

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
Белорусский национальный технический университет

Кафедра «Мосты и тоннели»

В. А. Гречухин
У. З. Шермухамедов

СТРОИТЕЛЬСТВО МОСТОВ

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

*Рекомендовано учебно-методическим объединением
высших учебных заведений Республики Беларусь по образованию
в области строительства и архитектуры*

Минск
БНТУ
2023

УДК 624.21/8(075.8)

ББК 39.112я7

Г81

Р е ц е н з е н т ы:

профессор кафедры «Мосты и тоннели» Ташкентского
государственного транспортного университета,
канд. техн. наук *С. С. Салиханов*;
декан строительного факультета Белорусского государственного
университета транспорта, канд. техн. наук,
доцент *Д. И. Бочкарев*;
заместитель генерального директора
ОАО «Мостострой» *А. М. Чаган*

Гречухин, В. А.

Г81 Строительство мостов : пособие для студентов специальности
1-70 03 02 «Мосты, транспортные тоннели и метрополитены» /
В. А. Гречухин, У. З. Шермухамедов. – Минск : БНТУ, 2023. – 63 с.
ISBN 978-985-583-856-3.

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

Пособие содержит данные о назначении и содержании дисциплины «Строительство мостов». В процессе изучения дисциплины студенты получают знания и умения необходимые для изучения современных инновационных технологий транспортного строительства, для разработки и внедрения инноваций в отрасли строительства мостов и умение использовать для обучения современное оборудование и информационные технологии.

УДК 624.21/8(075.8)

ББК 39.112я7

ISBN 978-985-583-856-3

© Гречухин В. А., Шермухамедов У. З., 2023

© Белорусский национальный
технический университет, 2023

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	5
Тема 1. Исторический обзор и перспективы строительства	7
Тема 2. Индустриальные методы строительства.....	7
Тема 3. Классификация мостов и принципы их возведения	9
Тема 4. Подготовка кадров. Мостостроительные предприятия и организации Республики Беларусь	10
Тема 5. Основы производства строительно-монтажных работ	11
Тема 6. Вспомогательные инвентарные конструкции и сооружения.....	12
Тема 7. Сооружение котлованов в сухих и маловлажных грунтах	16
Тема 8. Шпунтовое ограждение. Погружение шпунта.....	16
Тема 9. Разработка грунта и водоотлив.....	17
Тема 10. Устройство фундаментов в котлованах	18
Тема 11. Сваи и способы их погружения	19
Тема 12. Фундаменты на железобетонных оболочках.....	25
Тема 13. Фундаменты на буронабивных столбах.....	26
Тема 14. Бетонирование в скользящей опалубке	27
Тема 15. Монтаж опор малых мостов.....	29
Тема 16. Основные положения монтажа сборных конструкций.....	29
Тема 17. Монтаж балок стреловыми кранами	30
Тема 18. Установка балок козловыми кранами	33
Тема 19. Установка балок консольно-шлюзовыми кранами.....	33
Тема 20. Омоноличивание балок пролетных строений. Устройство проезжей части.....	36
Тема 21. Монтаж пролетных строений продольной движжкой	37
Тема 22. Продольная и поперечная перекатка пролетных строений	38
Тема 23. Перевозка конструкций пролетных строений на плашкоутах из понтонов	41
Тема 24. Транспортирование и складирование конструкций	45
Тема 25. Сборка стальных пролетных строений на сплошных подмостях	46

Тема 26. Монтаж сталежелезобетонных пролетных строений	46
Тема 27. Строительство вантовых и висячих мостов	50
Тема 28. Монтаж пролетных строений кранами	55
Тема 29. Подъем и опускание пролетных строений. Установка на опорные части	56
Тема 30. Состав и элементы строительных площадок.....	57
Список литературы	62

ВВЕДЕНИЕ

Пособие «Строительство мостов» предусматривает комплекс вопросов, касающихся получения студентами представлений и навыков для усвоения дисциплины.

Целью изучения учебной дисциплины является формирование у будущих инженеров мировоззрения в области строительства, которое отвечало бы соответствующим современным мировым стандартам, изучению форм и средств строительства транспортных сооружений с использованием современных машин, механизмов и вспомогательных сооружений, приобретению навыков составления проектов организации строительства и технологии производства работ, подбору машин, механизмов и вспомогательных сооружений.

В результате изучения учебной дисциплины «Строительство мостов» студенты ознакомятся с основами проектирования вспомогательных сооружений, типами инвентарных конструкций, технологией монтажа пролетных строений и опор. Овладеют навыками расчета и подбора строп, траверс, закладных креплений ограждений, щитовой опалубки, проектирование вспомогательных сооружений. Овладеют на современном уровне новыми научными, производственными и организационными навыками в области строительства транспортных сооружений с использованием современных машин, механизмов и оборудования.

В задачи пособия входит:

– изучение учебной дисциплины «Строительство мостов» и формирование у студентов мировоззрения в области инновационных технологий транспортного строительства, которое отвечало бы соответствующим современным мировым стандартам, изучению форм и средств транспортного строительства и инновационных технологий, приобретению навыков поиска, анализа и применения современных высокотехнологичных средств, используемых в мировой и отечественной практике транспортного строительства;

– прочное овладение студентами комплекса знаний, включающих принципы организации строительства транспортных сооружений;

– подбор наиболее подходящих методов ведения работ, машин, механизмов, вспомогательных сооружений и конструкций;

– изучение и разработка передовых технологий возведения транспортных сооружений.

При написании пособия использованы материалы, изложенные в учебниках, учебных пособиях, методических указаниях, нормативных документах, научных статьях, материалах научно-практических конференций. Настоящее пособие отражает опыт преподавания, накопленный на кафедре «Мосты и тоннели» БНТУ и кафедре «Мосты и тоннели» ТГТУ.

Тема 1. Исторический обзор и перспективы строительства

До революции мостостроительная техника отличалась слабой механизацией работ. Большой объем работ выполнялся вручную.

В 20-х годах XIX века были созданы специализированные предприятия, что позволило улучшать имеющиеся и проектировать новые конструкции, а также уменьшить долю ручного труда.

Появилась тенденция согласовывать технологию производства работ с проектными решениями. Обеспечение качества строительно-монтажных работ с наименьшими затратами и минимальными сроками строительства возможно только при детальной проработке конструктивных и технологических решений вопросов строительства моста.

Получил широкое применение железобетон, заменив каменную кладку и металл.

Одной из тенденций современного этапа проектирования и строительства мостов является применение BIM-технологий при проектировании, возможностей дополненной реальности и визуализации проекта для оценки восприятия сооружения, и 3D-принтеров при строительстве. Это позволяет минимизировать физический труд и увеличить интеллектуальную составляющую.

Тема 2. Индустриальные методы строительства

Индустриализация связана с решением следующих задач:

1) использование типовых конструкций, с унификацией и стандартизацией форм и размеров;

2) изготовление конструкций на заводах мостовых железобетонных конструкций;

3) автоматизация строительно-монтажных работ;

Типовые проекты разрабатывают учитывая размеры конструктивных элементов моста, такие как длина пролетных строений и расстояние от обреза фундамента до подферменной площадки в опорах.

В мостовых конструкциях принят шаг 10 см, а для пролетных строений шаг 300 см, что позволило создать систему универсальных размеров элементов мостовых конструкций.

С 1962 г. в типовых пролетных строениях приняты следующие размеры длины балок пролетных строений: 6, 9, 12, 15, 18, 21, 24, 33, 42, 63, 84, 105 и 126 м.

Существенное влияние на развитие строительства транспортных сооружений оказывает автоматизация процесса строительства, которая развивается в направлениях:

- 1) применение автоматизации и BIM-технологий при моделировании и расчете сооружений;
- 2) автоматизация управления строительными работами с использованием программных комплексов;
- 3) применение инновационной техники и оборудования на строительных площадках.

При строительстве мостов применяются разнообразные инновационные решения:

- 1) 3D-принтеры при создании пролетных строений пешеходных мостов;
- 2) сканирование на строящихся мостах и путепроводах;
- 3) BIM-технологии.

В комплект основных механизмов входят:

- 1) краны и монтажные агрегаты;
- 2) средства для перевозки;
- 3) оборудование и механизмы;
- 4) инвентарные подмости, плавучие средства и др.;
- 5) гидравлические домкраты и другое оборудование;
- 6) оборудование для сварки металлоконструкций, устройства гидроизоляции, окраски элементов конструкций и т. п.

В мостостроении применяют следующие машины и механизмы:

– общестроительные: экскаваторы, самоходные краны, тракторы, автомобили, катера, бульдозеры, лебедки, передвижные электростанции, компрессоры, свайные молоты, копры и т. д.;

– специальные: консольно-шлюзовые краны, передвижные подмости, вибропогружатели, домкраты большой грузоподъемности, инвентарные вспомогательные конструкции, понтоны и т. д.

Особенностями мостовых конструкций являются их большие размеры и масса, сложные формы. Это предъявляет к предприятиям по их производству повышенные требования по оборудованию и подбору персонала. В Республике Беларусь железобетонные мостовые конструкции изготавливают на МЖБК г. Фаниполь. Ознакомиться с продукцией завода можно на его сайте (zgbmk.by).

Тема 3. Классификация мостов и принципы их возведения

В зависимости от размеров и сложности конструкций искусственные сооружения условно делят на четыре группы: малые, средние, большие и внеклассные.

Малые мосты длиной до 25 м. Строят малые мосты и трубы типовыми, силами специализированных организаций.

Средние мосты и путепроводы длиной до 100 м. Их строят специализированные организации, используя типовые проекты унифицированных конструкций и технологические правила их возведения.

Большие мосты длиной свыше 100 м или длиной менее 100 м, но с пролетом свыше 60 м.

При строительстве мостов на работы, качество которых не может быть проконтролировано, составляют акты на скрытые работы. К ним можно отнести устройство фундаментов, армирование, гидроизоляция и т. п.

Приемка мостов в эксплуатацию включает изучение документации и испытание временной нагрузкой, близкой по интенсивности к расчетным.

Строительство мостов состоит из четырех основных этапов:

- 1) разработка проектной и сметной документации;
- 2) выбор мостостроительной организации;
- 3) вопросы снабжения;
- 4) разработка рабочих чертежей и проектов производства работ (ППР).

Подготовительные работы включают:

- отвод территории для строительства;
- устройство подъездных путей;
- приемка геодезической основы;
- закрепление осей сооружения и опор;
- устройство мест хранения;
- подготовка оборудования, производственных и жилых зданий, складирование конструкций.

Согласно проекту и ППР, выполняют следующие работы: устройство фундаментов; бетонирование и монтаж опор; монтаж пролетных строений; установку перил, укладку дорожного покрытия; отделку и окраску поверхностей сооружения и т. д.

Заключительная часть строительства включает сдачу сооружения в эксплуатацию, демонтаж оборудования и временных сооружений, ликвидацию строительной площадки, оформление документации и т. п.

Особо стоит отметить, что для оперативного контроля за производственным процессом ОАО «Мостострой» проводит online-трансляции со своих строящихся объектов.

Тема 4. Подготовка кадров. Мостостроительные предприятия и организации Республики Беларусь

Подготовку высококвалифицированных инженерных кадров в Республике Беларусь осуществляет кафедра «Мосты и тоннели» БНТУ, которая была основана в 1977 году.

Выпускники кафедры работают в организациях, обеспечивающих все этапы проектирования, строительства и эксплуатации искусственных сооружений, занимаются обследованием сооружений и ведут научные исследования по проблемам мостов и тоннелей.

Основной объем проектных работ в области мостостроения осуществляют ГП «Белгипродор», УП «Минскинжпроект» и ООО «Экомост».

Научно-исследовательские работы, разработку новых конструктивно-технологических решений выполняет научно-исследовательский институт БелдорНИИ и кафедра «Мосты и тоннели» БНТУ.

Основной объем работ по строительству мостов выполняет ОАО «Мостострой», которое включает в себя семь мостостроительных управлений, расположенных в различных городах Республики Беларусь:

- МСУ-1, г. Могилев;
- МСУ-2, г. Фаниполь;
- МСУ-3, г. Барановичи;
- МСУ-4, г. Гомель;
- МСУ-5, г. Витебск;
- МСУ-6, г. Минск;
- МСУ-7, г. Брест.

Управление строительством мостов обеспечивается по трехступенчатой схеме: холдинг «Белавтодор» – ОАО «Мостострой» – мостостроительное управление.

ОАО «Мостострой» координирует деятельность участников строительства и отвечает за ввод объектов в эксплуатацию, а проекты производства работ разрабатываются его специальным отделом.

Руководство строительством осуществляется с помощью средств коммуникации и диспетчерского контроля.

Тема 5. Основы производства строительно-монтажных работ

Сложные мосты проектируют в две стадии:

- 1) составление проекта со сводным сметным расчетом стоимости;
- 2) разработка рабочей документации.

Проект содержит основные решения и входит проект организации строительства моста (ПОС).

Основные задачи, решаемые ПОС:

1. Подбор оборудования, инвентарных конструкций и средств для перемещения грузов.
2. Выбор поставщиков материалов, источников энерго- и водоснабжения.
3. Подбор поставщиков.

Данные получают на основании технологических схем строительства и генпланов.

В ПОС разрабатывают календарный график, который является основой потребности строительных машин, поставки материалов и конструкций. На его основе определяют численность работающего на объекте персонала.

