

Белорусский национальный технический университет

**Факультет транспортных коммуникаций
Кафедра «Мосты и тоннели»**

Электронный учебно-методический комплекс
по учебной дисциплине

СТРОИТЕЛЬСТВО МОСТОВ

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

Составитель:

В.А. Гречухин

Рецензенты:

зав. кафедрой «Химическая технология вяжущих материалов» УО БГТУ,
кандидат технических наук, доцент А.А. Мечай;

начальник отдела искусственных сооружений Белорусской железной до-
роги, кандидат технических наук Черкасов Д.В.

Электронное учебно-методический комплекс предназначен для студен-
тов специальности 1-70 03 02 «Мосты, транспортные тоннели и метрополи-
тены».

Комплекс содержит данные о назначении и содержании дисциплины
«Строительство мостов». В процессе изучения дисциплины студенты получат
знания и умения необходимые для изучения современных инновационных
технологий транспортного строительства, для разработки и внедрения инно-
ваций в отрасли строительства мостов и умение использовать для обучения
современное оборудование, вычислительную технику и информационные тех-
нологии

Белорусский национальный технический университет
пр-т Независимости, 65, г. Минск, Республика Беларусь
Тел. (017) 265 96 77
E-mail: mit_ftk@bntu.by
<http://www.bntu.by>

© Гречухин В.А., 2021

© БНТУ, 2021

Перечень материалов

Учебно-методический комплекс состоит из взаимосвязанных основных методических материалов: конспекта лекций для студентов и списка литературы. В его состав также входят: рабочая программа, типовые вопросы, касающиеся изучения основ успешного освоения учебной программы и получения студентами знаний о технологиях транспортного строительства.

Предложенные материалы являются теоретической основой для решения практических задач, связанных с получением знаний по профильным дисциплинам.

Пояснительная записка

Цели ЭУМК

Цель ЭУМК заключается в подготовке студентов по специальности 1-70 03 02 «Мосты, транспортные тоннели и метрополитены» ознакомить студента с системой подготовки. Для этого в учебной программе предусматривается комплекс вопросов, касающихся ознакомления с системой обучения, получения студентами представления и навыков для усвоения дисциплин учебного плана.

Особенности структурирования и подачи учебного материала

ЭУМК включает учебные, научные и методические материалы по дисциплине «Строительство мостов». Состоит из четырех разделов: теоретического, практического, контроля знаний и литературы. В теоретический раздел входит краткий курс лекций по изучению дисциплины, материалы для выполнения практических занятий и примеры тем для выполнения курсового проекта. Раздел контроля знаний включает вопросы для подготовки к сдаче зачета и экзамена. Литература состоит из перечня нормативно-правовых актов по вопросам высшего образования в Республике Беларусь и список литературных источников.

Рекомендации по организации работы с ЭУМК

Электронный документ открывается в среде Windows на IBM PC – совместимом персональном компьютере стандартной конфигурации.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	8
ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ.....	10
КРАТКИЙ КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ.....	10
Тема 1. Исторический обзор и основные направления строительства.....	10
Тема 2. Индустриальные методы строительства	10
Тема 3. Классификация искусственных сооружений и основные принципы их строительства.....	13
Тема 4. Структура мостостроительных организаций.....	14
Тема 5. Основы производства строительного-монтажных работ.....	18
Тема 6. Вспомогательные инвентарные конструкции и сооружения. Типы инвентарных конструкций для строительства мостов. Схемы компоновки вспомогательных сооружений.	21
Тема 7. Геодезические работы при разбивке осей опор. Разбивка осей опор. Разбивочные и контрольно-измерительные работы.....	25
Тема 8. Сооружение котлованов в сухих и маловлажных грунтах. Перемычки и ограждения на местности покрытой водой. Закладное крепление. Понижение грунтовых вод и водоотлив	27
Тема 9. Шпунтовое ограждение. Погружение шпунта	30
Тема 10. Разработка грунта и водоотлив	31
Тема 11. Устройство фундаментов в котлованах	32
Тема 12. Сваи и способы их погружения.....	34
Тема 13. Фундаменты на железобетонных оболочках	51
Тема 14. Фундаменты на сваях и столбах с устройством уширения у основания.	56
Тема 15. Устройство фундаментов на опускных колодцах	59
Тема 16. Бетонные работы на строительстве сооружения и при изготовлении сборных конструкций	61
Тема 17. Арматурные работы	65
Тема 18. Опалубки и формы для изготовления мостовых конструкций.....	71
Тема 19. Сооружение монолитных опор	74
Тема 20. Бетонирование в скользящей опалубке.....	77

Тема 21. Особенности постройки опор в зимних условиях	80
Тема 22. Особенности постройки монолитных пролетных строений. Подмости и кружала.....	81
Тема 23. Устройство опалубки и установка арматуры	83
Тема 24. Бетонирование и раскружаливание пролетных строений.....	85
Тема 25. Навесное бетонирование пролетных строений	88
Тема 26. Бетонирование на перемещающихся подмостях	91
Тема 27. Основные способы изготовления сборных железобетонных мостовых конструкций	93
Тема 28. Предприятия для изготовления сборных конструкций	94
Тема 29. Основные положения монтажа сборных конструкций	103
Тема 30. Стыки сборных железобетонных конструкций.....	107
Тема 31. Монтаж опор малых мостов	110
Тема 32. Монтаж опор больших мостов	112
Тема 33. Монтаж балочно-разрезных и температурно-неразрезных пролетных строений стреловыми кранами	114
Тема 34. Установка балок козловыми кранами	119
Тема 35. Монтаж балок стреловыми кранами.....	120
Тема 36. Установка балок монтажными агрегатами	128
Тема 37. Примеры актов и журналов на строительные работы и их заполнение	132
Тема 38. Омоноличивание сборных балочно-разрезных пролетных строений. Устройство проезжей части	137
Тема 39. Монтаж балочно-неразрезных пролетных строений. Особенности способов монтажа конструкций	139
Тема 40. Сборка балочно-неразрезных пролетных строений на стационарных подмостях и временных опорах.....	139
Тема 41. Монтаж пролетных строений продольной движкой.....	141
Тема 42. Монтаж пролетных строений на перемещающихся подмостях	143
Тема 43. Инъецирование каналов составных конструкций.....	148
Тема 44. Монтаж железобетонных пролетных строений больших пролетов. Особенности навесного монтажа конструкций больших пролетов.....	151

Тема 45. Монтажные краны и агрегаты для навесной сборки	156
Тема 46. Технология навесной сборки пролетных строений	159
Тема 47. Сборка пролетных строений на подмостях	162
Тема 48. Продольная и поперечная перекавка пролетных строений.....	164
Тема 49. Перевозка конструкций пролетных строений на плавучих опорах	168
Тема 50. Изготовление конструкций стальных мостов. Сырье и продукция заводов стальных мостовых конструкций	174
Тема 51. Группы технологических операций и технологические схемы заводов	175
Тема 52. Подготовка металла.....	177
Тема 53. Сборка элементов сварных конструкций и устройство сварных соединений.....	183
Тема 54. Сварочные напряжения и деформации	195
Тема 55. Особенности сборки клепаных элементов и устройства заводских заклепочных и болтовых соединений	197
Тема 56. Образование отверстий для монтажных соединений элементов ...	199
Тема 57. Допускаемые отклонения размеров стальных конструкций.....	202
Тема 58. Монтаж стальных пролетных строений. Состав монтажных работ	203
Тема 59. Транспортирование и складирование конструкций.....	204
Тема 60. Технология устройства монтажных соединений	206
Тема 61. Соединение и усиление пролетных строений при монтаже	210
Тема 62. Сборка стальных пролетных строений. Сборка на сплошных подмостях.....	213
Тема 63. Полунавесная и навесная сборка	215
Тема 64. Особенности сборки сталежелезобетонных пролетных строений.	226
Тема 65. Сборка вантовых и висячих мостов.....	231
Тема 66. Установка пролетных строений в проектное положение. Установка кранами.....	238
Тема 67. Продольная и поперечная передвижка пролетных строений	239
Тема 68. Установка на опоры с плавучих средств.....	248

Тема 69. Подъем и опускание пролетных строений. Установка на опорные части.....	252
Тема 70. Постройка водопропускных труб. Перевозка элементов и устройство железобетонных труб.....	254
Тема 71. Изготовление конструкций и постройка металлических труб	259
Тема 72. Строительство деревянных мостов.....	262
Тема 73. Изготовление элементов деревянных конструкций.....	264
Тема 74. Постройка свайных и рамных опор	265
Тема 75. Постройка деревянных пролетных строений	266
Тема 76. Состав и элементы строительных площадок.....	267
Тема 77. Проектирование строительных площадок	272
Тема 78. Компоновка строительных площадок	273
Тема 79. Охрана окружающей среды	281
ПРАКТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ.....	282
ТРЕБОВАНИЯ К КУРСОВОМУ ПРОЕКТУ	282
КОНТРОЛЬ ЗНАНИЙ	318
ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.....	318
ЛИТЕРАТУРА	328

ВВЕДЕНИЕ

Мосты, трубы и другие искусственные сооружения, требуют конструктивной и технологической разработки при проектировании, а в процессе строительства организации работ и высококачественного выполнения.

В мостостроении широко применяют сборные железобетонные, сталежелезобетонные и стальные конструкции, изготавливаемые на промышленных предприятиях. Технический прогресс наблюдается в возведении разнообразных конструктивных систем, выполняемых с применением передовой технологии.

