фамилия, инициалы, должность, организация)

представителя технического надзора _____

(фамилия, инициалы, должность, организация)

представителя проектной организации (при необходимости или
наличии указаний в проектной документации) _____

(фамилия, инициалы, должность, организация)

произвела осмотр, выполненных _____
(наименование организации, выполняющей работы)

и составила настоящий акт о нижеследующем:

1. К освидетельствованию предъявлены: _____
(наименование скрытых работ)

2. Работы выполнены по проектной документации, разработан-
ной _____
(наименование проектной организации, номера чертежей, дата их составления)

3. При выполнении работ применены _____
(наименование материалов, конструкций,

изделий со ссылкой на сертификаты или другие документы, подтверждающие качество)

4. При выполнении работ отсутствуют (или допущены) откло-
нения от проектно-сметной документации _____
(при наличии отклонений указывается,

кем согласованы, номера чертежей и дата согласования)

5. Дата: начала работ _____ ;
окончания работ _____ .

РЕШЕНИЕ КОМИССИИ

Работы выполнены в соответствии с проектной документацией, действующими ТНПА и отвечают требованиям их приемки. На основании изложенного разрешается производство последующих работ по устройству (монтажу) _____.
(наименование работ и конструкций)

Члены комиссии:

(подпись)

(Ф. И. О.)

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

Форма (рекомендуемая) акта приемки ответственных специальных вспомогательных сооружений (приспособлений, устройств) для строительства моста, путепровода, эстакады

Строительная организация _____
Строительство _____
(наименование и месторасположение, км, ПК)

АКТ

приемки ответственных специальных вспомогательных сооружений
(приспособлений, устройств) для строительства моста
(путепровода, эстакады)

«__» _____ 20__ г.

Комиссия в составе: _____,
(должность, фамилия, инициалы)

действующая на основании _____,
произвела освидетельствование и приемку _____

(наименование, месторасположение к назначению сооружения, устройства)

Комиссии предъявлены:

1. Рабочие чертежи № _____,
разработанные _____
(наименование сооружения, устройства)

_____ выполненные и принятые.

2. Качество работ признать _____.

3. Разрешить дальнейшее производство работ по _____

(наименование работ и конструкций)

Приложения.

1. Исполнительная схема положения вспомогательного сооружения (устройства) и его частей в плане и по отметкам.

2. Журналы забитых свай, погруженных оболочек.

3. Сводная ведомость забитых свай, погруженных оболочек и т. д.

Члены комиссии:

(подпись)

(Ф. И. О.)

(подпись)

(Ф. И. О.)

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Инструкция по проектированию вспомогательных сооружений и устройств для строительства мостов : ВСН 136–78. – Москва: Оргтрансстрой, 1978. – 300 с.
2. Бобриков, Б. В. Строительство мостов : учебник для вузов / Б. В. Бобриков, И. М. Русаков, А. А. Царьков; под ред. Ю. В. Бобрикова. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва: Транспорт, 1987. – 304 с.
3. Глотов, Н. М. Основания и фундаменты мостов : справочник / Н. М. Глотов, Г. П. Соловьев, И. С. Файнштейн; под ред. К. С. Силина. – Москва: Транспорт, 1990. – 240 с.
4. Колоколов, Н. М. Строительство мостов : учебник / Н. М. Колоколов, Б. М. Вейнблат. – Москва: Транспорт, 1984. – 504 с.
5. Строительство мостов и труб : справочник инженера / под ред. В. С. Кирилова. – Москва: Транспорт, 1975. – 600 с.
6. Рязанов, Ю. С. Охрана окружающей среды при строительстве мостов : учебное пособие / Ю. С. Рязанов. – Хабаровск: ДВГУПС, 2003. – 84 с.
7. Рязанов, Ю. С. Проектирование столбчатых опор мостов : учебное пособие / Ю. С. Рязанов. – Хабаровск: ДВГУПС, 1997. – 95 с.
8. Бахарев, И. И. Проектирование фундаментов глубокого заложения : учебное пособие / И. И. Бахарев, Ю. С. Рязанов. – Хабаровск: ДВГУПС, 2000. – 107 с.
9. Рязанов, Ю. С. Строительство мостов. Временные вспомогательные сооружения и устройства : учебное пособие / Ю. С. Рязанов. – Хабаровск: ДВГУПС, 2004. – 155 с.
10. Ельцова, В. Ю. Основные правила оформления конструкторских документов : методическое пособие / В. Ю. Ельцова. – Хабаровск: ДВГУПС, 2005. – 45 с.
11. Проектирование оснований и фундаментов зданий и сооружений на железнодорожном транспорте : методические указания. – Ленинград: ЛИИЖТ, 1990.
12. Фундаменты мелкого заложения. Проектирование и расчет : методические указания. – Ленинград: ЛИИЖТ, 1984.
13. Далматов, Б. И. Проектирование фундаментов зданий и подземных сооружений : учебное пособие / Б. И. Далматов [и др.]. – Санкт-Петербург: АСВ, 2001.