Сметную стоимость строительства определяют на основании проекта организации работ и составляют сводную смету.

ППР разрабатывают на основании рабочих чертежей сооружения. В ППР уточняют положения ПОС, составляют технологические схемы, планы стройплощадок, календарные планы и ведомости оборудования, разрабатывают конструкции вспомогательных сооружений и устройств.

Основные элементы ППР:

1. Схемы производства работ.
2. Технологические схемы строительства элементов сооружения.
3. Проекты вспомогательных сооружений и устройств.
4. Схемы перевозки конструкций.

5. Ведомости оборудования и инвентарных конструкций.

6. Ведомости расхода материалов на вспомогательные сооружения.

Для менее сложных и при строительстве однотипных мостов и труб при разработке ПОС и ППР используют типовые техкарты.

Составление ПОС и ППР в части разработки сложных вспомогательных сооружений и устройств финансируется за счет средств на строительство объекта. В остальных случаях ППР разрабатывается за счет накладных расходов строительной организации.

ПОС и ППР составляют на основании технико-экономического сравнения вариантов с учетом имеющегося в организации оборудования.

При составлении ППР учитывают существующие габариты. От габаритных размеров при транспортировке зависят размеры конструкций и элементов, технологии изготовления конструкций, методов их монтажа, типов монтажного оборудования и т. п.

Тема 6. Вспомогательные инвентарные конструкции и сооружения

Инвентарные конструкции – это многократно применяемые комплекты, содержащие разнотипные элементы, для временных конструкций.

Комплект стержневых элементов (универсальные инвентарные конструкции для мостостроения – УИКМ) обеспечивает возможность сборки пространственных решетчатых конструкций произвольной схемы при расположении узлов по сетке 2×2 м. Внеузловая передача нагрузки на конструкции не допускается.

Комплект балочных элементов УИКМ содержит прокатные двутавровые балки № 55 длиной 3,0, 5,0 и 11,0 м, а также стыковые накладки, распорки, диафрагмы и ребра жесткости.

Разработаны другие типы универсальных инвентарных конструкций с укрупненными элементами и с малым числом болтов.

Комплект МИК содержит стоечные (МИК-С) и пакетные (МИК-П) конструкции. Расстояния между узлами кратно 2-м метрам. Для повышения несущей способности опор могут быть установлены дополнительные стойки на расстоянии 0,25 м от основных. Элементы МИК-С выполнены из стальных одиночных труб. Узлы сопряжения элементов стоек фланцевые.

Вспомогательные инвентарные конструкции и сооружения применяют для устройства подкрановых эстакад, временных мостов и других сооружений (рис. 6.1–6.6).



Рис. 6.1. Временная опора для крана КШМ из инвентарных конструкций



Рис. 6.2. Временная опора из инвентарных конструкций



Рис. 6.3. Конструкция временной опоры для выдомкрачивания пролетного строения



Рис. 6.4. Узел опирания пролетного строения на временную опору:
1 – пролетное строение; 2 – клетка из обрезков рельсов;
3 – гидравлический домкрат; 4 – распределительная двутавровая балка



Рис. 6.5. Временный мост и опора на строительной площадке



Рис. 6.6. Основание временной опоры из стальных труб

Инвентарные понтоны типа КС представляют собой стальную коробку с размерами сторон 1,8×3,6×7,2 м. Для объединения в плашкоут понтоны соединяют болтами.

Свайные фундаменты устраивают на вертикальных и наклонных сваях, а также сваях, погруженных в каркасах, или в ряжевых облочках.

С увеличением свободной длины деревянной сваи над поверхностью грунта в ней возрастают изгибающие моменты и напряжения от действия горизонтальных нагрузок, для уменьшения усилий фундаменты устраивают на наклонных сваях.

При больших нагрузках и большой глубине воды применяют железобетонные и металлические сваи.

Тема 7. Сооружение котлованов в сухих и маловлажных грунтах

Котлованы с откосами увеличивают объем земляных работ. Их устраивают: бульдозерами или скреперами; драглайном, экскаваторами и др.

Способ разработки котлована зависит от конкретных условий строительства и производственных возможностей организации.

В водопроницаемых мелких грунтах котлованы разрабатывают, с искусственным водопонижением или устройством ограждения.

Закладное крепление – это вертикальные стойки из двутавровых балок № 30–50, погруженные в пробуренные лидерные скважины 0,5–1,0 м ниже дна котлована, в пазы которых закладывают доски или брус.

Железобетонный опускной ящик монтируют на сухом месте ярусами высотой по 1,5 метра с суммарной глубиной погружения в грунт до 6 м.

Тема 8. Шпунтовое ограждение. Погружение шпунта

Шпунтовое ограждение устраивают при глубине котлована более 6 м. Основное применение нашел стальной шпунт Ларсен V длиной 8–22 м, который можно наращивать с перекрытием стыка накладками со сварными соединениями длиной 60 см и более.

Совпадение замков, наращиваемого шпунта обеспечивают предварительной сборкой стыка и временным закреплением замков отрезками шпунта длиной 2–3 м.

До начала погружения через замки протаскивают отрезок шпунта длиной 2 м. Его концы обрезают строго перпендикулярно. Для погружения шпунта используют направляющий каркас и высокочастотные вибропогружатели, молоты или вибромолоты. Вибромолот может извлекать шпунт ударами вверх.

Размер заглубления шпунта в грунт ниже дна котлована устанавливают по расчету. Верх шпунтового ограждения должен быть расположен выше рабочего уровня воды не менее чем на 0,7 м.

Тема 9. Разработка грунта и водоотлив

При отрывке котлованов применяют грейферы (рис. 9.1), также могут применяться землеройные машины и средства гидромеханизации.

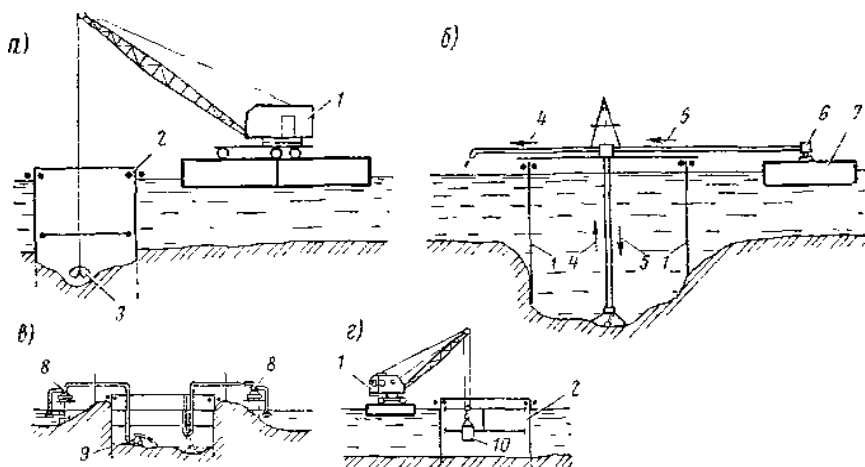


Рис. 9.1. Разработка грунта в котловане:
 1 – стреловой кран на понтонах; 2 – ограждение котлована;
 3 – грейфер; 4 – направление движения пульпы; 5 – воздух;
 6 – компрессор; 7 – понтоны; 8 – насос; 9 – гидромонитор

Воду из котлована откачивают перед устройством фундамента. Насос помещают на поверхности грунта, а при глубине более 5–6 м – в котловане.

Для водоотлива применяют насосы. Для этого за пределами контура фундамента устраивают водосборный приямок, который ограждают коробом. Дно приямка располагают на 0,7 м ниже уровня воды в котловане. Насосов должно быть не менее двух.

Тема 10. Устройство фундаментов в котлованах

Котлован принимает комиссия, которая затем составляет акт. Она устанавливает соответствие котлована проектным параметрам, дает разрешение на дальнейшие работы.

Дно котлована зачищают до проектной отметки. В основание котлована втрамбовывают щебеночную подушку толщиной 10 см с поливкой цементным раствором.

При сильной фильтрации воды устраивают тампонажный слой способом вертикально перемещающейся трубы (рис. 10.1). Трубы, опущенные в котлован, заполняют цементобетонной смесью, нижние их отверстия должны находиться не менее чем на 0,8 м ниже поверхности уложенной бетонной смеси. По мере подъема трубы выходящая из нее бетонная смесь образует тампонажный слой.

В верхней части трубы устраивают бункер объемом до 3 м³. От смешения с водой первую порцию смеси предохраняет пробка, расположенная внизу трубы и удерживаемая канатом. После заполнения трубы и воронки смесью канат перерубают. Радиус растекания бетона из одной трубы составляет 3–4 м.

После откачки воды, поверхность тампонажного слоя очищают, удаляя верхний его слой (шлам), и бетонируют фундамент.

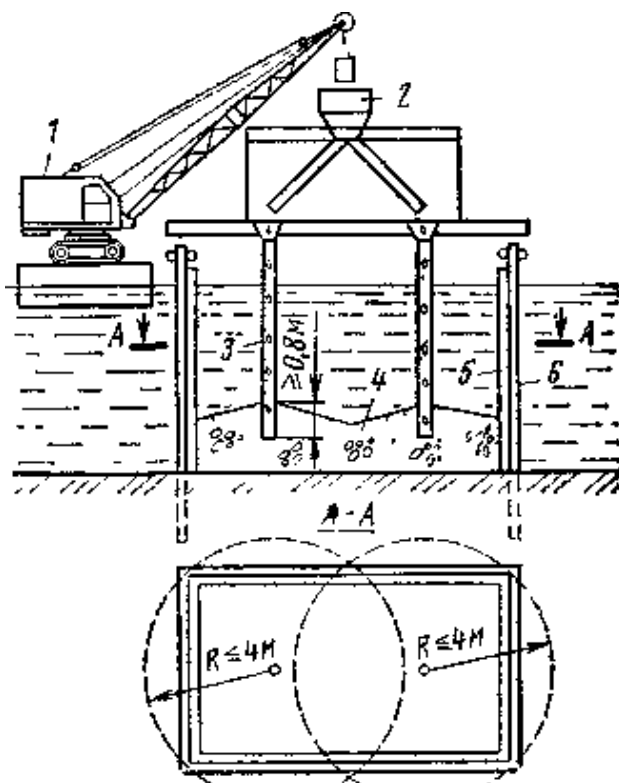


Рис. 10.1. Схема подводного бетонирования способом ВПТ:

1 – плавучий кран для подачи бетонной смеси; 2 – раздаточный бункер;

3 – бетонолитная труба; 4 – уложенная бетонная смесь;

5 – опалубка; 6 – шпунтовое ограждение

Тема 11. Сваи и способы их погружения

Для сооружения опор применяют железобетонные и стальные сваи. Для временных мостов применяют деревянные сваи диаметром от 18 до 28 см, длиной до 12 м.

До начала погружения свай должны быть выполнены следующие работы:

- устройство рабочей площадки;
- геодезические работы;
- погружение маячных свай направляющего каркаса;

- устройство направляющего каркаса;
- подвозка, раскладка свай.

Сваи погружают в следующей последовательности (рис. 11.1):

- 1) установка сваебойной установки для погружения сваи № 1 (в первую очередь погружают наклонные сваи);
- 2) подъем сваи и установка на место погружения;
- 3) улавливание головы сваи наголовником;
- 4) погружение сваи;
- 5) переезд сваебойной установки на другую стоянку.

Повтор цикла работ при погружении остальных свай.

К сваебойным работам предъявляют требования:

- завоз свай на строящийся объект после устройства площадок для складирования;

- при приемке свай проверяют заводские паспорта и соответствие маркировки на сваях и их размеров данным паспорта;

- погружение свай производят после проверки отметок, положения в плане свайного поля и при наличии актов промежуточной приемки работ, выполненных до забивки свай;

- перед погружением свай в наголовник вставляют деревянные прокладки со стороны сваи и шабота;

- при устройстве свайного поля ведут «Журнал забивки свай», и составляют исполнительный чертеж;

- погружение сваи начинают с минимальной энергией удара, погрузив ее на 50–80 см, проверяют положение и при необходимости производят рихтовку сваи. Далее погружение сваи производится дизель-молотом на проектную глубину заделки до момента получения сваей расчетного отказа, но не менее 0,2 см от удара.

Если эти требования не могут быть выполнены, необходимо применять подмыв или установку в лидерные скважины с добивкой до расчетного отказа. Глубину лидерных скважин следует принимать равной 0,9 заглубления свай в грунт, а диаметр – 0,8 диагонали призматической сваи, и уточнять по результатам пробной забивки.

Сваи погружают залогами с подсчетом количества ударов на каждый метр погружения. Контрольный отказ определяется как средняя величина при 10 ударах молота с точностью до 1 мм.

Сваи с отказом больше расчетного должны подвергаться контрольной добивке после «отдыха» их в грунте в соответствии с СТБ 2242. В том случае, когда отказ при контрольной добивке превышает рас-

четный, проектная организация должна установить необходимость контрольных испытаний свай статической нагрузкой и корректировки проекта свайного фундамента.