В курсе «Строительство мостов» отражен передовой опыт мостостроения и научно-исследовательских работ.

Электронный учебно-методический комплекс по учебной дисциплине «Строительство мостов» разработан в соответствии с требованиями образовательного стандарта высшего образования I степени по специальности 1-70 03 02 «Мосты, транспортные тоннели и метрополитены». Он предусматривает комплекс вопросов, касающихся ознакомления с системой обучения, получения студентами представления и навыков для усвоения дисциплин учебного плана.

Целью изучения учебной дисциплины «Строительство мостов» 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 принципами геодезической разбивки осей сооружения, основами проектирования вспомогательных сооружений, технологическими приемами изготовления сборных железобетонных конструкций мостов, типами инвентарных конструкций, применяемых при строительстве мостовых сооружений, особенностями монтажа сталежелезобетонных пролетных строений, монтажа стальных конструкций, способами монтажа пилонов и пролетных строений вантовых и висячих мостов, научатся разрабатывать проекты организации строительства и производства работ. Овладеют навыками расчета и подбор строп, траверс, закладных креплений ограждений, щитовой опалубки, проектировать вспомогательные сооружения. Овладеют на современном уровне новыми научными, производственными и организационными

[оглавление](#)

решениями в области строительства транспортных сооружений с использованием современных машин, механизмов и оборудования.

В задачи комплекса 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, применяемых 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 и вспомогательных сооружений, и конструкций;

- изучение и разработка передовых технологий возведения транспортных сооружений.

При написании электронного учебно-методического комплекса использованы материалы, изложенные в учебниках, учебных пособиях, методических указаниях, нормативных документах, научных статьях, материалах научно-практических конференций. Настоящий электронный учебно-методический комплекс отражает опыт преподавания, накопленный на кафедре «Мосты и тоннели» БНТУ.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

КРАТКИЙ КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ

Тема 1. Исторический обзор и основные направления строительства

Развитие технологии и организации строительства мостов и других искусственных сооружений связано с общим уровнем общественного производства.

До революции мостостроительная техника находилась на сравнительно высокой для своего времени ступени развития, но отличалась слабой механизацией работ. Опоры сооружали преимущественно из бутовой ручной кладки, а пролетные строения средних и больших мостов из металлических конструкций. Вручную выполняли плотничные, земляные, погрузочно-разгрузочные и другие работы.

В начале XIX столетия не было специализированных организаций с подготовленными кадрами, оборудованием и механизмами, не существовало мостовых заводов и баз. После окончания гражданской войны и завершения восстановительного периода созданы проектные и строительные мостовые организации. Это позволило совершенствовать имеющиеся и разрабатывать новые виды конструкций, а также сократить ручной труд за счет механизации работ и изготовления элементов конструкций на промышленных предприятиях.

В тот же период выявилась тенденция увязки конструктивных решений с технологией постройки. Высокое качество строительства искусственных сооружений с наименьшей стоимостью и малыми сроками возведения возможно только при хорошей организации работ, полной разработке конструктивных и технологических вопросов строительства.

Получил широкое внедрение бетон и железобетон, заменяя каменную кладку и металл.

Тема 2. Индустриальные методы строительства

Повышение уровня индустриализации связано с решением следующих задач:

- 1) применение сборных типовых железобетонных конструкций, разработанных на основе унификации и стандартизации их форм и размеров;
- 2) изготовление элементов сборных конструкций на промышленных предприятиях, заводах и полигонах;
- 3) монтаж сооружений высокомеханизированными приемами, с ограниченным количеством рабочей силы.

Применение типовых конструкций и технологических правил на строительстве малых и больших искусственных сооружений при стабильности типовых проектов – важнейшие условия дальнейшего технического прогресса.

При индустриализации основная роль принадлежит сборным железобетонным конструкциям опор и пролетных строений, с укладкой бетонной смеси в безарматурные конструкции. Развитие химии и производства синтетических смол и полимерных материалов открывает перспективы их использования в комбинированных конструкциях пролетных строений, для образования надежных соединений сборных элементов, а также пролетных строений малых и средних мостов.

Эффективность индустриализации зависит от степени типизации и унификации элементов сооружения. При разработке унифицированных проектов типовых мостов, необходимо установить основные геометрические параметры для пролетных строений, опор и труб. В пролетных строениях наиболее удобным параметром признана их полная длина, в опорах – высота от обреза фундамента до подферменной площадки, в трубах – размер и число очков в отверстии, а также высота насыпи. Длина пролетного строения в качестве основного конструктивного параметра позволяет установить унифицированную сетку размеров пролетных строений.

В качестве модуля для мостовых конструкций принят размер в 10 см, а для длины пролетных строений модуль 300 см, который позволил унифицировать размеры ребристых и плитно-ребристых пролетных строений, элементы тротуаров и перил, блоки плит проезжей части для разных типов и размеров пролетных строений.

На основе укрупненного модуля с 1962 г. установлена единая сетка длин пролетных строений для мостов. В унифицированных типовых пролетных строениях балочно-разрезной конструкции установлены следующие размеры полной длины балок: 6, 9, 12, 15, 18, 21, 24, 33 и 42 м. Унификация пролетных строений позволила существенно уменьшить число типоразмеров.

В больших мостах главным параметром считают полную длину конструкции пролетного строения и расстояние между осями опор. Модульная сетка основных размеров имеет вид: 42, 63, 84, 105 и 126 м. Для разных статических схем пролетных строений автодорожных и городских больших мостов полная длина пролетного строения, судоходных и боковых пролетов приняты по стандартной сетке также с модулем 300 см.

Одним из важнейших элементов индустриализации строительства, являются механизация и автоматизация всех производственных процессов. Различают две стадии механизации – частичную и комплексную. При первой с

помощью машин выполняют лишь отдельные виды работ, сохраняя в известной мере ручной труд. Комплексная механизация предусматривает выполнение всех технологически взаимосвязанных процессов группой машин, с комплектом механизированного инструмента.

Высшая степень комплексной механизации – автоматизация производственных процессов, которая развивается в направлениях:

- 1) конструирования и расчета сооружений, а также управления строительными работами с использованием компьютеров;
- 2) производственных процессов на предприятиях, изготавливающих мостовые конструкции и их детали;
- 3) отдельных производственных процессов, выполняемых на строительных площадках.

Для механизации работ по строительству мостов требуются разнохарактерные машины и строительно-монтажное оборудование. В состав комплекта основных механизмов обычно входят:

- 1) краны для погрузочно-разгрузочных работ;
- 2) средства для перевозки оборудования, строительных материалов и элементов сборных конструкций;
- 3) оборудование и механизмы для устройства фундаментов опор, сваебойные и вибрационные агрегаты, экскаваторы, бульдозеры, водоотливные средства, пневматическое оборудование;
- 4) инвентарное оборудование в виде подмостей, плавучих средств;
- 5) краны и монтажные агрегаты для установки элементов сборных конструкций в проектное положение;
- 6) гидравлические домкраты и другое оборудование для натяжения напрягаемой высокопрочной арматуры;
- 7) оборудование для электросварки металлоконструкций и установке высокопрочных болтов в стыковых соединениях, а также для устройства гидроизоляции, окраски элементов конструкций и т. п.

В мостостроении применяют следующие машины и оборудование:

- общестроительные: экскаваторы, самоходные краны, тракторы, автомобили, катера, бульдозеры, лебедки, передвижные электростанции, компрессоры, свайные молоты, копры и т. д.;
- специализированные: консольные и консольно-шлюзовые краны, передвижные подмости, вибропогрузатели, лебедки, домкраты большой грузоподъемности, инвентарные вспомогательные конструкции, понтоны и т. д.

Специфическая особенность мостовых конструкций – их большие размеры и сложные формы. В Республике Беларусь сборные железобетонные мостовые конструкции изготавливают на МЖБК г. Фаниполь.



Ознакомиться с заводом можно по ссылке <https://zgbmk.by/>.

Рентабельна доставка унифицированных предварительно напряженных балок-блоков пролетных строений по железной дороге с последующей доставкой на строительные площадки автотранспортом на расстояние до 15–20 км.

Тема 3. Классификация искусственных сооружений и основные принципы их строительства

В зависимости от размеров и сложности конструкций принято условное разделение искусственных сооружений по технологическим и организационным признакам их строительства на четыре группы: малые, средние, большие и внеклассные.

К малым сооружениям относят мосты длиной до 25 м. Строят малые мосты и трубы типовыми, силами специализированных организаций.

К средним сооружениям относят мосты и путепроводы длиной до 100 м. Как правило, их строят, специализированные организации, используя типовые проекты унифицированных конструкций и обязательные технологические правила их возведения.

К большим сооружениям относят мосты длиной свыше 100 м или длиной менее 100 м, но с пролетом свыше 60 м.

Строительство большого числа малых искусственных сооружений выполняют специализированные мостостроительные управления, входящие в состав ОАО «Мостострой».

Процесс строительства контролируется и документируется. Важная роль в составе технической документации отводится актам на скрытые работы, т. е. на работы (устройство фундаментов опор, армирование конструкций, устройство изоляции и т. п.), качество которых не может быть проконтролировано в дальнейшем, например, при сдаче готового сооружения в эксплуатацию.

Приемка сооружений в эксплуатацию включает операции освидетельствования, изучение документации, испытание временной нагрузкой, близкой по своей интенсивности к расчетным нагрузкам, принятым в проекте сооружения.