14. Берлинов, М. В. Примеры расчета оснований и фундаментов / М. В. Берлинов, Б. А. Ягупов. – Москва: СИ, 1986.

15. Глотов, Н. М. Основания и фундаменты транспортных сооружений / Н. М. Глотов [и др.]; под ред. Г. П. Соловьева. – Москва: Транспорт, 1995.

16. Смирнов, В. Н. Опоры балочных мостов (проектирование, строительство, ремонт и реконструкция) : учебное пособие / В. Н. Смирнов. – Санкт-Петербург, 2004.

17. Техника безопасности в строительстве. Строительное производство : ТКП 45-1.03-40–2006.

18. Техника безопасности в строительстве. Общие требования : ТКП 45-1.03-44–2006.

19. Организация строительного производства : ТКП 45-1.03-161.

20. Смеси бетонные. Методы испытаний : СТБ 1545–2005.

21. Строительство. Устройство мостов и труб. Номенклатура контролируемых показателей качества. Контроль качества работ : СТБ 2158–2011.

22. Канат двойной свивки типа ГЛК-0 конструкции $6 \cdot 37(1 + 6 + + 15 + 15) + 1$ о.с. Сортамент : ГОСТ 3079–80.

23. Канат двойной свивки типа ЛК-РО конструкции $6 \cdot 36(1 + 7 + + 7 / 7 + 14) + 1$ о.с. Сортамент : ГОСТ 7668–80.

24. Стропы грузовые канатные для строительства. Технические условия : ГОСТ 25573–82.

25. Система обеспечения точности геометрических параметров в строительстве. Правила выполнения измерений параметров зданий и сооружений : ГОСТ 26433.2–94.

26. Технологическая карта № 3/2013 на монтаж балок пролетного строения длиной 18, 21 и 24 м двумя кранами грузоподъемностью 25 т / Министерство транспорта и коммуникаций Республики Беларусь; Департамент «Белавтодор»; Открытое акционерное общество «Мостострой». – 2013. – 30 с.

27. Технологическая карта № 8/2013 на монтаж балок пролетного строения длиной 24 и 33 м краном КШМ-63 / Министерство транспорта и коммуникаций Республики Беларусь; Департамент «Белавтодор»; Открытое акционерное общество «Мостострой». – 2013. – 18 с.

Учебное издание

ГРЕЧУХИН Владимир Александрович

СТРОИТЕЛЬСТВО МОСТОВ

Пособие

для студентов специальности 1-70 03 02
«Мосты, транспортные тоннели и метрополитены»

Редактор *Т. В. Грищенко*

Компьютерная верстка *Е. А. Беспанской*

Подписано в печать 20.12.2017. Формат 60×84 ¹/₁₆. Бумага офсетная. Ризография.

Усл. печ. л. 5,58. Уч.-изд. л. 4,36. Тираж 100. Заказ 630.

Издатель и полиграфическое исполнение: Белорусский национальный технический университет.

Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя, распространителя печатных изданий № 1/173 от 12.02.2014. Пр. Независимости, 65. 220013, г. Минск.