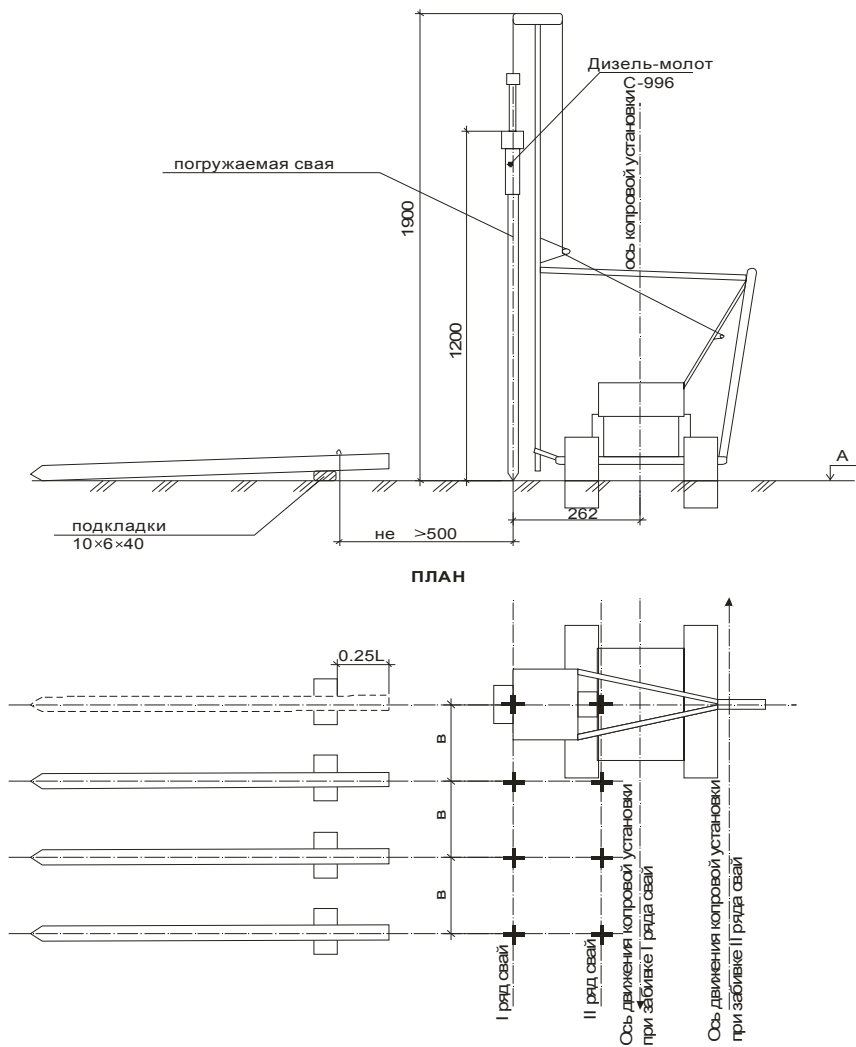


Рис. 11.1. Погружение свай

Сваи, недопогруженные более чем на 25 см до проектного уровня при их длине до 10 м и недопогруженные более чем на 50 см при их длине более 10 м, но давшие отказ, равный расчетному, или менее его, должны быть подвергнуты обследованию для выяснения причин, затрудняющих погружение, также должно быть принято решение о возможности исследования имеющихся свай или о погружении дополнительных.

Смещение в плане осей закрепленного кондуктора от проектного положения в уровне верха каркаса должно быть не более 2,5 см.

Допускаемое отклонение от проектного положения осей забитых свай в плане:

- для однорядного расположения свай поперек оси свайного ряда – $0,2d$, вдоль оси – $0,3d$;

- при расположении свай в два и три ряда: для крайних рядов поперек оси свайного ряда – $0,2d$; для средних рядов вдоль моста – $0,3d$, поперек моста – $0,4d$. отклонение в плане осей забитых свай при сборных ростверках и насадках с обязательным применением направляющих устройств – 5 см.

Число свай с максимально допустимым отклонением от проектного положения не должно превышать 25 % от общего числа свай для однорядных фундаментов и 40 % – для двух- и многорядных фундаментов.

Выполненные свайные работы должны быть приняты комиссией в составе: представителей технадзора заказчика, авторского надзора, исполнителей свайных работ и последующих работ с составлением соответствующего акта.

К акту должны прилагаться:

- акт осмотра свай до погружения;
- журнал погружения свай;
- сводная ведомость забитых свай;
- исполнительная схема свайного поля.

Сваи-оболочки доставляют секциями, стыкуемыми перед забивкой или в процессе погружения свай. Погружение производят с открытым концом или с наконечником.

Для погружения свай в заданном направлении применяют каркасы (рис. 11.2) что позволяет устанавливать и забивать сваи, стреловыми кранами без дополнительного обустройства направляющими стрелами.

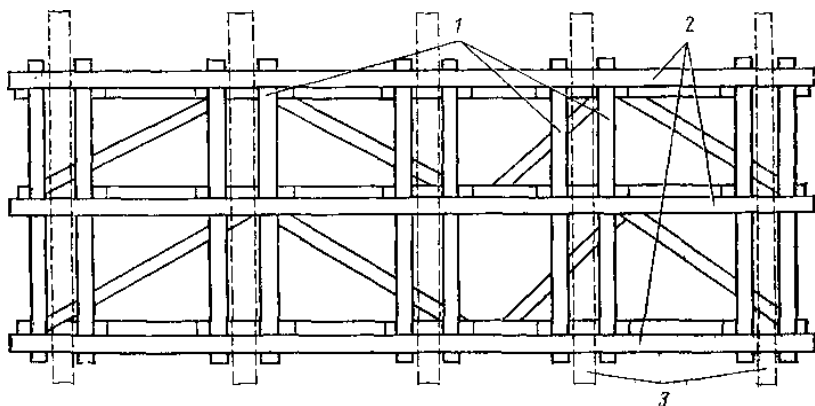


Рис. 11.2. Направляющий каркас:
 1 – вертикальные элементы; 2 – горизонтальные элементы;
 3 – сваи в каркасе

Процесс погружения свай состоит из перемещения копра, установки в рабочее положение, транспортирования сваи к копру, подъема, установки и закрепления, погружения сваи (рис. 11.3). Цикл погружения сваи занимает 20–30 % в общем процессе рабочего времени.

Последовательность погружения свай бывает рядовой, спиральной и секционной.

Для контроля за погружением сваю от острия размечают краской на метры и сантиметры.

Для предотвращения разрушения при забивке на головы свай устанавливают наголовники. Молот опускают на голову сваи. Под действием собственной массы и массы молота свая немного погружается в грунт. На начальной стадии погружения компрессия в цилиндре не достигает требуемого значения, и дизель-молот гложет после каждого удара. По мере роста отказа сваи компрессия растет, и ДМ начинает погружать сваю непрерывными ударами.

Отказ от одного удара определяют как среднее арифметическое значение осадки сваи за 10 ударов. При погружении свай в журнал записывают размер погружения сваи от каждого залога и достигнутого отказа, глубину забивки и данные о затруднениях во время погружения свай. В журнале, который заполняют непосредственно на месте работ, приводят данные об оборудовании для забивки и прикладывают план расположения в забитых сваях с их нумерацией.

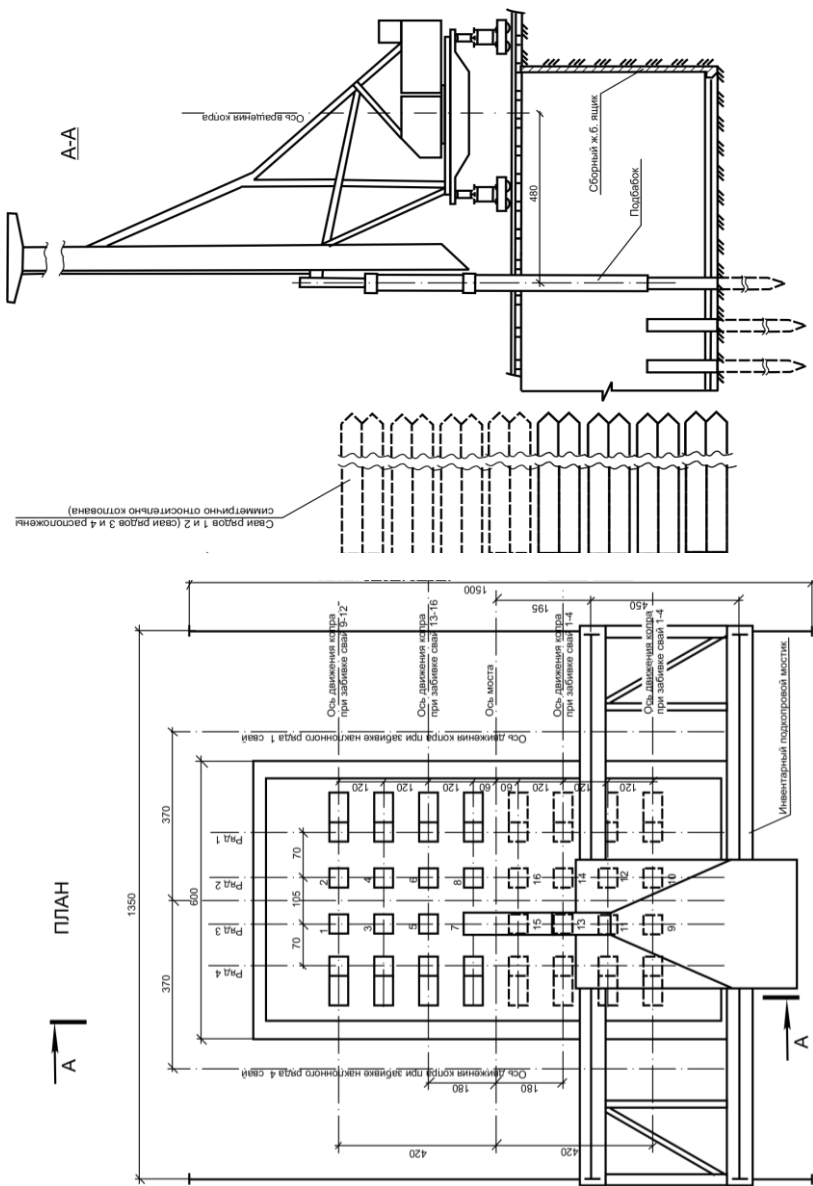


Рис. 11.3. Погружение свай в котлован с подкорового мостика

При вибропогружении подъем и установка свай в направляющие аналогичны забивке молотом.

Ось вибропогружателя должна совпадать с осью сваи, а соединение должно быть жестким.

Погружение свай с подмывом водой сочетают с забивкой или погружением вибропогружателями. Подмыв заканчивают, не доходя 1,0–1,5 м до проектной отметки.

Выполненные работы принимает комиссия, которая по журналам и сводным ведомостям проверяет соответствие требованиям проекта и нормативным документам.

В случаях притока воды на дно котлована укладывают тампонажный слой способом ВПТ с толщиной слоя не менее 1 м.

Тема 12. Фундаменты на железобетонных оболочках

Для опор больших и внеклассных мостов применяют сборные железобетонные оболочки диаметром от 0,6 до 3,8 м.

Секции оболочек соединяют болтами на фланцах, сваркой обечаек оболочек и другими способами. Нижнюю часть погружаемых оболочек усиливают металлическим наконечником или ножом.

Оболочки диаметром более 1 м погружают с открытой полостью. Полости, как правило, заполняют бетоном. При стенках оболочек более 16 см ограничиваются устройством бетонной пробки, а стенки утолщенной оболочки имеют двухрядное армирование (рис. 12.1).

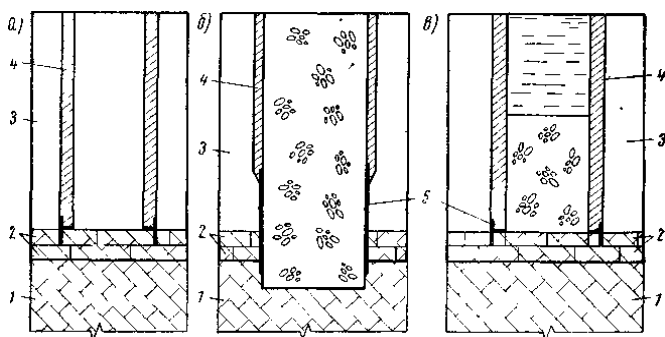


Рис. 12.1. Опираие оболочек на скальную породу:
1 – неветренная скальная порода; 2 – выветренный слой породы;
3 – грунт; 4 – оболочка; 5 – нож

Для погружения оболочек необходимо оборудование:

- 1) вибропогружатели;
- 2) направляющие устройства (в виде каркасов),
- 3) грунтоизвлекающее оборудование.

Технология погружения оболочки:

- 1) транспортирование звеньев;
- 2) подъем и установка в направляющие устройства;
- 3) соединение звеньев между собой;
- 4) установка вибропогружателя;
- 5) погружение оболочки.

Звенья размечают краской для контроля скорости и глубины погружения.

Звенья стыкуют между собой болтами на фланцах или сваркой. Устройство стыков снижает темп погружения. Звенья соединяют.

Первые секции оболочек длиной меньше глубины воды вывешивают на каркасы, наращивают очередное звено. Вибропогружатель переходником соединяют с головой оболочки.

Если мощность вибропогружателя недостаточна, то силы трения между грунтом и поверхностью оболочки уменьшают подмывом. При устройстве оснований из оболочек диаметром более 2 м возможно дополнительно применять подмыв изнутри оболочки.