Строительство мостов и других искусственных сооружений состоит из четырех основных этапов:

Оформление и утверждение проектно-технической и сметной документации. Определение строительно-монтажных организаций, решение вопросов, связанных с обеспечением материалами, сборными конструкциями и деталями, инвентарным оборудованием и механизмами, разработка и утверждение рабочих чертежей конструкций и проектов производства работ (ППР).

Подготовительные работы. В эти работы по устройству строительной площадки, устанавливаемые ПОС и ППР, входят: отвод территории для строительства; устройство подъездных путей; снос зданий и сооружений, расположенных в пределах строительной площадки; рубка леса; приемка геодезической основы; разбивка и закрепление осей сооружения и отдельных опор; устройство складов; завоз и монтаж оборудования, временных производственных и жилых зданий; получение от районных заводов (полигонов) и складирование элементов сборных конструкций и деталей.

Основные работы, выполняемые согласно утвержденному проекту сооружений и ППР. Они включают: устройство фундаментов; сборку или бетонирование опор; монтаж пролетных строений; отсыпку и укрепление откосов земляного полотна подходов и регуляционных сооружений; установку перил, а также осветительных и сигнальных устройств; укладку дорожного покрытия; отделку и окраску поверхностей сооружения и т. д. Последовательность и технология производства работ устанавливается в ППР.

Заключительная часть строительства. В этот период сдают сооружения в эксплуатацию, убирают оборудование, разбирают подмости, временные эстакады, причалы, производственные сооружения, приводят в порядок инвентарное имущество и механизмы, извлекают из грунта металлический шпунт, ликвидируют строительную площадку, оформляют документацию и т. п.

В настоящее время ОАО «Мостострой» проводит **on-line трансляции** со своих строящихся объектов.

Тема 4. Структура мостостроительных организаций

Искусственные сооружения на дорогах строят специализированные организации, входящие в состав Холдинга «Белавтодор». На мостостроительные организации возложено строительство больших, внеклассных и большинство средних, городских и автодорожных мостов, путепроводов и эстакад на

[оглавление](#)

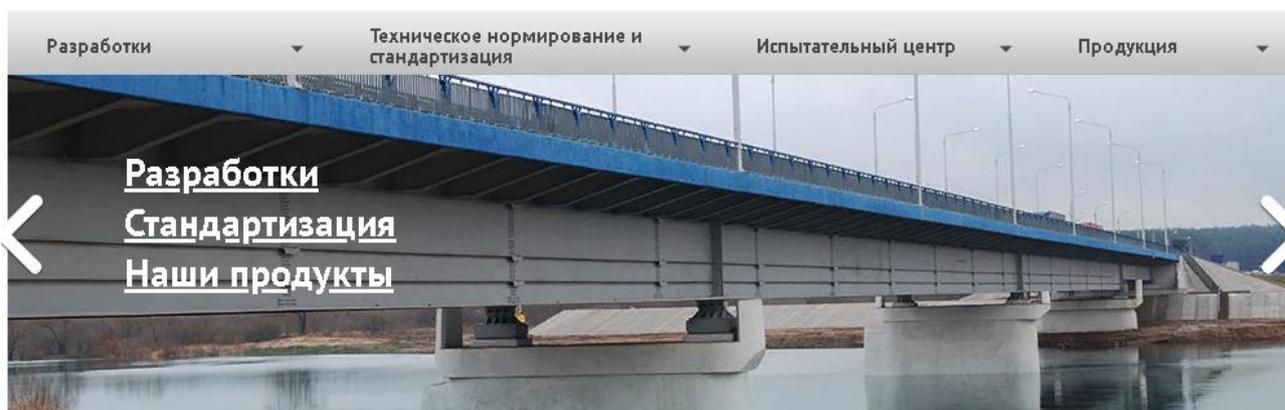
автодорогах I–III категорий, а также железнодорожных мостов. Реконструкцию и усиление мостов на действующей сети железных дорог, помимо линейных организаций, производят эксплуатационно-строительные мостовые организации МПС.

Значительный объем работ по возведению малых мостов и водопропускных труб на дорогах республиканского и местного значения выполняют мостостроительные управления. На подъездных дорогах, а также на дорогах IV и V категорий малые и средние мосты и водопропускные трубы в некоторых случаях строят организации других министерств и ведомств.

В Холдинге Белавтодор имеется специализированная проектная организация Белгипродор и ее филиалы, занятые проектированием больших и внеклассных мостов и разработкой типовых проектов всех видов искусственных сооружений. Научно-исследовательские работы по мостам, разработку новых конструктивно-технологических решений выполняет специализированный научно-исследовательский институт БелдорНИИ (<http://www.beldornii.by/>)



Белорусский дорожный научно-исследовательский институт "БелдорНИИ"

 Поиск

и кафедры «Мосты и тоннели» БНТУ (<http://www.bntu.by/ftk-mit/item/ftk-mit.html>).



ФАКУЛЬТЕТЫ

ФАКУЛЬТЕТ ТРАНСПОРТНЫХ КОММУНИКАЦИЙ

Кафедра "Мосты и тоннели"

Адрес: 220114 г. Минск, просп. Независимости, 146 а.

Спорткомплекс

Зав. кафедрой тел. (017) 268-63-03

Кафедра тел. (017) 369-94-77, (017) 265-96-77

e-mail: ftk@bntu.by

mit ftk@bntu.by



День открыток дверей Презентация

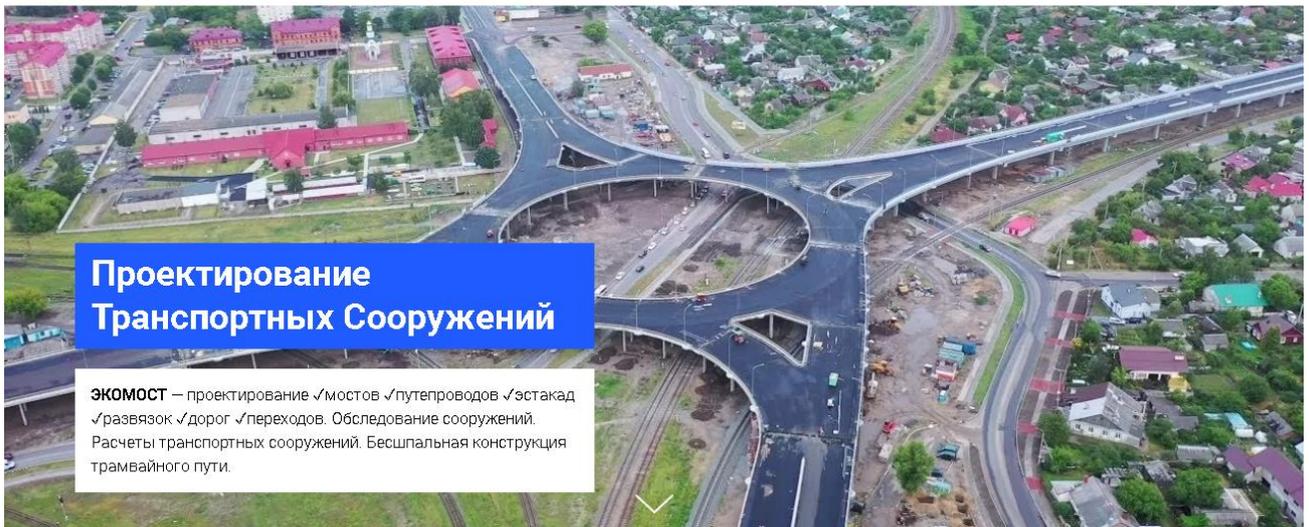
Абитуриентам, студентам, магистрантам



Выпускаемые БелдорНИИ, кафедрой «Мосты и тоннели» БНТУ,

The screenshot shows the website for the State Enterprise "БЕЛГИПРОДОР". The header includes the company logo, name, and address: "Республика Беларусь, 210012, г. Минск, ул. Сурганова, 28". It also lists operating hours: "с 8:30 до 17:30, ПТ с 8:30 до 16:15, СБ, ВС: выходной". There are search bars for "Поиск на сайте" and "Поиск в Google", and buttons for "Телефон приемной" and "Обращения". The main navigation menu includes: "ПРЕДПРИЯТИЕ", "ВИДЫ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ", "ПРОЕКТЫ", "ОБЪЕКТЫ", "ГАЛЕРЕЯ", "НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ РАЗРАБОТКИ", "НОВОСТИ", "ПАРТНЕРЫ", and "КОНТАКТЫ". The main content area features a large image of a modern highway interchange at night.

Белгипродором (<https://belgiprodor.by/>)



Проектирование Транспортных Сооружений

ЭКОМОСТ — проектирование ✓ мостов ✓ путепроводов ✓ эстакад
✓ развязок ✓ дорог ✓ переходов. Обследование сооружений.
Расчеты транспортных сооружений. Бесплатная конструкция
трамвайного пути.

и ООО «Экомост» (<https://ekomost.by/>)

новые конструктивно-технологические решения, нормативы и типовые проекты, обеспечивающие проведение единой технической политики в мостостроении, широко используются строительными организациями.

Подготовка высокопрофессиональных кадров для научно-исследовательских, проектных и мостостроительных организаций проводится, в основном, кафедрой «Мосты и тоннели» Белорусского национального технического университета.

ОАО «Мостострой» включает в себя 7 мостостроительных управлений, работающих на территории 6 областей:



БЕЛАВТОДОР • ОАО «МОСТОСТРОЙ»

Версия сайта для слабовидящих



Ознакомиться со структурой ОАО «Мостострой» можно на сайте <http://mostostroy.by/> .