В процессе погружения оболочки из внутренней полости эжекторами или грейферами извлекают грунт. Песчаные, супесчаные и слабые хорошо размываемые глинистые грунты разрабатывают эрлифтом или гидроэлеватором, после чего в полость оболочки укладывают бетонную смесь.

Тема 13. Фундаменты на буронабивных столбах

При недостаточно прочных грунтах применяют буровые столбы с устройством специального уширения у основания.

Известны два способа устройства:

1. Первоначально в грунте бурят скважину с устройством или без уширения в ее основании. В скважину опускают арматурный каркас и бетонируют способом ВПТ.

2. В верхней части буронабивной сваи первоначально погружают оболочку, а затем через ее полость бурят скважину с устройством или без устройства в них уширений. После бурения скважины в нее опускают арматурный каркас.

Железобетонная оболочка повышает стойкость наружных поверхностей буронабивной сваи от истирающего агрессивного воздействия водного потока или ледохода. Особый вид – камуфлетные сваи с уширением, образованным взрывчатым веществом.

Буровые сваи с уширениями могут быть выполнены вертикально и наклонно.

Для возведения фундаментов на буровых сваях и столбах выполняют следующие операции:

- 1) подготовка площадки, при наличии воды устраивают островок;
- 2) бурение скважины;
- 3) погружение арматурного каркаса и заполнение бетонной смесью;
- 4) устройство свайного ростверка.

При сооружении фундамента опоры на реке подмости для бурового станка устраивают на направляющих каркасах. Каркасы обычно используют как распорную конструкцию шпунтовых или других водозащитных ограждений. Специальные подмости можно устанавливать на период бурения на плавучих средствах. На сухом месте рабочую площадку располагают непосредственно на земле или же устраивают подмости.

При устройстве буровых свай или столбов без оболочек крепление стенок скважин от возможного обрушения грунта обеспечивают применением глинистого раствора, что позволяет обеспечить сохранность скважины от обрушения в сыпучих слабосвязных грунтах. Глинистый раствор циркулирует в разрабатываемой скважине, очищая забой от разбуренной породы, и охлаждает разогревающийся бур.

После устройства буровых скважин до их заполнения бетоном проверяют очертание устроенного уширения, используя для этого специальное оборудование. По результатам проверки каждой скважины составляют отдельный акт.

Бетонную смесь укладывают по методу вертикально перемещаемой трубы (ВПТ). Для бетонирования скважин и оболочек устанавливают в скважину арматурный каркас и бетонолитную трубу с бункером сверху.

Тема 14. Бетонирование в скользящей опалубке

Конструкции высоких опор эстакад и виадуков с цилиндрической поверхностью или небольшой коничностью наружных граней бетонруют в скользящей опалубке (рис. 14.1). По мере укладки

бетонной смеси скользящую опалубку поднимают винтовыми домкратами. По мере бетонирования и подъема скользящей опалубки ведется осмотр и дополнительная обработка поверхности бетона, выходящей из опалубки. Во избежание высыхания свежего бетона по низу опалубки закрепляют брезент, охватывающий по периметру опору и увлажняемый водой, поступающей по шлангу. С целью облегчения подъема скользящей опалубки на поверхности ее металлической обшивки можно закреплять на шурупах листы полиэтилена или фторопласта толщиной 2–3 мм. Бетонируют в скользящей опалубке в теплое время года.

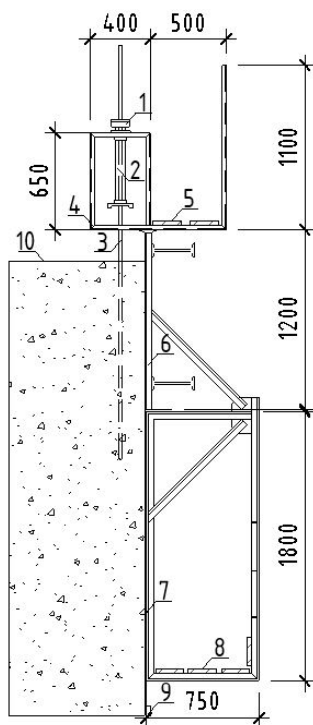


Рис. 14.1. Расположение металлической скользящей опалубки при бетонировании и ее угловая деталь в плане:

- 1 – верхняя головка домкрата с рычагами для поворота; 2 – труба с нарезкой;
- 3 – вертикальный стержень; 4 – подъемная рамка на опалубке;
- 5 – верхняя рабочая площадка; 6 – опалубка; 7 – водопроводный шланг;
- 8 – нижние подмости; 9 – увлажняемая «юбка»; 10 – тело опоры

Тема 15. Монтаж опор малых мостов

При отсутствии воды опоры часто устраивают на естественном основании в виде железобетонных подушек. При возведении опор на свайном основании на головы свай монтируют блоки ростверка и омоноличивают их.

Перед монтажом насадок проверяют расстояния между осями гнезд в насадках. Головы свай срубают до проектной отметки, арматуру очищают для монтажа насадки.

Положение блока выверяют и закрепляют его клиньями. После сварки арматурных выпусков бетонируют стык и места сопряжения насадок и свай.

Колонны монтируют на слой цементного раствора, раскрепляя клиньями, а при высоте более 8 м и расчаливая. После замоноличивания клинья удаляют.

Тема 16. Основные положения монтажа сборных конструкций

Особенности монтажа сборных железобетонных конструкций:

- 1) большая масса;
- 2) разная прочность сборных конструкций при монтаже и в проектном положении;

Железобетонные конструкции монтируют по проекту монтажа, а типовые конструкции – по технологическим правилам.

Монтаж сборных опор и пролетных строений включает ряд операций:

- 1) доставку элементов сборных конструкций;
- 2) подготовку к монтажу;
- 3) выправку арматуры;
- 4) подготовку подъемных механизмов и вспомогательных устройств;
- 5) подготовку элементов к установке;
- 6) подачу элементов в проектное положение;
- 7) монтаж и омоноличивание стыков.

Места монтажа конструкций заранее готовят, обустривают подмостями и размечают в них оси. В точках контакта конструкций со стальными канатами устанавливают прокладки.

Для монтажа конструкций требуются транспортные средства, краны и агрегаты для погрузочно-разгрузочных работ и обеспечения установки конструкций в проектное положение, монтажные приспособления и устройства. Для этих целей применяют самоходные стреловые краны, козловые краны, специальные краны и монтажные агрегаты.

Монтажные краны устанавливают в местах, указываемых в проектной схеме.

Конструкции складывают на строительной площадке в заранее предусмотренном месте. По мере монтажа элементы грузят на транспортные средства и доставляют в зону действия монтажных кранов.

Во время проведения строительно-монтажных работ ведут геодезический контроль за проектным положением элементов. После выверки элементов закрепляют в проектном положении и устраивают стыковые соединения.

Тема 17. Монтаж балок стреловыми кранами

Пролетные строения монтируют кранами и агрегатами (рис. 17.1) с установкой на опоры балок и плит. После монтажа их омоноличивают, устраивают покрытие проезжей части, тротуары, перильные ограждения и т. п.

При монтаже балок пролетного строения краны располагают внизу на поверхности земли или на пролетном строении.



Рис. 17.1. Монтаж балок пролетных строений

Кранами, расположенными внизу, монтируют пролетные строения в случаях, когда возможно обеспечить безопасную работу кранов.

Через железнодорожные пути пролетные строения путепроводов монтируют железнодорожными стреловыми кранами. При недостаточной несущей способности грунта под кран укладывают железобетонные плиты.

Перемещение кранов с грузом разрешается, только если масса балки менее 50 % грузоподъемности крана. Если грузоподъемность одного недостаточна, то используют два крана.

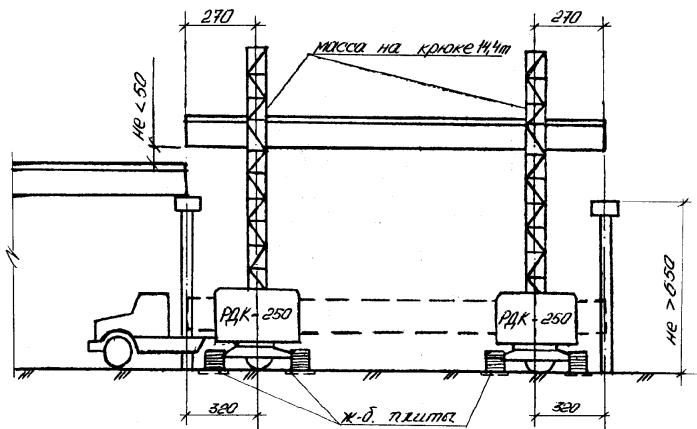
До начала монтажа балок пролетного строения необходимо:

- устроить рабочие площадки;
- возвести опоры;
- нанести разметку местоположения балок;
- смонтировать временные опоры;
- установить опорные части;
- обозначить границы зоны производства работ;
- обозначить стоянки кранов;
- доставить необходимые монтажные приспособления;
- проверить размеры элементов пролетного строения на соответствие требованиям нормативных документов;
- проверить на монтируемом элементе номер, вес монтажной марки, центр тяжести элементов, место строповки, осевые и нивелировочные знаки;
- выполнить проверку грузозахватных приспособлений на соответствие предъявляемым к ним требованиям.

Балки пролетного строения должны располагаться в зоне действия монтажных кранов.

Последовательность монтажа балок (рис. 17.2):

- 1) установить краны в рабочее положение;
- 2) установить опорные части;
- 3) установить балку в проектное положение с надежным временным закреплением;
- 4) аналогично смонтировать вторую балку;
- 5) закрепить пару балок между собой путем сварки выпусков арматуры;
- 6) аналогично смонтировать оставшиеся балки;
- 7) установить арматуру и опалубку стыков;
- 8) омонолиту стыки балок.



ПЛАН

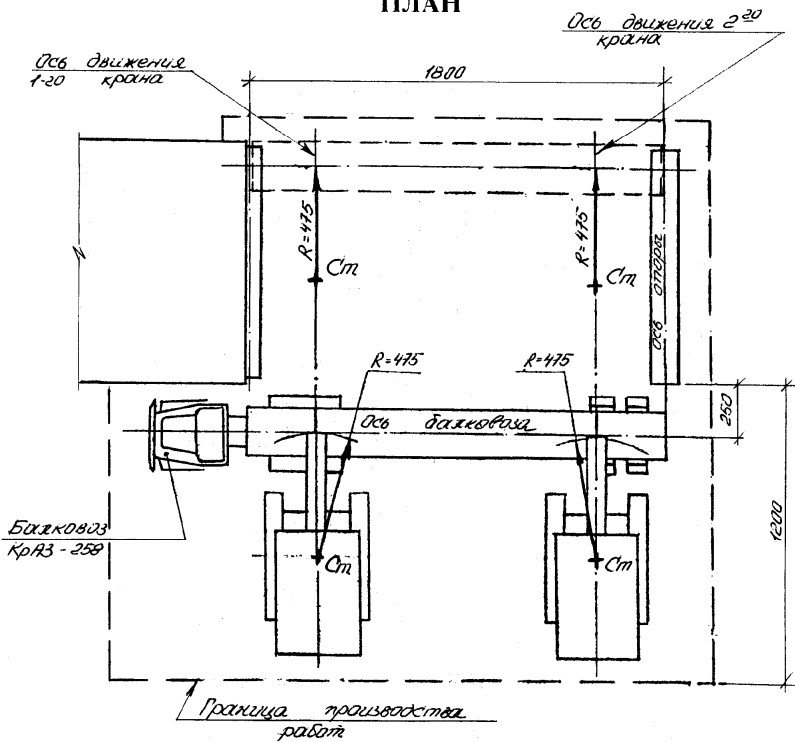


Рис. 17.2. Монтаж балок пролетного строения длиной 18 м «с колес» кранами РДК-250 (МКГ-25БР) с движением их в пролете

Допускаемые отклонения при монтаже пролетных строений:

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

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

Смонтированные пролетные строения перед загрузкой строительными и эксплуатационными нагрузками принимает комиссия. Результаты приемки оформляются актом.

Опорные части устанавливаются на опору либо до монтажа пролетного строения, либо совместно с пролетным строением.

Резиновые опорные части устанавливают на подферменники.

Полиуретановые опорные части должны устанавливать на подферменники насухо гребнями вверх или вниз с ориентацией перпендикулярно оси балки. При наличии неровностей более 3 мм и отклонении от плоскости поверхности подферменника допускается установка опорных частей на слой полимерраствора только гребнями вверх.

При выполнении монтажных работ заполняют акты на выполненные работы.

Тема 18. Установка балок козловыми кранами

Железобетонные пролетные строения многопролетных мостов и эстакад высотой до 15–20 м с пролетами до 33 м монтируют козловыми кранами. Необходимо учитывать, что срок монтажа козлового крана составляет 10–15 дней, однако он дает возможность установки балок на большую высоту в любое место по ширине между опорами крана.

Балки длиной до 21 м монтируют одним краном, а длиной 24 м и больше – двумя или одним с применением траверсы.

Тема 19. Установка балок консольно-шлюзовыми кранами

Кранами шлюзовыми мобильными называют комплекты специального оборудования, с использованием которого возможно подвезти балки со склада или снимать с транспортных средств и доставлять непосредственно к монтируемому пролету.

Широко применяют краны КШМ-35 (КШМ-40), грузоподъемностью 35 т (40 т), перевозимые с минимальной разборкой на элементы. И кран КШМ-63, грузоподъемностью 63 т.

Разберем пример монтажа балок краном КШМ-63. До начала монтажа выполняют организационно-подготовительные мероприятия. Перед началом монтажа выполняют следующие работы:

- сооружение опор;
- нанесение разметки местоположения балок на подферменниках;
- устройство подходов до проектной отметки;
- установка опорных частей;
- подготовка рабочих мест для сборки крана и монтажа балок;
- доставка необходимых монтажных приспособлений;
- проверки балок пролетного строения на соответствие паспортным данным, отсутствие повреждений, соответствие требованиям нормативных документов;
- нанесение на балки номера, веса монтажной марки, центра тяжести, места строповки, осевых и нивелировочных знаков;
- выполнение проверки съемных грузозахватных приспособлений на соответствие предъявляемым к ним требованиям; результаты должны быть занесены в «Журнал осмотра съемных грузозахватных приспособлений».

Монтаж балок пролетного строения краном КШМ-63 (рис. 19.1, 19.2) осуществляется в следующей последовательности:

- а) при монтаже балок крайнего пролета:
 - 1) разметка местоположения путей катания крана;
 - 2) сборка и установка крана в проектное положение;
 - 3) монтаж балок пролетного строения с закреплением;
- б) при монтаже балок среднего пролета:
 - 1) разметка местоположения путей катания крана;
 - 2) установка крана в монтируемом пролете;
 - 3) установка щитов проезда на смонтированном пролетном строении;
 - 4) монтаж балок пролетного строения с закреплением.

Монтаж балок пролетного строения краном КШМ-63 должен осуществляться с транспортных средств, например, на пневмоколесных тележках, входящих в комплект крана. Транспортные средства с подаваемыми под монтаж балками должны располагаться в зоне действия монтажного крана.



Рис. 19.1. Монтаж балок пролетного строения краном КШМ-63



Рис. 19.2. Подача и строповка балки монтируемого пролетного строения со смонтированного пролетного строения

Балки монтируют при наличии актов промежуточной приемки предшествующих монтажу работ и достижении бетоном опор 100 % проектной прочности.

При монтаже балок пролетного строения должен осуществляться геодезический контроль за их положением.

Перед окончательным закреплением установленных балок пролетного строения проверяют готовность стыков.

Расстроповка установленных балок допускается после их закрепления и сварки выпусков арматуры соседних балок через 4–5 стержней.

Пролетные строения перед загрузением строительными и эксплуатационными нагрузками принимаются комиссией с оформлением актов.

Тема 20. Омоноличивание балок пролетных строений. Устройство проезжей части

Балки пролетного строения омоноличивают по швам, связывая выпуски арматуры и бетонируя швы. Для бетонирования шва между балками снизу подвешивают щиты. Затем устраивают проезжую часть с бетонным сточным треугольником, укладывают тротуарные блоки и перила.

Тротуары и перила монтируют до или после устройства сточного треугольника. Блоки тротуаров укладывают на слой цементного раствора, а бортовые ребра дополнительно приваривают к закладным частям.

Водоотводные трубки вставляют в отверстия плиты проезжей части до устройства сточного треугольника.

В состав работ по устройству проезжей части с гидроизоляцией входят:

- 1) установка водоотводных трубок;
- 2) устройство деформационных швов;
- 3) устройство гидроизоляции;
- 4) устройство защитного слоя;
- 5) установка бордюрного камня;
- 6) укладка покрытия проезжей части и тротуаров.

Возле тротуарного блока изоляцию поднимают вверх и приклеивают к боковой поверхности бортика. При укладке гидроизоляции возле водоотводных трубок обязательно устраивают сточные уклоны к водоотводящему отверстию. Особенно тщательно нужно укладывать гидроизоляцию возле тротуарных блоков и бордюров.

В торцах пролетных строений устраивают деформационные швы.

По слою гидроизоляции укладывают защитный бетонный слой, усиленный арматурной сеткой.

Защитный слой укладывают под правило. Одновременно с устройством защитного слоя устанавливают бордюрный камень, выравнивая

его под проектные отметки клиньями. Поверх защитного бетонного слоя устраивают асфальтобетонное покрытие.

Тема 21. Монтаж пролетных строений продольной движжкой

Железобетонные блоки постоянной высоты собирают на подходе, на котором устраивают специальный металлический или железобетонный стенд длиной около 0,6–0,7 пролета, и надвигают на опоры. В процессе движжки пролетное строение наращивают с тыловой стороны. Возглавляет надвигаемое пролетное строение металлический аванбек длиной не менее половины пролета моста.

Каждое поперечное сечение сборного пролетного строения на разных стадиях движжки воспринимает усилия, которые по размерам и знаку не совпадают с расчетными значениями на стадии эксплуатации моста. Во избежание появления больших растягивающих напряжений в бетоне конструкцию до движжки обжимают временными монтажными пучками.

Продольную движжку железобетонных пролетных строений (рис. 21.1, 21.2) выполняют с применением устройств, снижающих трение и располагаемых на опорах. В состав накаточных устройств входят гидравлические домкраты на промежуточных опорах для подъема аванбека. Перемещения пролетного строения вдоль оси моста осуществляют с помощью горизонтально расположенных толкающих гидравлических домкратов с большим ходом поршня.



Рис. 21.1. Движка пролетного строения. Аванбек



Рис. 21.2. Обстройка опоры при движжке

Накаточное устройство на постоянных опорах для накатки аванбека выполнено в виде стального блока, установленного на выровненную поверхность опоры.

В отсеках стального блока накаточного приспособления установлены домкраты. В пределах надвигаемой части пролетного строения накаточные приспособления располагают на опорах. Стальной лист перемещают после подъема конструкции одним гидродомкратом грузоподъемностью 200 т. В процессе надвигки листы фторопласта изнашиваются, тогда их заменяют. Движение вперед обеспечивают с помощью гидравлических домкратов, установленных горизонтально на стенде.

С учетом перезарядки домкратов и поддомкрачивания конструкции на опорах скорость надвигки достигает 1,4 м/ч.

Тема 22. Продольная и поперечная перекатка пролетных строений

Продольная перекатка железобетонных пролетных строений как самостоятельный способ установки их на опоры применяется при сооружении балочно-неразрезных пролетных строений больших пролетов (рис. 22.1). Продольную и поперечную перекатки (передвижки) применяют также в сочетании с последующей перевозкой по воде крупных блоков на плавучих опорах. В этом случае перекаточные пути и поддерживающие их устройства-пирсы располагают на берегу в местах сборки и погрузки укрупненных монтажных элементов пролетного строения на плавучие средства.

Перекатку осуществляют как вдоль оси моста, так и параллельно ей с последующим перемещением конструкции в поперечном направлении.

При перекатке вдоль оси моста конструкцию собирают из монтажных блоков на насыпи подхода по возможности в уровне, несколько превышающем их проектное положение на оси моста. Это исключает последующую сложную работу по подъему тяжелых конструкций. Запас обычно принимают в пределах 20–30 см.

Конструкции перекатывают на монтажных тележках, на перекаточных каретках с катками или скольжением по фторопласту. Монтажные тележки применяют при относительно небольшом весе конструкции. При большой массе конструкции применяют стальные

катки, объединенные в каретку. При недостаточно ровной нижней поверхности часто каретки устраивают на верхнем накаточном пути из рельсов.

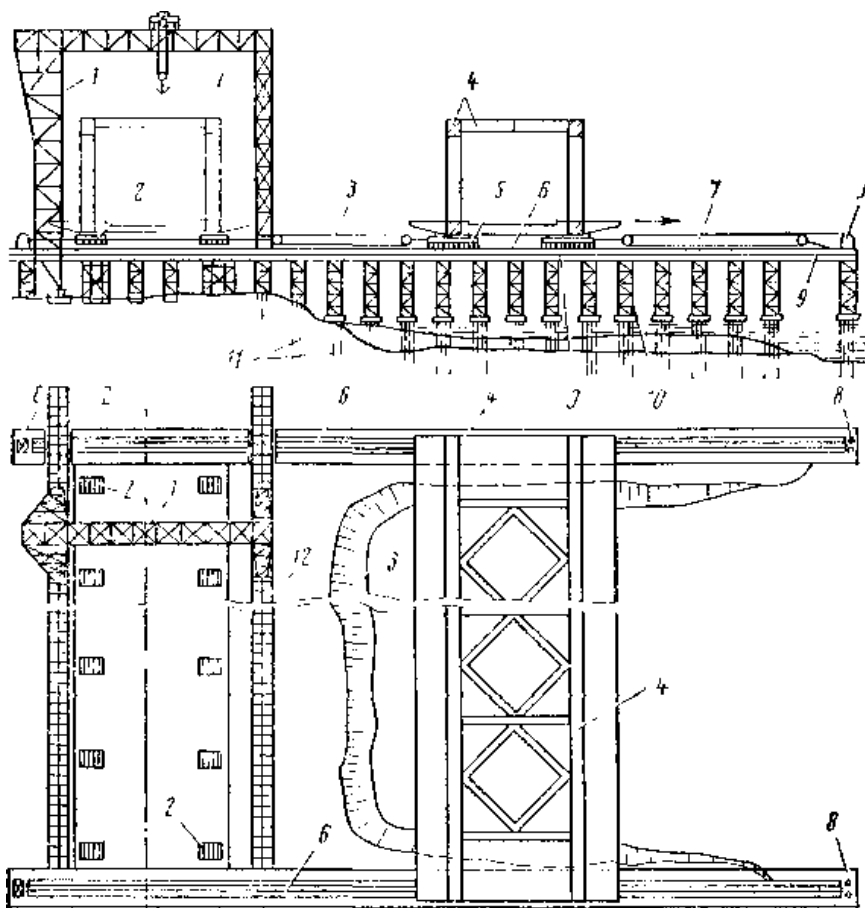


Рис. 22.1. Схема устройств для перекатки пролетных строений:

- 1 – козловой кран; 2 – клетки на сборочных подмостях;
- 3 – тормозной полиспаст; 4 – пролетное строение; 5 – перекаточная каретка;
- 6 – рельсовые пути; 7 – тяговый полиспаст; 8 – лебедки;
- 9 – прогоны эстакады; 10 – башни эстакады пирса; 11 – свайный ростверк;
- 12 – путь сборочного крана; 13 – ковш

Расположение перекаточных кареток, тележек и др. зависит от статической схемы пролетного строения. В необходимых случаях конструкции усиливают напрягаемыми пучками или тросами.

Для перекатки тяжелых железобетонных конструкций применяют стальные катки из ковальной стали диаметром 80–140 мм. Диаметр и число катков устанавливают расчетом. На накаточных рельсовых путях катки располагают строго перпендикулярно к оси пути с расстоянием между ними в свету не менее 100 мм. Перекосы катков выправляют ударами кувалд.

Конструкция накаточных путей должна обеспечивать плавное движение пролетных строений. Число рельсов, а также поперечных брусьев или шпал определяют расчетом. Стыки рельсовых ниток располагают в разбежку, а рельсы в стыках соединяют плоскими накладками. В пределах берега перекаточные пути укладывают на грунт или отсыпанную насыпь. Основание под путь должно быть хорошо уплотнено. Поверх грунта или насыпи укладывают балластную подушку толщиной 30–40 см из гравия, крупного песка или щебня. Рельсы накаточного пути укладывают на шпалы или на поперечные брусья. При перекатке особо тяжелых конструкций поверх балластного слоя устраивают железобетонную подушку, а шпалы втапливают в бетон.

При недостаточно плотных грунтах, а также в пределах реки перекаточные пути устраивают по выкаточным пирсам обычно в виде свайного ростверка. При высоком уровне перекатки на ростверке сооружают эстакаду с мощными продольными несущими конструкциями. Нагрузки, передаваемые на пирсы от железобетонных конструкций, бывают очень велики. Поэтому под пирсы забивают деревянные пакетные сваи, железобетонные оболочки или железобетонные сваи большой несущей способности. Ростверки устраивают железобетонными; толщину их определяют расчетом. Эстакадная конструкция монтируется из инвентарных элементов.

Стоимость пирсов очень высока ввиду большого расхода материалов и затрат труда на их устройство. Она составляет примерно 20–40 % от всех затрат на работы по монтажу. Для сокращения длины пирсов возле берегов устраивают углубление дна реки, называемое ковшом, которое позволяет подводить плавучие средства к берегу, тем самым значительно сократить длину выкаточных пирсов.

Тяговое усилие для движения тележек или кареток по накаточным путям создают системой лебедок и полиспастов. Лебедки уста-

навливают на берегу в начале пирсов или на передних речных площадках пирсов. Неподвижный блок полиспастов закрепляют на переднем конце пирса, а подвижный – на накаточной каретке или тележке. Со стороны берега устраивают тормозные полиспасты с лебедками, удерживающие передвигаемую конструкцию от самопроизвольного движения.