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;

Структуру ОАО «Мостострой» можно посмотреть по ссылке <http://mostostroy.by/>

Управление строительством мостов обеспечивается по трехступенчатой схеме: холдинг «Белавтодор», ОАО «Мостострой» и мостостроительные управления.

Основные производственно-хозяйственные организации – территориальные специализированные мостостроительные управления (МСУ). На ОАО «Мостострой» возложена роль координирующего органа, увязывающего деятельность собственных и внешних организаций, а также вся полнота ответственности за выполнение установленных планов строительства объектов и ввода их в эксплуатацию. Проекты производства работ по объектам треста разрабатываются специальным отделом.

В целях совершенствования управления работами, выполняемыми специализированными организациями, применяется система централизованного оперативного руководства с помощью средств связи и диспетчерского дистанционного учета и контроля.

Тема 5. Основы производства строительного-монтажных работ

Состав проектов организации и производства работ

Система нормативных документов по строительству мостов и ее значение в обеспечении требуемого качества и эксплуатационной надежности сооружений.

Понятия о проектах организации строительства и производства работ. Составы проектов. Вариантное проектирование производства работ. Основы технико-экономического сравнения вариантов, расчет ресурсов. Габариты погружки элементов конструкций, перевозимых автомобильным, железнодорожным транспортом. Учет подмостовых габаритов и габаритов приближения конструкции при проектировании производства работ.

[оглавление](#)

Проекты сложных мостовых сооружений разрабатывают и оформляют в две стадии – проект со сводным сметным расчетом стоимости и рабочая документация. В состав такого проекта, содержащего основные решения по мостовому переходу и его элементам, входит также проект организации строительства моста (ПОС).

К числу основных задач, решаемых при составлении ПОС, относятся:

1) определение потребности и сроков использования основного строительного-монтажного оборудования, инвентарных конструкций и транспортных средств;

2) определение источников снабжения строительства материалами и конструкциями заводского изготовления, а также источников энерго- и водоснабжения;

3) установление рациональных транспортных связей строительства с поставщиками материалов и элементов конструкции. Необходимые данные получают с учетом материалов предварительных изысканий, на основании разрабатываемых в составе ПОС технологических схем возведения опор и пролетных строений, а также строительных генеральных планов (планов стройплощадок), содержащих схемы расположения коммуникаций, временных зданий, сооружений и обустройств.

Важнейшую часть ПОС представляет календарный график строительства, его разрабатывают с учетом нормативных сроков строительства, установленных с учетом типов и размеров сооружений. На основании календарного графика составляют графики движения строительных машин и графики поставки материалов и конструкций. Помимо этого, определяют необходимую численность рабочего и инженерно-технического персонала, а также соответствующие объемы жилищного и культурно-бытового строительства.

Для определения сметной стоимости строительства на основании проекта организации работ составляют сводную смету, представляющую собой составную часть технического проекта.

Проект производства работ (ППР) выполняют после или по мере составления рабочих чертежей конструкции основного сооружения. Так как на этой стадии строительные работы объекта оказываются уже развернутыми, то обычно здесь уточняют, а если это целесообразно, то и изменяют, а также детализируют ряд положений ПОС, например, технологические схемы, планы стройплощадок, календарные планы и ведомости оборудования. Вторая задача ППР – разработка конструкций вспомогательных сооружений и устройств (подмостей, кружал, пирсов, эстакад, перемычек и т. п.), необходимых для возведения основных сооружений на данном объекте.

Основные элементы ППР:

- 1) общие (генеральные) схемы производства работ;
- 2) детальные технологические схемы возведения отдельных частей моста;
- 3) проекты конструкций вспомогательных сооружений и устройств для производства работ;
- 4) схемы перевозки конструкций и материалов;
- 5) ведомости строительного оборудования, механизмов и инвентарных конструкций;
- 6) ведомости расхода материалов на вспомогательные сооружения.

Проекты менее сложных сооружений, составляемые, в частности, путем привязки типовых решений их конструкций к местным условиям, выполняют обычно в одну стадию. В этих случаях при разработке ПОС и ППР используют типовые проекты производства работ и типовые технологические карты. В условиях линейного строительства мостов и труб ПОС и ППР разрабатывают на группу сооружений, предусматривая поточное ведение работ специализированными бригадами.

Составную часть ППР представляют разработки конструктивного, технологического и санитарно-гигиенического характера, направленные на обеспечение техники безопасности, облегчение труда рабочих и исключение случаев заболевания на производстве.

Проектные работы при составлении ПОС в целом, а при составлении ППР в части разработки сложных вспомогательных сооружений и устройств оплачиваются за счет средств на строительство объекта (за счет капитальных вложений). Остальные элементы ППР разрабатываются за счет накладных расходов строительных организаций. Для составления ПОС и ППР привлекаются, как правило, специализированные организации.

Общие положения проектирования

Методы производства работ, типы конструкций вспомогательных сооружений и устройств, а также номенклатуру строительного оборудования выбирают на основании технико-экономического сравнения вариантов, разработанных с учетом особенностей мостовых сооружений, природных условий, вида и расположения подъездных путей, места строительной площадки, характера судоходства и других факторов, определяющих условия строительства. Варианты сравнивают по основным показателям стоимости строительства и трудоемкости работ с учетом экономии от сокращения продолжительности строительства.

Технологические и конструктивные решения проекта сопровождаются расчетами несущей способности и деформаций, возводимых основных и

вспомогательных сооружений при действии строительных нагрузок. Поскольку схема основного сооружения по мере его возведения изменяется, расчет производят для различных этапов его строительства.

При составлении проекта производства работ учитывают ограничения, определяемые существующей системой габаритов.

От габаритных размеров при транспортировке зависят размеры конструкций и элементов, вопрос о характере членения изготавливаемых на заводах сборных конструкций, технологии изготовления конструкций, методов их монтажа, типов монтажного оборудования и т. п.

При проектировании вспомогательных сооружений и устройств, учитывают габариты приближения конструкции мостов. На строительстве мостов через судоходные и сплавные реки расположение вспомогательных сооружений и устройств в русле необходимо увязывать с подмостовыми габаритами. Однако в ряде случаев на период строительства по согласованию с местными организациями речного флота идут на некоторое стеснение габаритов.

На судоходных реках, а также на несудоходных участках русел судоходных рек необходимо выдерживать минимальный просвет, равный 70 см от рабочего уровня воды до низа прогонов подмостей, эстакад, кружал и других конструкций подобного типа. Верх шпунтовых ограждений, островков, временных насыпей в русле назначают на 70 см выше рабочего уровня воды.

Тема 6. Вспомогательные инвентарные конструкции и сооружения. Типы инвентарных конструкций для строительства мостов. Схемы компоновки вспомогательных сооружений.

Типы инвентарных конструкций

Инвентарные конструкции изготавливают преимущественно из стали в виде комплектов элементов, используя которые можно собирать вспомогательные сооружения – подмости, пирсы и т.д. Хранят инвентарные конструкции на центральных базах, откуда направляют в строительные организации.

Комплекты УИКМ содержат стержневые элементы, для решетчатых надстроек опор, ферм и других сквозных конструкций, а также балочные элементы, применяемые для балочных ростверков и прогонов.

Универсальные инвентарные конструкции для мостостроения (УИКМ) применяют для устройства вспомогательных сооружений различного назначения подмостей, подкрановых эстакад, надстроек вспомогательных, в том числе плавучих опор и т.п. Плашкоуты плавучих опор для перевозки пролетных строений, а также комплект стержневых элементов обеспечивает возможность сборки пространственных решетчатых конструкций произвольной схемы, при расположении узлов по сетке 2×2 м.



Рисунок 1 – Временная опора для крана КШМ из инвентарных конструкций



Рисунок 2 – Временная опора из инвентарных конструкций

[оглавление](#)

Конструкции из стержневых элементов УИКМ рассчитывают, как шарнирные. 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.

Диафрагмы служат для объединения отдельных двутавровых балок № 55 в двух- или многоступенчатые пакеты с расстоянием между осями балок 200 мм.

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

Мостовые инвентарные конструкции (МИК)

Анализ опыта использования УИКМ показал, что решетчатые системы применяются преимущественно в виде вспомогательных опор. На этой основе разработаны мостовые инвентарные конструкции МИК. Комплект МИК содержит стоечные (МИК-С) и пакетные (МИК-П) конструкции.

По схемам компоновки вспомогательных сооружений МИК-С подобны УИКМ – расстояния между центрами узлов по горизонтальным и вертикальным направлениям равны 2 м. При необходимости повышения несущей способности опор помимо основных 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.

Из элементов собирают временную опору размером в плане 2,0×2,0 м. Отдельные временные опоры соединяют между собой в продольном и поперечном направлении с помощью раскосов и распорок с образованием пространственных конструкций неограниченного размера для трех расстояний между башнями 2, 4, 6 м.

Инвентарные пакетные конструкции МИК-П применяют для устройства прогонов подкрановых эстакад, временных (рабочих) мостов, пирсов и других сооружений, а также балочных распределительных конструкций плавучих и перекаточных опор. МИК-П можно применять совместно с МИК-С или УИКМ. Основные элементы конструкций МИК-П – сварные двутавровые балки высотой 550 и 1040 мм при длине 8000 и 11920 мм.

Инвентарные понтоны

Инвентарные понтоны типа КС используют в качестве элементов плавучих средств различного назначения и элементов перемычек при сооружении мостовых опор.

Понтон типа КС представляет собой стальную прямоугольную коробку с размерами сторон 1,8×3,6×7,2 м. При объединении в плашкоут понтоны соединяют болтами.

Фундаменты вспомогательных сооружений – подмостей, опор для полунавесной сборки и перекатки, пирсов и т.п. устраивают на лежнях или сваях.

Лежневый фундамент под вспомогательную опору из УИКМ может быть выполнен в виде сплошного ряда брусьев или бревен, опиленных на два канта, с передачей нагрузки от стоек решетчатой надстройки опоры на лежни через инвентарные распределительные балки из двутавра № 55.

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

Наиболее просты фундаменты на деревянных сваях. Поскольку с увеличением свободной длины сваи над поверхностью грунта быстро возрастают изгибающие моменты и напряжения в сваях от действия горизонтальных нагрузок, фундаменты этого типа применимы лишь при небольшой свободной длине свай (не более 0,5–1,0 м). Для уменьшения усилий от горизонтальной нагрузки фундаменты устраивают на наклонных сваях.

Фундаменты на вертикальных сваях в каркасах устраивают при большой глубине воды и затруднениях при погружении наклонных свай.

Для передачи нагрузки на свайное основание от стоек решетчатой надстройки вспомогательных опор применяют распределительные двутавровые балки из УИКМ. Для увеличения площади смятия на насадку укладывают сверху (под балками) и снизу отрезки швеллеров.

Если на фундамент передаются большие нагрузки, а также при больших глубинах воды и сложных геологических условиях, а также при дефицитности лесоматериалов применяют сваи призматические или трубчатые железобетонные и металлические из труб, двутавров, шпунта. Железобетонные сваи объединяют поверху железобетонной плитой, металлические – сварным ростверком из пересекающихся балок. На ростверк укладывают распределительные балки, передающие нагрузку от надстройки.

Для рационального использования металла стальные сваи нужно извлекать для повторного применения, однако, такая задача в случае забивных свай технологически сложна. В этих случаях перспективны стальные винтовые сваи, устраиваемые из листового металла. Завинчивают сваю с помощью надеваемого на нее шкива (кабестана) с канатом, уложенным по окружности шкива. Положение свай в плане обеспечивают стальным направляющим

каркасом с трубчатыми патрубками для свай. В дальнейшем каркас служит продольными и поперечными связями между сваями.

Тема 7. Геодезические работы при разбивке осей опор. Разбивка осей опор. Разбивочные и контрольно-измерительные работы

Качество возводимых искусственных сооружений зависят от организации и выполнения комплекса геодезических, разбивочных и контрольно-измерительных работ. На строительстве малых и средних мостов и труб геодезические и разбивочные работы выполняет производитель работ или инженер производственно-технического отдела, а при возведении больших мостов – специальная геодезическая группа. Особо ответственные работы по созданию мостовой триангуляционной сети обычно передают специализированным геодезическим организациям.

До начала геодезических работ на стройплощадке получают и изучают необходимые проектно-технические материалы. Проектная организация, выполнявшая изыскания и проектирование мостового перехода, передает строителям по акту в присутствии заказчика материалы закрепления оси трассы моста и подходов к нему, продольный профиль перехода.

Геодезические и разбивочные работы, обеспечивающие проектное положение и размеры, как всего сооружения, так и отдельных его частей, ведутся в течение всего периода строительства моста. При этом:

- 1) восстанавливают на местности и выверяют геодезическую плановую и высотную основы;
- 2) разбивают ось моста, оси опор, подходов и т.д.;
- 3) систематически контролируют возведение отдельных частей сооружения, обеспечивая проектное их положение;
- 4) проверяют размеры и форму прибывающих с заводов монтажных элементов;
- 5) на строительной площадке ведут разбивочные работы по вспомогательным производственным сооружениям и т.п.

По мере завершения постройки отдельных частей моста (опор пролетных строений и т.д.) проводят геодезические работы по определению геометрических размеров возведенных сооружений и объемов выполненных работ (исполнительные съемки и обмеры).

Разбивка осей опор

При разбивке опор малых и средних сооружений центры опор переносят на местность непосредственным измерением расстояний между знаками,

закрепляющими ось сооружения, и центрами опор, привязанными в проекте к пикетажу дороги.

Створные знаки на оси моста и исходные пункты нужно сохранять без повреждений в течение всего периода постройки моста.

Разбивка осей опор больших мостов необходима при постройке этих сооружений на широких и глубоких реках в теплое время года, когда невозможно непосредственными измерениями определить расстояние между исходными пунктами и разбить оси опор.

Разбивочные и контрольно-измерительные работы

При возведении опор, установив положение оси моста и центров опор, закрепляют продольные и поперечные их оси.

При сооружении фундаментов в открытых котлованах размеры ограждений и отдельных элементов фундаментов выносят за пределы опор и закрепляют.

Точное положение свай (оболочек) достигается при забивке через направляющие каркасы.

Правильность погружения опускных колодцев и свай-оболочек большого диаметра контролируют с помощью разметок краской на их боковых гранях.

После возведения фундамента на его обресе вторично разбивают оси опоры и намечают контур надфундаментной части. В процессе возведения надфундаментной части ее геометрические формы проверяют переносом осей и граней на обрест фундамента. На обресте фундамента, подферменной площадке и в других характерных уровнях наносят несмываемой краской временные репера.

Элементы сборных бетонных, железобетонных и металлических конструкций до их монтажа подвергают контрольным геодезическим измерениям со сверкой размеров с рабочими чертежами. По всем обнаруженным неувязкам с рабочими чертежами и отклонениям размеров, превышающих допускаемые, до начала монтажа устанавливают возможность использования элементов с замеченными отступлениями или вносят соответствующие исправления элементов конструкций. На лицевых частях элементов сборных конструкций размечают несмываемой краской положения их осей и центров тяжести, восстанавливают или вновь наносят маркировку в соответствии со схемой монтажа, на сваях и оболочках наносят разметку их длины на дециметры.

Для проверки монтажа пролетного строения на подферменниках наносят оси опорных частей и их высотные отметки. В процессе монтажа

систематически проверяют положение в плане оси элементов, отклонения их от вертикальных плоскостей, отметки элементов и т. д.

Отклонения в положении смонтированных конструкций сборных мостов и труб, превышающие допуски, нужно устранять до окончательного закрепления и полного омоноличивания сборной конструкции.



Рисунок 3 – Геодезические работы

Тема 8. Сооружение котлованов в сухих и маловлажных грунтах. Перемычки и ограждения на местности покрытой водой. Закладное крепление. Понижение грунтовых вод и водоотлив

При устройстве котлована с откосами увеличивается объем земляных работ. В период сильных дождей или непредвиденного притока грунтовых вод отсутствие креплений создает опасность оползания откосов.

Открытые котлованы без ограждений устраивают механизированными средствами:

- 1) бульдозерами или скреперами с выдачей машиной грунта в отвал;
- 2) бульдозером с выдачей грунта транспортерами;
- 3) драглайном, прямой или обратной лопатой экскаватора и др.

Выбор способа разработки котлована и оборудования зависит от формы котлована, вида грунта, объемов работ и производственных возможностей.

В скальных грунтах или плотно слежавшихся галечниках и твердых глинах, расположенных в пределах глубины котлована, при малых объемах работ разработку ведут пневматическими инструментами, а при больших объемах – взрывным способом. В водопроницаемых мелких грунтах котлованы разрабатывают, с искусственным водопонижением или устройством ограждения.

Ограждающие конструкции могут быть в виде закладного крепления, опускного железобетонного ящика, шпунтовых перемычек в виде деревянных или металлических стенок.

Закладное крепление выполняют из досок или железобетонных плит, закладываемых в пазы вертикальных стоек ограждения. Стойки из двутавровых балок № 30–50 забивают в грунт сразу на всю глубину котлована и дополнительно на 0,5–1,0 м ниже его дна или же погружают по мере разработки котлована. Стойки располагают по контуру и раскрепляют распорками.

Ограждающие устройства в виде бездонного опускного ящика из железобетонных плит монтируют автокраном на сухом месте ярусами по высоте. Такие ограждения целесообразно сочетать с устройством фундамента опор из монолитного бетона, укладываемого в котлован.

Ограждение котлованов перемычками

На местности, покрытой водой, для ограждения котлованов иногда применяют перемычки грунтовые, шпунтовые (стенки) с односторонней засыпкой грунтом, двухрядные шпунтовые с засыпкой между рядами грунта, а также перемычки из понтонов, ледяные и др.

Грунтовая перемычка, применяемая при глубинах воды до 2–3 м и скоростях течения до 0,4–0,5 м/с. Нельзя допускать перелива воды через нее. Грунтовые перемычки намывают с помощью гидромеханизмов, располагаемых на плавучих средствах и другими способами. Материалом для перемычек может быть мелкий песок и супесок. Ширину по верху перемычки назначают не менее 2 м, откосы в сторону котлована – от 1:1 до 1:2, а речные – от 1:3 до 1:4.

Двухрядные деревянные шпунтовые перемычки с засыпкой между рядами супесчаного или лучше суглинистого грунта. При глубинах воды в реке до 4–5 м и скоростях течения до 0,7–1,0 м/с расстояние между шпунтовыми рядами должно быть не менее 2 м.