Тема 23. Перевозка конструкций пролетных строений на плашкоутах из понтонов

Пролетные строения, собранные на берегу, перевозят и устанавливают на опоры моста с помощью плавучей системы, состоящей из плашкоутов, оборудованных системой балластировки, лебедками, якорями и другими приспособлениями (рис. 23.1). С помощью плавучих средств перевозят железобетонные пролетные строения балочных, арочных и комбинированных систем, прибегают к этим способам, когда нельзя монтировать их навесным способом или невозможен монтаж в пролете на подмостях. К перевозке по воде прибегают также при необходимости ускорить постройку моста большой длины, для чего одновременно возводят опоры и собирают или бетонируют на берегу пролетные строения. В мостах с большим числом пролетов, сборка в стороне с последующей доставкой пролетных строений на плаву может оказаться наиболее экономичным решением.

Монтаж пролетных строений больших пролетов с перевозкой конструкций на плавучих опорах состоит из следующих технологических операций:

- 1) подготовительные работы;
- 2) сборка либо бетонирование на берегу отдельных крупных блоков и целых пролетных строений;
- 3) перекачка собранной конструкции по пирсам к месту погрузки на плавучие опоры;
- 4) погрузка и перевозка конструкции по воде к месту установки на опоры моста.

В подготовительные работы входят: устройство подмостей для сборки и бетонирования пролетных строений, пирсов для выкатки их к месту погрузки на плавучие опоры, плавучих опор для перевозки монтируемых конструкций, а также устройство ковшей, подготовка буксиров, якорных устройств и других приспособлений.

В период подготовительных работ составляют подробный план порядка и условий перевозки пролетных строений с учетом всех специфических местных особенностей, испытывают плавучие опоры и подготавливают на реке трассу для прохода плавучей системы. Подготовка трассы заключается в ее протравливании, ограждении вешками фарватера и при необходимости углублении дна. Минимальная глубина реки по всей трассе должна превышать максимальную осадку плавучих опор не менее чем на 0,4 м. Контур подводных выемок с проектной глубиной дна должен обеспечивать запас не менее 10 м от границы прохода плавучих средств.

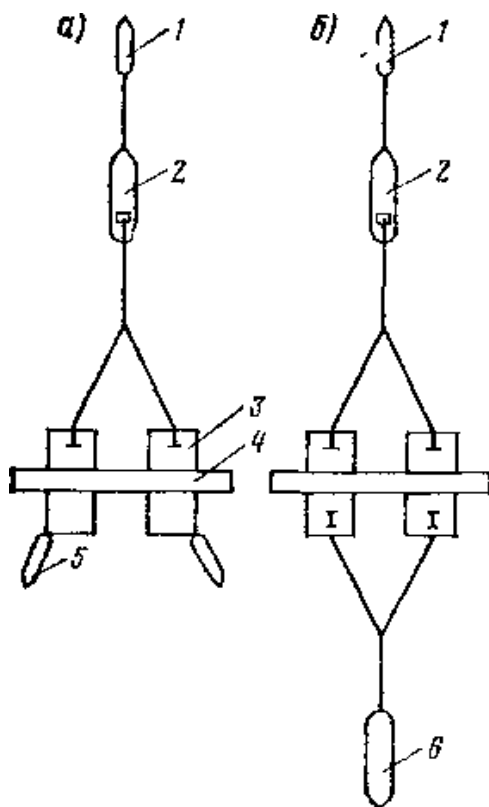


Рис. 23.1. Схема транспортирования плавучей системы:

1 – вспомогательный буксир; 2 – главный буксир; 3 – плашкоут из понтонов;
4 – пролетное строение; 5 – кормовые катера; 6 – кормовой буксир

Погрузка на плавучие опоры зависит от уровня перекатки сборной конструкции. Перекачивают конструкции, как в низком уровне, так и высоком, но близком к проектному, т. е. на 0,2–0,5 м выше. В первом случае для погрузки конструкций на плавучие опоры устраивают подъемники, во втором случае верх сборочных подмостей и перекаточных пирсов располагают на необходимой высоте, снимая конструкции с пирсов плавучими опорами без применения подъемников. Для этого опоры, состоящие из плашкоутов и закрепленных на них обстроек соответствующей высоты, подводят под пролетное строение, предварительно заполнив плашкоуты водным балластом, масса которого должна несколько превышать массу перевозимой конструкции. После удаления балласта осадка плашкоутов соответственно уменьшается и плавучие опоры, всплывая, поджимают снизу пролетное строение, тем самым снимая его с пирсов. Погруженное пролетное строение должно находиться в уровне, превышающем проектное положение, чтобы обеспечить беспрепятственный ввод конструкции в пролет и точную ее установку на постоянные опоры.

Сравнительно легкие конструкции, масса которых не превосходит 400–500 т (обычно это железобетонные балки разрезных пролетных строений длиной 42–63 м), погружают подъемниками. Более тяжелые конструкции собирают в высоком уровне и снимают с пирсов с помощью плавучих опор.

Погрузку пролетного строения на плавучие опоры и последующее транспортирование плавучей системы по воде нужно выполнять при спокойной, безветренной погоде, предпочтительно летом или осенью. Удобным временем суток для перевозки считается раннее утро. При незначительных морозах и тонком ледяном покрове возможно перевозить конструкции по воде, предварительно создавая свободный ото льда канал для движения плавучей системы по всей трассе.

Плавучие опоры вводят в зону погрузки при помощи лебедок и якорей, которые в дальнейшем используют и для вывода системы плавучих опор с закрепленным на них пролетным строением на свободный от пирсов участок реки.

Способ транспортировки плавучей системы зависит от ширины реки, интенсивности судоходства и расстояния до места установки пролетного строения. Для транспортирования применяют буксиры.

Точность монтажа доставленного пролетного строения на проектное место обеспечивают лебедками, установленными на плавучей системе. Тросы закрепляют как за якоря, опускаемые на дно выше и ниже оси моста по течению реки, так и за капитальные опоры моста. Для закрепления и перемещения плавучих систем применяют якоря различного вида: адмиралтейские металлические массой от 0,5 до 3 т и железобетонные якоря-присосы массой 5–15 т. Железобетонный якорь под влиянием натяжения зарывается в песчаное дно и хорошо удерживает плавучую систему. Опускают пролетное строение на постоянные опоры загрузкой водным балластом плашкоутов плавучей системы.

Схема транспортирования с указанием положения якорей и лебедок, с уточнением размеров и числа тросов должна быть заранее разработана и входить в состав проекта производства работ. Усилия в тяговых и удерживающих тросах определяют по нагрузкам от воздействия ветра и давления воды на плавучую систему.

Безопасность перевозки тяжелых конструкций на плавучих опорах зависит от погоды. Строительная организация должна иметь постоянную связь с гидрометеослужбой для получения прогнозов погоды, сведений о колебаниях уровня воды в реке, а также штормовых предупреждений. Не следует начинать работы при ветре более 2 баллов, а начатые в более тихую погоду работы при силе ветра свыше 4–5 баллов должны быть прекращены, и вся плавучая система надежно закреплена на якорях. На судоходных реках место работы должно быть ограждено сигналами, число и тип которых согласовывают с организациями речного флота.

Для устройства плавучих опор применяют плашкоуты, собранные из универсальных понтонов. Баржи экономически нецелесообразны для применения из-за необходимости их усиления и высокой стоимости аренды. Размеры плавучих средств должны обеспечивать грузоподъемность и устойчивость.

Обстройка плавучих опор состоит из нижнего жесткого ростверка и надстройки в виде продольно распределительных конструкций, обеспечивающих равномерную нагрузку по длине плашкоута.

Плашкоуты, собираемые из универсальных металлических понтонов, не требуют особого усиления, так как имеется возможность значительную часть усилий передавать непосредственно на понтоны, особенно если устанавливать понтоны широкой их стороной вертикально.

Конструктивные решения существенно уменьшают потребность в металле для надстроек плавучих опор.

Для подъема и опускания плавучей системы применяют водный балласт, который набирают перед снятием пролетных строений с пирсов и погрузкой их на плавучие опоры. Забалластированные плавучие опоры подводят под пролетные строения и после подклинивания опорных клеток удаляют из резервуаров водный балласт, поднимая перевозимую конструкцию. После перемещения плавучей системы в пролет балласт снова набирают, пролетное строение опускается на капитальные опоры, а плавучие опоры освобождаются.

Наполняют и удаляют водный балласт плавучих средств с помощью насосов. Герметично закрытая конструкция понтонов позволяет создавать водное балластирование плавучих опор более просто – с помощью сжатого воздуха. При понижении давления воздуха в понтоне вода постепенно заполняет понтон через эти отверстия.

Для точной установки в плане, раскрепления и перемещения плавучей системы на небольшие расстояния ее оборудуют лебедками. Для зачалки буксирных канатов плавучие опоры снабжают упряжными приборами, а для предотвращения сноса ветром при перемещении буксирами – аварийными якорями, обычно адмиралтейскими.

Тема 24. Транспортирование и складирование конструкций

Наиболее экономичным способом поставки строительных конструкций к месту выполнения строительно-монтажных работ являются железнодорожные перевозки. При отсутствии железнодорожных путей используют смешанный транспорт. Определенные ограничения на размеры конструкций накладывает необходимость соблюдения габаритов перевозки.

Технологические операции на складах при приемке конструкций:

- 1) проверка соответствия марок и числа заводским спецификациям;
- 2) выявление и выправление деформаций, возникших при перевозке;
- 3) очистка элементов от ржавчины и загрязнений;
- 4) обстройка элементов подмостями и страховочными приспособлениями.

Тема 25. Сборка стальных пролетных строений на сплошных подмостях

Стальные пролетные строения монтируют на сплошных подмостях, полунавесной и навесной сборках. Они различаются по схеме опирания. На сплошных подмостях пролетные строения со сквозными фермами опираются во всех узлах, сплошные главные балки – во всех монтажных стыках, при полунавесной сборке – в отдельных узлах и стыках, при навесной сборке – только в опорных узлах.

Сплошностенчатые пролетные строения собирают на сплошных подмостях путем последовательной установки в направлении сборки монтажных элементов главных балок и связей между ними, а коробчатые пролетные строения – также и элементов ортотропных плит.

Пролетные строения со сквозными главными фермами собирают на сплошных подмостях. При поэтапной сборке в первую очередь собирают нижние пояса ферм, проезжую часть и нижние связи, во вторую очередь – решетку, верхние пояса ферм и верхние связи (верховая сборка). При секционной сборке пролетное строение собирают целиком в пределах геометрически неизменяемой секции.

Сплошностенчатые пролетные строения, собирают козловыми кранами, жестконогими деррик-кранами или стреловыми полноповоротными кранами. Сквозные пролетные строения собирают, преимущественно, стреловыми полноповоротными кранами.

Тема 26. Монтаж сталежелезобетонных пролетных строений

Стальные балки сталежелезобетонных пролетных строений собирают в пролете или на берегу с последующей установкой в пролет (рис. 26.1).

Верхними продольными связями на стадии эксплуатации пролетного строения служит железобетонная плита, соответствующим образом соединенная с балками. На стадии монтажа отсутствуют или плита, или соединения между плитой и балками, и конструкция оказывается лишенной связей по верхнему поясу. Поэтому на время монтажа устраивают временные продольные связи или постоянные поперечные связи с учетом обеспечения устойчивости (по расчету).

Для монтажа плит на автодорожных мостах применяют пневмоколесные краны, перемещающиеся по укладываемым плитам, а на

железнодорожных могут быть применены также и железнодорожные краны, для которых по плитам укладывают временный железнодорожный путь.



Рис. 26.1. Монтаж сталежелезобетонного пролетного строения

Блоки сборных плит перед омоноличиванием должны быть выверены. Для фиксирования проектного положения блоков плиты применяют деревянные прокладки, среднюю толщину которых назначают по размеру проектного зазора между плитами и балками. Поскольку омоноличивать блоки плиты до прохода крана нецелесообразно, так как это привело бы к удлинению сроков монтажа, эту операцию выполняют после сборки плиты. При этом монтировать плиты проезжей части можно двумя различными способами.

По одному способу выверенные и установленные на деревянные прокладки блоки плиты поочередно поднимают краном при его обратном перемещении, на верхние пояса балок по длине поднятого блока укладывают бетонную смесь, и блок опускают. Затем окна над упорами и швы блоков плит заполняют бетонной смесью. Достоинства этого способа монтажа плит – возможность омоноличивания блоков плиты относительно жесткой бетонной смесью и простота ее укладки; недостатки – более продолжительная работа крана и некоторые нарушения положения блоков плит при укладке

на слой бетонной смеси. При другом способе монтажа плиты проезжей части кран после укладки всех блоков плиты на деревянные прокладки освобождается, а стыковые соединения омоноличивают, заливая бетонную смесь в швы через окна или инъецируя ее через специальные отверстия. Этот способ применяют наиболее часто. Омоноличивание стыковых соединений путем заливки сверху требует применения пластичных смесей, подвижность которых должна быть достаточной для заполнения шва между блоками плиты, а также между плитой и балкой в окнах над упорами. Из-за свойственных таким смесям повышенных деформаций усадки в бетоне омоноличивания возможно возникновение трещин, способствующих выкрашиванию бетона в период эксплуатации пролетного строения.

Более высокое качество соединений достигается при инъецировании, обеспечивающем возможность применения более жестких бетонных смесей и растворов. Хорошие результаты дает нагнетание с помощью сжатого воздуха.