Инвентарные металлические перемычки из понтонов типа КС. Они состоят из замкнутого по периметру ножа, на котором смонтирована верхняя часть из понтонов. Между собой понтоны соединяют, обеспечивая повышение водонепроницаемости их швов с помощью резиновой прокладки или резинового

жгута, устанавливаемых перед затягиванием соединительных болтов. Понтоны крепят к ножу на болтах. Все понтоны объединяют между собой воздушной сетью через верхние штуцера, присоединяя к компрессору. Нижние отверстия в понтонах позволяют регулировать наполнение водой и создание плавучести.

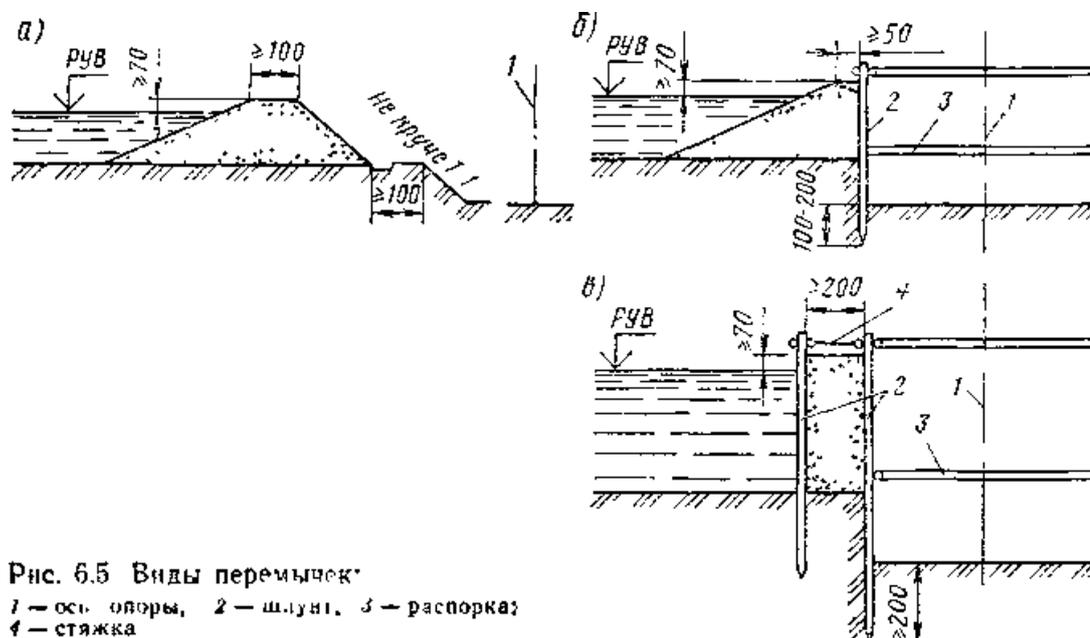


Рис. 6.5 Виды перемычек:
1 – ось опоры, 2 – шпунт, 3 – распорка
4 – стяжка

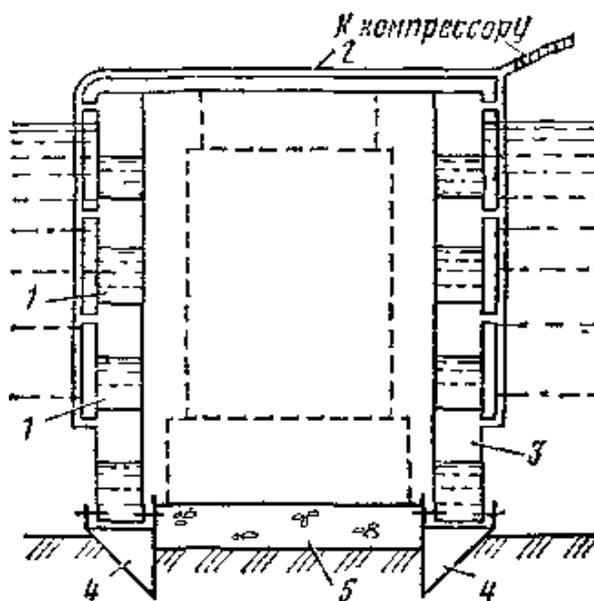


Рисунок 4 – Металлическая перемычка из универсальных понтонов типа КС:
1 – среднее ряды понтонов; 2 – воздушная баллотировочная сеть; 3 – нижний ряд понтонов, 4 – нож перемычки; 5 – тампонажный слой

Перемычки из понтонов КС могут ограждать котлованы при глубине воды в реке до 10–12 м. Конструкции инвентарных перемычек собирают на берегу, на стапеле и после спуска доставляют по воде к месту опускания.

После устройства фундамента опоры нижнюю часть перемычки с ее ножом обычно оставляют в грунте. Водолазы разбирают болтовые соединения ножа с понтоном, и верхняя инвентарная часть перемычки всплывает. Такие перемычки удобны для устройства фундаментов на сваях и оболочках.

Тема 9. Шпунтовое ограждение. Погружение шпунта

Оборудование для погружения шпунта. Направляющие каркасы. Извлечение грунта из котлована.

Ограждение из стального шпунта устраивают при глубине погружения в грунт более 6 м, а также и при меньших глубинах в плотных глинистых и гравелистых грунтах. Такой шпунт – инвентарное имущество строительной организации, и после устройства фундамента его извлекают для повторного использования.

Стальной шпунт. Наиболее распространен стальной шпунт корытного профиля Ларсен V длиной от 8 до 22 м. При необходимости шпунт наращивают с перекрытием стыка накладками длиной не менее 600 мм со сварными и болтовыми соединениями. Чтобы обеспечить совпадение замков, наращиваемого шпунта, нужно предварительно собрать стык и временно его закрепить, пропуская в замках отрезки шпунта длиной 2–3 м.

До начала забивки необходимо проверить правильность и прямолинейность замков шпунта, протаскивая по замкам шаблон (из отрезка шпунта длиной 2 м). Чтобы не вырвался из ранее поставленной сваи, концы стального шпунта обрезают строго перпендикулярно его продольной оси. Шпунт погружают между парными направляющими схватками, прикрепляемыми к маячным сваям болтами.

Шпунтовые сваи погружают высокочастотными вибропогружателями или молотами. Для погружения шпунта также применяют вибромолоты, в которых наряду с высокой частотой вибраций на сваю передаются и ударные воздействия. Вибромолот может извлекать шпунт ударами кверху.

Размер заглубления шпунта в грунт ниже дна котлована устанавливают расчетом на устойчивость стенки и фильтрацию воды в зависимости от вида грунта и напора воды. Во всех случаях заглубление должно быть не менее 1 м в связных, крупно-песчаных и гравелистых грунтах и не менее 2 м в мелкопесчаных и плывунных. Верх шпунтового ограждения должен быть расположен на 0,2–0,4 м выше уровня грунтовых вод и не менее чем на 0,7 м выше рабочего уровня воды в реке.

Тема 10. Разработка грунта и водоотлив

Котлованы устраивают с применением разного вида ограждений и разрабатывают грунт как механическим способом землеройными машинами, так и гидромеханическим с применением непрерывно действующих средств гидромеханизации.

В слабосвязанных грунтах средней плотности котлованы разрабатывают грейфером с установкой крана на плашкоуте из понтонов. Для разработки хорошо поддающихся размыву грунтов, может быть применен землесос или гидроэлеватор. Для несвязанных грунтов применяют эрлифт без удаления воды из огражденного пространства. Для разработки особо плотных глинистых и скальных грунтов приходится применять пневматический инструмент или взрывы мелкими зарядами ВВ, выполняя эти работы с интенсивным водоотливом. Выдачу разработанного грунта из котлована в этих случаях обеспечивают грейферами или бадьями.

Осушают котлованы перед закладкой фундамента. Воду откачивают на поверхности грунта, а при глубине более 5–6 м, когда насос не может отсосать воду, его помещают в котловане для нагнетания воды вверх.

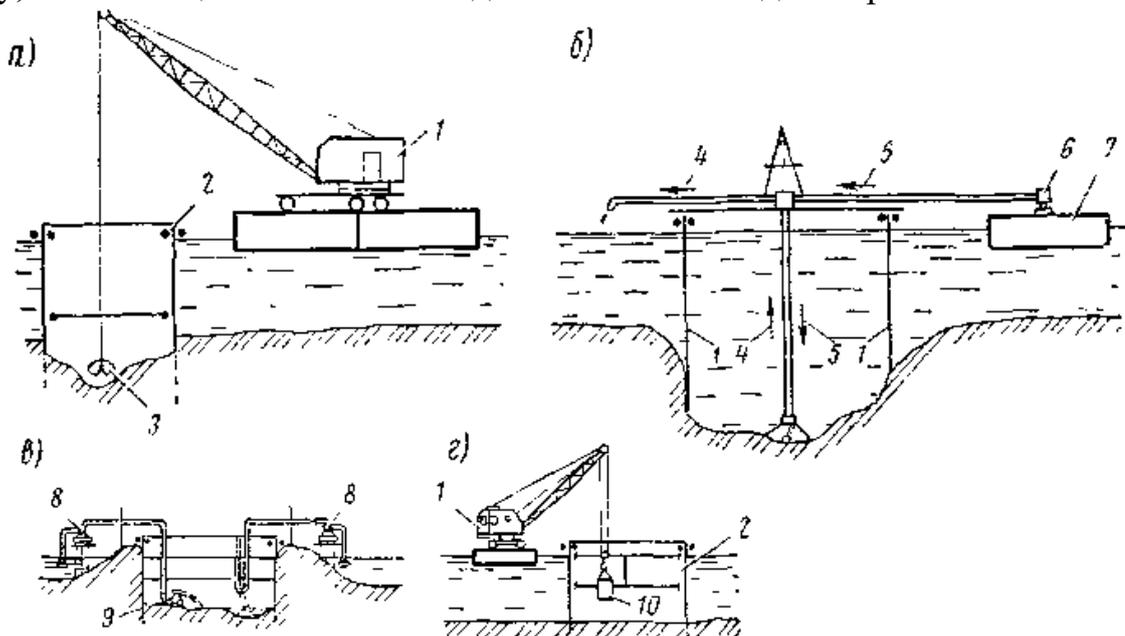


Рисунок 5 – Схема разработки грунта из котлована: 1 – плавучий стреловой кран на понтонах, 2 – ограждение котлована; 3 – грейфер; 4 – направление движения пульпы; 5 – воздух, 6 – компрессор, 7 – понтоны, 8 – насос, 9 – гидромонитор

Для водоотлива применяют центробежные насосы. Эжекторы (гидроэлеваторы) могут удалять воду практически с любой глубины. При водоотливе из котлованов насосами применяют всасывающий трубопровод с гибким

шлангом и наконечником, имеющим обратный клапан и сетку для защиты от попадания в шланг мусора. В пониженном месте дна котлована устраивают водосборный колодец (прямок-зумпф), который ограждают деревянным или металлическим ящиком. Дно колодца располагают не менее чем на 0,7 м ниже самого низкого уровня воды в котловане.

Приемный колодец располагают за пределами контура фундамента. Для лучшего стока воды к колодцу по периметру котлована устраивают канавки с уклоном в сторону приямка. Количество воды, проникающей в котлован через дно и ограждение, зависит от степени водонепроницаемости грунта, уровня (напора) воды, глубины расположения водонепроницаемого слоя и качества ограждения.

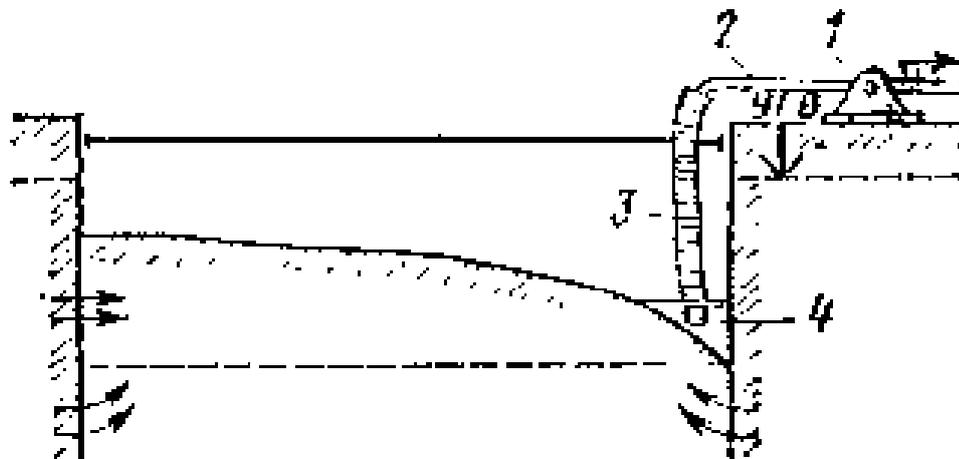


Рисунок 6 – Схема удаления воды из котлована насосами: 1 – насос; 2 – нагнетательный шланг; 3 – всасывающий шланг; 4 – приямок

В котловане должно быть не менее двух насосов, а при переменном притоке воды целесообразно большее число их с меньшей производительностью.

Тема 11. Устройство фундаментов в котлованах

Подготовленный котлован освидетельствуется специальной комиссией с составлением акта. Комиссия устанавливает соответствие размеров и отметок котлована проекту, сравнивает фактическое напластование и качество грунтов с геологическими разрезами и буровыми колонками, приведенными в проекте, дает разрешение на дальнейшие работы по устройству фундамента.

В тех случаях, когда возникают сомнения в несущей способности грунта основания, его испытывают в соответствии со специальными правилами.

Непосредственно перед устройством фундамента дно котлована зачищают до проектной отметки. При мокрых глинистых грунтах после удаления верхнего разжиженного слоя грунта в основание котлована втрамбовывают слой щебня толщиной не менее 10 см с поливкой его цементным раствором.

Если на дне котлована имеются ключи, их заглушают или отводят за пределы фундаментов.

Сборные фундаменты монтируют, располагая блоки на песчаной, гравийной или щебеночной подушке толщиной 20–30 см.

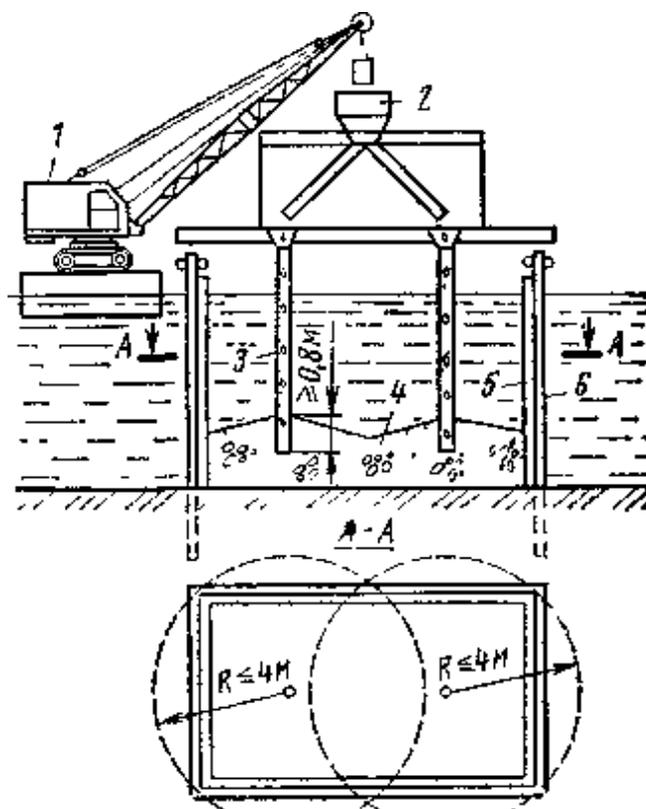


Рисунок. Схема подводного бетонирования способом ВПТ: 1 – плавучий кран для подачи бетонной смеси; 2 – раздаточный бункер; 3 – бетонолитная труба;
4 – уложенная бетонная смесь; 5 – опалубка; 6 – шпунтовое ограждение

Подводное бетонирование целесообразно при сильном притоке воды в котлован, удаление которой затруднительно и приводит к вымыванию цементного раствора. Известно несколько способов подводного бетонирования; наибольшее распространение, из которых получил способ вертикально перемещающейся трубы (ВПТ). При этом способе трубы, опущенные в котлован первоначально на всю высоту, заполняют цементобетонной смесью, причем нижние их отверстия должны всегда находиться не менее чем на 0,8 м ниже верхней поверхности уложенной бетонной массы. Трубы перемещают в вертикальном направлении. По мере подъема выходящая из трубы бетонная смесь растекается, заполняя котлован. С водой соприкасается только верхний слой бетонной массы.

Для подводного бетонирования применяют трубы диаметром 300 мм. В верхней части трубы устраивают воронку с бункером объемом до 3 м³. От смешения с водой первую порцию смеси предохраняет пробка, устанавливаемая внизу трубы и удерживаемая канатом. После заполнения трубы и воронки смесью канат перерубают, и смесь устремляется вниз.

Для обеспечения высокого качества подводного бетонирования нужно расчетом установить необходимое число труб. Радиус растекания бетона из одной трубы составляет 3–4 м.

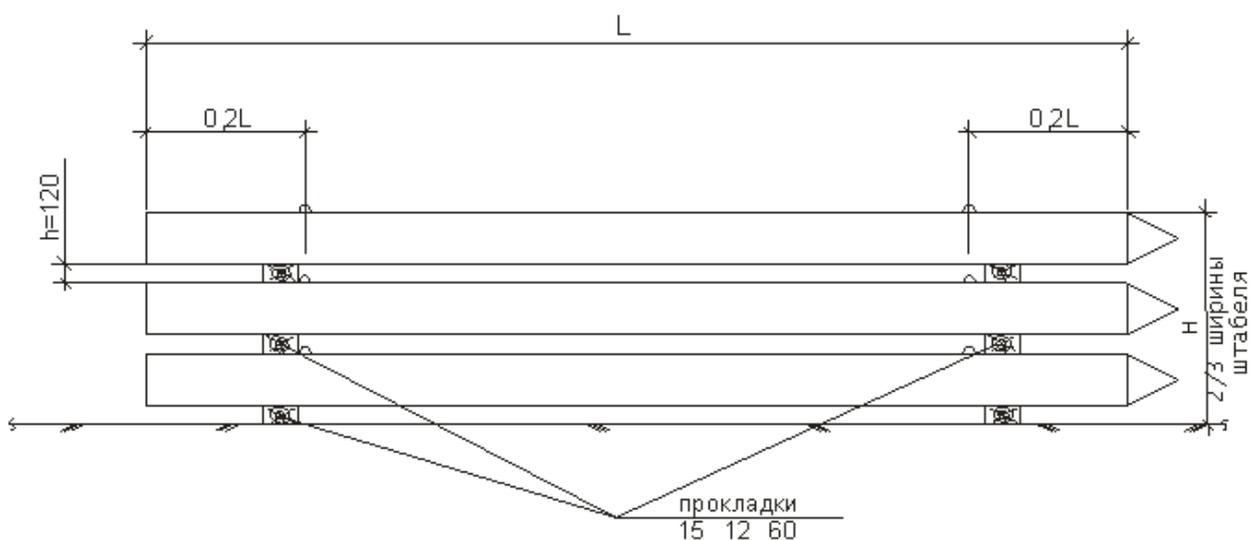
Откачав воду, поверхность уложенного подводным способом бетона очищают, удаляя несхватившийся верхний его слой (шлам), а затем бетонируют верхние ярусы фундамента обычным способом в сухом котловане.