Для установки в пролет стальных главных балок железнодорожных пролетных строений часто применяют те же железнодорожные консольные краны, что и для железобетонных балок. Краны эти можно успешно использовать и для монтажа плит. При этом на насыпи подхода предварительно собирают плиты, производят взаимную подгонку их блоков и закрепление к строповочной траверсе. Затем блок плит подают консольным краном в пролет и укладывают на верхние пояса балок, предварительно покрытые слоем раствора (или бетонной смеси).

При монтаже автодорожных пролетных строений элементы сборной железобетонной плиты можно использовать в качестве временных верхних продольных связей с целью повышения устойчивости стальных главных балок. Для этого элементы плиты закрепляют к главным балкам по ходу монтажа, применяя специальные монтажные соединения, не связанные с мокрыми процессами. Монтажное соединение, закрепляемое к типовой конструкции жесткого упора, состоит из стойки швеллерообразного поперечного сечения, закрепленной на сварке к ребрам упора. Стойку посредством соединительных листов также прикрепляют на сварке к закладным листам в плитах. Такое соединение препятствует взаимному повороту в плане главной балки и элемента плиты, а значит и потере устойчивости плоской формы изгиба балки, поскольку эта

потеря сопровождается взаимным поворотом. С другой стороны, наличие монтажного соединения данной конструкции не препятствует последующему омоноличиванию упоров в окнах железобетонной плиты. Для уменьшения расхода металла и объемов работ монтажные соединения с балками устраивают не в каждой плите, а через одну. В результате создаются связи безраскосной конструкции, а сжатые пояса балок с закрепленными плитами можно рассматривать в качестве составного рамного стержня.

Завершающая операция монтажа сталежелезобетонных пролетных строений – это регулирование напряжений в системе. Цель регулирования состоит в создании собственных (самоуравновешенных в поперечных сечениях) напряжений, исключающих или уменьшающих растягивающие усилия в железобетонной плите на надопорных участках конструкции и обеспечивающих снижение расхода металла.

Основные способы регулирования – вертикальные перемещения пролетных строений на капитальных опорах и натяжение высокопрочной арматуры в железобетонной плите.

Неразрезные трехпролетные сталежелезобетонные балки поднимают на средних (или опускают на крайних) опорах после монтажа железобетонной плиты, но до сварки арматуры и омоноличивания поперечных стыков сборных элементов плиты. После устройства стыков и приобретения бетоном омоноличивания проектной прочности балки опускают на средних (или поднимают на крайних) опорах, создавая тем самым в надопорных зонах плиты сжимающие напряжения.

Для подъема и опускания конструкций применяют гидравлические домкраты. Создание необходимых сжимающих усилий в плите достигается путем строгого соблюдения проектных прогибов пролетных строений при их подъеме и опускании, а также проектных опорных реакций. Реакции на всех стадиях регулирования измеряют по показаниям манометров домкратов.

Высокопрочную напрягаемую арматуру натягивают до или после объединения железобетонной плиты с балками. В первом случае напряжения, создаваемые усилиями в арматуре, возникают только в плите, а во втором – в объединенном сталежелезобетонном сечении. Конструкцию арматурных пучков и анкерных закреплений, а также виды натяжных домкратов и технологию натяжения назначают по их аналогии для предварительно напряженных железобетонных конструкций.

Тема 27. Строительство вантовых и висячих мостов

Строительство вантовых мостов производят по двум вариантам:

1) монтируют балки жесткости и пилоны, а затем навешивают ванты;

2) собирают балки жесткости в крайних пролетах и пилоны, после чего параллельно монтируют балки жесткости в среднем пролете и ванты.

В висячих мостах с воспринятым распором собирают балку жесткости, затем монтируют кабель и затем монтируют подвески. Последовательность монтажа висячих мостов распорной системы:

- 1) монтаж пилонов;
- 2) навешивание кабелей;
- 3) параллельная сборка элементов балки жесткости и подвесок.

Наиболее простой способ монтажа пилонов – установка кранами. Он возможен при невысоких пилонах до 25–30 м. Пилоны устанавливают плавучими кранами или жестконогими деррик-кранами. Пилоны большой высоты устанавливают подъемом и поворотом с помощью монтажной мачты. Пилон первоначально собирают в наклонном положении на балке жесткости с шарнирным соединением с опорой. Тяговый и тормозной полиспасты закрепляют к оголовку пилон; канат тягового полиспаста пропускают через верх монтажной мачты, присоединенной шарнирно к основанию пилон. Назначение монтажной мачты – увеличить начальный угол между пилоном и тяговым канатом и уменьшить тем самым усилия в тяговом полиспасте на начальной стадии подъема.

По варианту этого способа для поворота пилон нужны не полиспасты, а гидравлические домкраты, перемещающиеся по верхним поясам балок жесткости.

Усилие домкратов передается пилону через штангу, шарнирно соединенную с домкратным башмаком снизу и монтажными фасонками сверху. Реактивные усилия домкратов воспринимаются передвижными упорами.

Высокие пилоны монтируют с помощью ползучих кранов, работающих с площадок. Сборку очередных секций пилон и подъем площадок на следующую позицию ведут попеременно. Площадки жестко прикрепляют к пилонам на болтах или шарнирно. Для подъема площадок используют полиспасты или домкраты; во втором

случае поднимать можно с помощью лент подобно тому, как это делается при использовании ленточных фермоподъемников.

Ванты и кабели изготавливают из канатов спиральной свивки или из прядей с параллельными проволоками. При равных диаметрах и числе проволок канаты имеют несколько меньший (примерно на 15 %) модуль упругости и несколько меньшую (на 10–12 %) несущую способность, т. е. разрывное усилие, поэтому по затрате металла параллельные проволоки более экономичны.

В проволоках канатов при сворачивании их в бухты возникают значительно меньшие изгибные напряжения, чем в прядях из параллельных проволок, поскольку в первом случае проволоки периодически переходят из сжатой в растянутую зону сечения и наоборот. Ввиду этого диаметр бухт для прядей должен быть намного больше, чем для канатов, а это затрудняет перевозку бухт, выходящих за пределы габаритов погрузки на железнодорожном и автомобильном транспорте. Отсюда возникает необходимость изготавливать ванты из параллельных проволок целиком на строительстве, что более трудоемко в сравнении с заводским изготовлением канатов спиральной свивки. Трудоемкость же монтажа вант в обоих случаях примерно одинакова.

Канаты или отдельные проволоки последовательно протягивают от одного конца моста через пилоны к другому и придают соответствующее проектное очертание. Так как число перемещений при витых канатах значительно меньше, то сборка кабелей требует меньших затрат времени и оказывается менее трудоемкой, чем при прядях из параллельных проволок.

Однако в висячих мостах особо больших пролетов (свыше 700–800 м) необходимая длина канатов или готовых прядей, а также масса доставляемых с заводов бухт оказываются чрезмерно большими. Поэтому кабели таких мостов приходится монтировать на месте путем укладки отдельных проволок. Это обстоятельство служит причиной того, что в странах Европы, где висячие мосты имеют пролеты умеренные, применяют кабели из канатов, а в США и Англии при строительстве висячих мостов особо больших пролетов – кабели из укладываемых параллельно отдельных проволок.

Перед сборкой канаты вытягивают, размечают, режут, а их концы заделывают в муфты. Вытяжку, усилие которой контролируют по манометрам домкратных установок, повторяют 2–3 раза, обеспе-

чивая полную выборку остаточных деформаций и стабилизацию модуля упругости.

Монтаж ванты начинают с подъема краном ее верхнего конца и закрепления концевой муфты в анкерном устройстве пилона. Затем с помощью лебедки и вспомогательного каната, закрепленного у нижнего конца ванты, выбирают ее слабины, после чего заводят нижнюю муфту на анкерное закрепление.

Для перемещения канатов вдоль рабочих мостиков проводят тяговый канат. Тяговый канат подвешивают на роликах, прикрепленных к порталным рамам на пилонах и на мостиках, и приводят в движение с помощью лебедок.

Бухты с канатами надевают на вертушки, расположенные на одном берегу у места заделки кабеля. Концевую муфту устанавливаемого каната закрепляют к тяговому канату. При перемещении канат кабеля опирается на ролики, закрепленные на настиле рабочего мостика. По окончании перемещения каната кабеля его концевые муфты закрепляют в анкерных устройствах. Затем с помощью домкратов регулируют натяжение каната.

Для сборки («прядения») кабеля в пролете из отдельных проволок вдоль рабочего мостика располагают бесконечный тяговый канат, приводимый в движение специальными механизмами на берегах.

Собранный кабель обжимают, придавая ему круговое очертание. Места приложения обжимающих усилий располагают с интервалами около 1 м. Перед снятием обжимающих усилий кабель в каждом месте их приложения стягивают хомутами из полосовой стали. Законченный кабель обматывают плотно укладываемыми витками мягкой оцинкованной проволоки, после чего наносят антикоррозионную защиту.

Балки жесткости монтируют, устраивая в среднем пролете временные опоры или применяя навесную сборку.

По первой схеме балку жесткости собирают на насыпи подхода и надвигают в пролет. Из-за невысокой несущей способности балки временные опоры устраивают сравнительно часто. При достаточной глубине воды вместо продольной передвижки применяют монтаж на плавучих опорах. Балку жесткости размещают в уровне, на 1–1,5 м выше проектного. После монтажа вант балку опускают в проектный уровень.

При отсутствии вспомогательных опор в среднем пролете, балку жесткости в крайних пролетах собирают полунавесным способом

с помощью деррик-крана. Для уменьшения изгибающих моментов в балке над крайней вспомогательной опорой ее последний элемент можно устанавливать с помощью плавучего крана. После установки пилона начинают навесную сборку балки жесткости в среднем пролете. Консоль собирают до достижения в сечении балки жесткости по оси пилона предельного значения изгибающего момента. После этого монтируют первую пару вспомогательных вант.

По окончании монтажа балки жесткости монтируют основные ванты, а затем вспомогательные ванты плавно освобождают, передавая усилия на основные ванты с помощью домкратных установок в узлах крепления вант к балке жесткости.

Отказ от вспомогательных вант уменьшает расход металла, однако регулирование напряжений сильно усложняется. Кроме того, распределение усилий в вантах в стадии монтажа существенно отличается от стадии эксплуатации, поэтому отличаются и сечения вант, подбираемые по этим двум стадиям.

Балки жесткости безраспорных висячих мостов с кабелем, заделанным в балках, монтируют теми же способами, что и для вантовых мостов, т. е. с применением при сборке в среднем пролете вспомогательных опор или вант. После сборки балок навешивают кабель, причем наиболее простая технология в данном случае состоит в протягивании канатов по балке жесткости и подъеме готового кабеля на пилоны с помощью простейших кранов, установленных на ригелях пилонов. Для освобождения вспомогательных вант от усилий и плавной передачи постоянной нагрузки на кабель и балки используют домкратные установки в узлах крепления вант.

Наиболее простая технология сборки балок жесткости обеспечивается при монтаже висячих мостов распорной системы, когда монтажные элементы балок последовательно подвешивают к готовому кабелю.

В процессе сборки балки жесткости монтажные стыки между ее элементами устраивают обычно по временной шарнирной схеме, так как совмещение монтажных отверстий для устройства жестких стыков затруднено из-за значительных деформаций кабеля. К устройству жестких стыков приступают после завершения монтажа балок жесткости и выверки геометрической схемы пролетного строения посредством регулирования длин подвесок и загрузки отдельных участков балок балластом. В случае применения железобетонной

плиты проезжей части жесткие стыки во избежание появления трещин в плите приходится устраивать до ее бетонирования. Тогда передача постоянной нагрузки на канат моста обеспечивается посредством регулирования усилий натяжения подвесок с помощью полиспастов или домкратов. Балки жесткости собирают от пилонов симметрично в сторону среднего пролета и в сторону анкеров или же от середины среднего пролета и от анкеров к пилонам. Вторую схему применяют чаще; ее преимущество состоит в том, что деформации кабеля при приложении к нему нагрузки от веса последних элементов балок жесткости меньше, если место приложения нагрузок находится вблизи пилонов. Это, а также наличие жестких опор облегчает замыкание балок жесткости у пилонов в сравнении с их замыканием в середине пролета.

Для установки основных несущих элементов балок жесткости, собираемых на первом этапе, часто применяют грузовые тележки, перемещающиеся по канату подобно грузовым тележкам кабельных кранов. Ввиду большой несущей способности кабеля с тележек можно поднимать элементы (блоки) большой массы; для этого тележки оснащают полиспастом большой грузоподъемности. Монтажные элементы балок подают к месту установки по воде на плавучих средствах – этот вид транспорта обеспечивает перевозку конструкций значительной массы и габаритов. При данном методе сборки возможны подача и подъем балок крупными секциями массой до 200–300 т, что способствует повышению темпов сборки. Доставляемые с завода элементы укрупняют в монтажные секции на складе металла на берегу.

По другому методу стальные блоки жесткости распорного висячего моста собирают жестконогими деррик-кранами. Масса монтажных элементов при этом значительно меньше.

Поднятые полиспастами тележек или кранов монтажные элементы балок закрепляют к подвескам. Для последующих этапов сборки в наибольшей мере подходят стреловые полноповоротные краны (пневмоколесные или гусеничные) или же жестконогие деррик-краны.

В случаях, когда стыки балок устраивают жесткими сразу же по ходу сборки, балку жесткости на отдельных ее участках пригружают балластом для придания кабелю проектного очертания и обеспечения возможности замыкания стыков балки жесткости при установке последних монтажных элементов.

Ввиду отклонений от проектных размеров конструкции и расстояний между пилонами, а также вследствие некоторой неопределенности в модулях упругости канатов геометрическая схема висячего или вантового пролетного строения может иметь те или иные отклонения от проектной. Для устранения этих отклонений систему регулируют, изменяя с помощью подкладок уровень установки опорных частей на пилонах и длину подвесок.

Тема 28. Монтаж пролетных строений кранами

Стальные пролетные строения собирают из отдельных элементов вне пролета и устанавливают в проектное положение на опоры:

1) при необходимости сокращения срока строительства, если работы по возведению опор и монтажу пролетных строений ведут параллельно;

2) на реконструируемых мостах, когда продолжительность перебоев движения по мосту должна быть сведена к минимуму;

3) если из-за интенсивного судоходства исключается возможность устройства в русле реки вспомогательных сооружений для сборки пролетных строений;

4) в случае высокой стоимости вспомогательных сооружений в пролете, когда сборка пролетных строений на берегу с последующей доставкой в пролет оказывается более экономичной.

Для монтажа пролетных строений мостов применяют консольные железнодорожные краны. Схема монтажа таких металлических пролетных строений подобна схемам монтажа железобетонных.

Пролетные строения больших пролетов устанавливают отдельными блоками, применяя вспомогательные опоры и соединяя блоки поперечными стыками. Для установки на опоры пролетного строения или его отдельных главных балок могут быть использованы стреловые полноповоротные краны на железнодорожном, пневмоколесном или гусеничном ходу. Технология установки здесь такая же, что и для железобетонных балок, однако ввиду меньшей массы металлических балок их установка возможна с помощью кранов меньшей грузоподъемности.

Тема 29. Подъем и опускание пролетных строений. Установка на опорные части

Необходимость подъема пролетных строений возникает при реконструкции мостов, попадающих в зону подпора водохранилищ. Может оказаться целесообразной сборка пролетных строений в пониженном уровне с последующим подъемом до проектного уровня, например, при монтаже арочных пролетных строений с трехшарнирными или двухшарнирными арками. Необходимость опускания пролетных строений возникает после продольной надвижки их в повышенном уровне, при готовых устоях и насыпях подходов.

Ниже представлен механизм подъема и опускания пролетного строения с применением гидравлических домкратов и конструкция временного узла опирания (рис. 29.1).



Рис. 29.1. Устройства для подъема и опускания балок пролетного строения

Для подъема на небольшую высоту (до 3–5 м) используют гидравлические домкраты и деревянные клетки из брусьев или шпал. Домкраты устанавливают под опорными поперечными балками в местах, предусмотренных проектом, а клетки – под опорными узлами пролетного строения. Технология работ складывается из попеременных операций подъема пролетного строения на высоту хода поршня домкрата, наращивания клеток под опорными узлами, сбрасывания давления в гидросистеме домкратов и передачи веса пролетного строения на эти клетки, перезарядки домкратов и наращивания клеток под домкратами. При необходимости процесс подъема повторяют.

При большой высоте подъема пролетного строения деревянные клетки становятся неэффективными вследствие значительных (до

1,5 % высоты клеток) остаточных деформаций под нагрузкой. В отдельных случаях при повышении уровня установки пролетных строений на мосту вместо деревянных клеток на капитальных опорах устраивают клетки из железобетонных брусьев, которые затем остаются в бетоне опор, наращиваемых до требуемого уровня.

Тема 30. Состав и элементы строительных площадок

В состав строительной площадки входят:

- 1) административно-управленческие здания;
- 2) производственные здания и сооружения;
- 3) энергетические установки;
- 4) устройства водоснабжения;
- 5) подъездные пути;
- 6) внутривозрастные пути.

Для подачи на стройплощадку оборудования, материалов и конструкций устраивают железнодорожные, автомобильно-дорожные и водные подъездные пути. Как правило, отдельные виды материалов и конструкций и, в первую очередь, элементы заводского изготовления от предприятий-поставщиков отправляются по железной дороге. Наиболее удобна прямая подача материалов и конструкций железнодорожным транспортом, что возможно при наличии соответствующих подъездных путей. Используют и смешанный транспорт, доставляя грузы по железной дороге до ближайшей станции, а оттуда – автомобильным транспортом на стройплощадку; при этом возникает необходимость в перевалке грузов.

Значительная часть строительных грузов доставляется автомобильным транспортом, что определяет необходимость устройства подъездных автомобильных дорог. Ввиду значительных допускаемых продольных уклонов объемы земляных работ и общая стоимость подъездных автомобильных дорог оказываются, как правило, меньшими, чем железных дорог. Радиусы закруглений на автомобильных дорогах устанавливаются с учетом условий пропуска специальных транспортных средств для перевозки длинномерных элементов конструкций.

Водный транспорт используют главным образом для подачи местных строительных материалов, преимущественно заполнителей бетона. Размеры основных сооружений водного транспорта – причалов устанавливают в соответствии с размерами судов (барж).

Наиболее распространены автомобильный и водный внутрипостроечный виды транспорта. Внутрипостроечный железнодорожный транспорт широкой колеи применяют при наличии железнодорожных подъездных путей. В качестве средств локального транспорта распространены ленточные транспортеры.

Ниже представлены примеры складирования строительных материалов в подмостовой зоне и на пролетном строении (рис. 30.1, 30.2), а также организация внутрипостроечных путей (рис. 30.3).



Рис. 30.1. Складирование пиломатериалов на строительной площадке



Рис. 30.2. Складирование пиломатериала на пролетном строении



Рис. 30.3. Внутрипостроечные пути

Основными источниками электроэнергии для обеспечения строительства являются высоковольтные линии общего пользования. При их отсутствии применяют передвижные дизельные электростанции.

При проектировании теплоснабжения строительных площадок учитывают расход тепла на технологические нужды (тепловую обработку изготавливаемых элементов сборных железобетонных конструкций, обогрев тепляков, подогрев заполнителей для бетона и др.), а также на отопление административных зданий и бытовых помещений.

Бетонный узел – один из наиболее ответственных элементов строительной площадки. В состав бетонного узла входят склады цемента, склады заполнителей бетона и бетоносмесительные установки. Основным условием, учитываемым при проектировании бетонных узлов, является полная механизация работ по разгрузке цемента и заполнителей, их складированию и подаче в расходные бункера бетоносмесительной установки.

Цемент разных сортов, марок и партий хранят в отдельных емкостях склада.

Склады цемента могут быть комбинированной схемы, когда цемент разгружают с помощью пневмомеханических разгрузчиков или непосредственно из самосвалов в приемные бункера склада, а далее перемещают в силосы и бункера бетоносмесительной установки посредством пневмотранспорта.

Кольцевая схема склада наиболее удобна при подаче заполнителей автомобильным или водным транспортом. Для обслуживания таких складов применяют стационарно установленные жесткоконные деррик-краны со стрелами большой длины. Наиболее производительна работа крана на постоянном вылете, когда все операции (или их большая часть) выполняются только одним поворотом стрелы (в плане). Поэтому штабеля заполнителей располагают на одной окружности с центром, совпадающим с осью мачты. На этой же окружности находятся расходные бункера бетоносмесительной установки, в которые заполнители можно подавать краном без устройства транспортерной галереи.

При подаче заполнителей автомобилями-самосвалами в зоне действия крана находится разгрузочная площадка, откуда заполнители перемещаются в штабель. В случае подачи водным транспортом в зоне действия крана должна находиться баржа с заполнителями.

Линейную схему применяют при подаче заполнителей по железной дороге, когда фронт разгрузки вытянут вдоль железнодорожных путей. Для обслуживания склада в данном случае наиболее удобны козловые или полноповоротные железнодорожные краны, с помощью которых материалы разгружают с подвижного состава, укладывают в штабель и подают в приемные бункера транспортерных галерей или непосредственно в расходные бункера бетоносмесительных установок. Емкость складов заполнителей и цемента определяют исходя из 30-суточного запаса, увеличенного на коэффициент 1,5, учитывающий неравномерность потребления.

Бетоносмесительные установки обычно проектируют по высотной схеме с одноступенчатым подъемом материалов. Наиболее удобны инвентарные установки, собираемые из блоков, размеры которых обеспечивают возможность их перевозки железнодорожным и автомобильным транспортом. Заполнители подаются в расходные бункера ленточным транспортером, а цемент – пневмотранспортом. Из расходных бункеров материалы попадают в весовые дозаторы, затем в загрузочный бункер, а оттуда – в бетономешалку. Готовая бетонная смесь через раздаточный бункер поступает в транспортные средства.

Строительную площадку удобно располагать на одном из берегов, со стороны подачи строительных материалов и конструкций. При интенсивном судоходстве строительную площадку располагают на обоих берегах, причем обычно площадка со стороны подъездных

путей служит главной. На главной площадке располагают полигон сборных железобетонных конструкций, основной бетонный узел, основные склады материалов и конструкций, а также вспомогательные производства.

Распространено разделение строительных площадок на центральную (промышленную базу) и приобъектные. Цель создания базы – обеспечить строительные объекты сборными железобетонными конструкциями, не входящими в номенклатуру заводской поставки, снабжение товарным бетоном, централизованный ремонт мостостроительного оборудования, хранение оборудования и инвентарных конструкций. В состав базы входит полигон сборных железобетонных конструкций, бетонный узел, ремонтно-механические мастерские, склады и пр. Наличие постоянно действующих баз сокращает номенклатуру производственных сооружений и зданий, возводимых на приобъектных площадках, снижает трудоемкость и стоимость строительно-монтажных работ, сокращает сроки строительства. При строительстве мостов в условиях плотной городской застройки наличие базы сокращает потребность в свободных территориях для устройства приобъектных площадок.

Опасные места в зоне проведения работ должны быть надежно огорожены (рис. 30.4).



Рис. 30.4. Рабочая зона на пролетном строении

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бобриков, Б. В. Строительство мостов / Б. В. Бобриков, И. М. Русаков, А. А. Царьков. – М. : Транспорт, 1987. – 304 с.
2. Колоколов, Н. М. Строительство мостов / Н. М. Колоколов, Б. М. Вейнблат. – М. : Транспорт, 1984. – 504 с.
3. Глотов, И. М. Основания и фундаменты мостов : справочник / И. М. Глотов, Г. П. Соловьев, Н. С. Файнштейн. – М. : Транспорт, 1990. – 383 с.
4. Смирнов, В. Н. Строительство мостов и труб в суровых климатических условиях : учеб. пособие / В. Н. Смирнов [и др.]; под ред. В. Н. Смирнова. – М. : ФГБОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2014. – 294 с.
5. Рязанов, Ю. С. Строительство мостов. Временные вспомогательные сооружения и устройства : учеб. пособие / Ю. С. Рязанов. – Хабаровск : ДВГУПС, 2005. – 153 с.: ил.
6. Круглинский, А. В. Монтаж стальных пролетных строений мостов / А. В. Круглинский, В. К. Белый. – М. : Транспорт, 1978. – 393 с.
7. Соловьев, Г. П. Организация работ по строительству мостов / Г. П. Соловьев. – М. : Транспорт, 1978. – 336 с.
8. Указания по проектированию вспомогательных сооружений и устройств для строительства мостов : ВСН 136-78. – М. : ЦНИИС, Минстрой СССР, 1978. – 206 с.
9. Красный, Ю. М. Проектирование стройгенплана и организация строительной площадки / Ю. М. Красный. – Екатеринбург : УГТУ, 2000. – 148 с.
10. Рязанов, Ю. С. Строительство мостов. Временные вспомогательные сооружения и устройства / Ю. С. Рязанов. – Хабаровск : ДВГУПС, 2005. – 154 с.
11. Гречухин, В. А. Строительство мостов : пособие для студентов специальности 1-70 03 02 «Мосты, транспортные туннели и метрополитены» / В. А. Гречухин. – Минск : БНТУ, 2017. – 95 с.
12. Технологическая карта № 6/2013 на погружение свай сваебойной установкой СП-49 // Мин-во транспорта и коммуникаций Респ. Беларусь; Департамент «Белавтодор»; ОАО «Мостострой». – 2013. – 21 с.

13. Технологическая карта № 12/2013 на погружение свай копром СП-69 // Мин-во транспорта и коммуникаций Респ. Беларусь; Департамент «Белавтодор»; ОАО «Мостострой». – 2013. – 24 с.

14. Технологическая карта № 8/2013 на монтаж балок пролетного строения длиной 24 и 33 м краном КШМ-65 // Мин-во транспорта и коммуникаций Респ. Беларусь; Департамент «Белавтодор»; ОАО «Мостострой». – 2013. – 18 с.

Учебное издание

ГРЕЧУХИН Владимир Александрович
ШЕРМУХАМЕДОВ Улугбек Забишулаевич

СТРОИТЕЛЬСТВО МОСТОВ

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

Редактор *Н. А. Костешева*
Компьютерная верстка *Е. А. Беспанской*

Подписано в печать 22.02.2023. Формат 60×84 ¹/₁₆. Бумага офсетная. Ризография.
Усл. печ. л. 3,72. Уч.-изд. л. 3,01. Тираж 100. Заказ 664.

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.