Тема 12. Сваи и способы их погружения

В зависимости от размеров моста и его пролетов, конструкции опор, гидрогеологических условий, а также производственных возможностей применяют при сооружении фундаментов сваи деревянные, железобетонные и стальные.

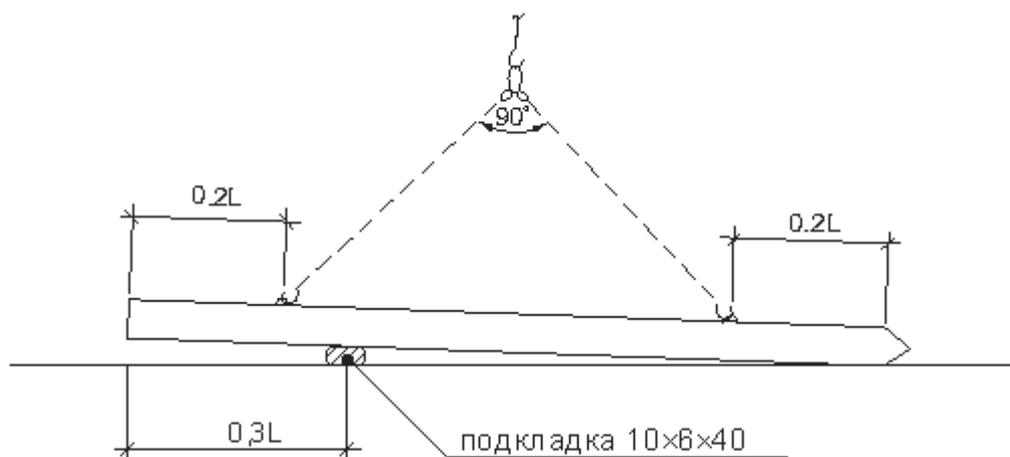
Для временных деревянных мостов применяют забивные деревянные сваи из бревен диаметром от 18 до 28 см, длиной до 12 м. Бревна ошкуривают, очищают от сучков и наростов, обрабатывают головы и острия. Сваи, погружаемые через каркасы, кроме того, обрабатывают на цилиндр.

Железобетонные сваи доставляют на строительство с завода. Сваи квадратного сплошного сечения изготавливают цельными из обычного или предварительно напряженного железобетона.



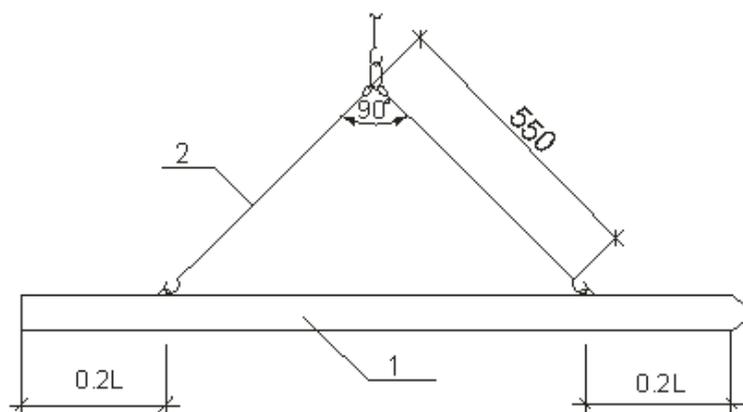
Высота штабеля H не должна превышать $2,0$ м.
 Каждую сваю опирают на две деревянные прокладки, расположенные вблизи подъемных петель по одной вертикали.
 Толщина прокладок h должна быть на $2-3$ см больше высоты петель свай, а ширина b - не менее 15 см.

Рисунок. Схема складирования свай в штабеля



Разгружают сваи с транспортных средств и раскладывают с помощью двухветвевых стропов 4СК-10/5600 ГОСТ 25573-82, $\varnothing 1,0$ мм

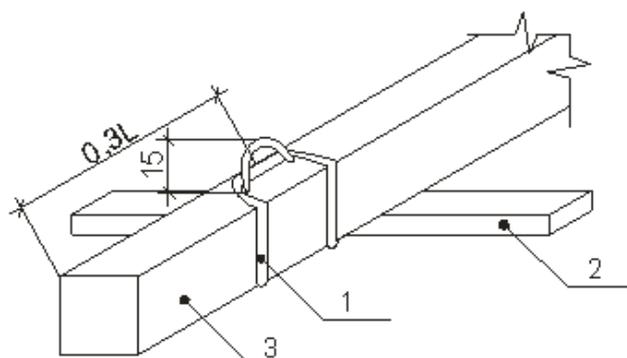
Рисунок. Схема раскладки свай



1- свая; 2-двухветвевой строп.

Строп 4СК-10/5600 ГОСТ 25573-82, 31,0мм для свай L=2м.
Для строповки свай длиной до 12 м применять двухветвевой строп с длиной ветви 5600 мм и $\varnothing 31$ мм

Рисунок. Схема строповки свай при раскладке



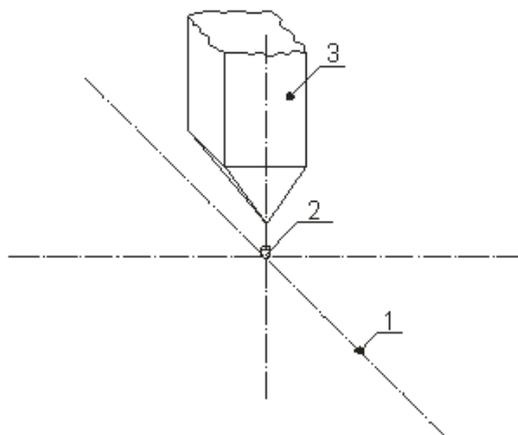
1- кольцевой строп;
2- подкладка;
3- свая

Строп СКП 1-2,0/3500 ГОСТ 25573-82, $\varnothing 22,0$ мм.

Строповка свай для подъема под наголовник производится на расстоянии $0,3 L$ от головы свай (L-длина свай) кольцевым стропом. Длина свободного конца стропа после строповки не менее 15 см.

Для строповки свай при подтаскивании их копром применяется кольцевой строп длиной 3500мм и диаметром каната 22,0мм.

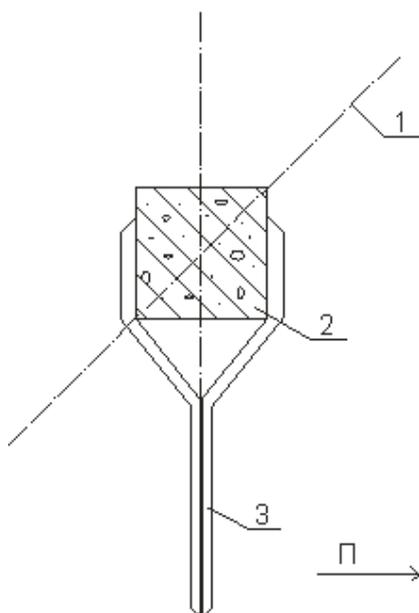
Рисунок. Схема строповки свай для подъема копром



Установку сваи производят по разметочному штырю с точностью до ± 1 см.
 Условные обозначения:
 1-ось свайного ряда;
 2-разметочный штырь;
 3-свая

Рис.5

Рисунок. Схема установки сваи на точку погружения



При установке на место погружения грани сваи должны быть параллельны осям, что достигается ориентацией и поворотом сваи вилочным рычагом.

Условные обозначения:
 1-ось свайного ряда;
 2-свая;
 3-вилочный рычаг;
 П- направление поворота сваи.

Выверка вертикальности сваи производится в двух взаимно перпендикулярных плоскостях одним из следующих способов: с помощью отвесов или теодолитом.

Рисунок. Схема поворота сваи вилочным рычагом

Круглые сваи-оболочки доставляют цилиндрическими секциями, стыкуемыми перед их забивкой или в процессе погружения свай в грунт. Железобетонные сваи сплошного сечения имеют заострения на концах. Полые железобетонные сваи-оболочки забивают как с открытым концом, так и с устройством специального наконечника.

Стальные сваи применяют редко, когда, например, необходимо их погружать на значительную глубину (более 15–20 м) в плотные, труднопроходимые гравелистые грунты или в глинистые с каменными прослойками. Стальные сваи применяют также при устройстве опор эстакад на глубоких болотах, так

как сюда доставлять железобетонные сваи более сложно. Металлические сваи можно готовить как из заводских труб, так и сваривать из пары коробчатых шпунтин, двутавров, швеллеров или листового металла.

С целью предохранения металла от коррозии сваи защищают покрытиями в виде битумного лака или составами из полимерных смол. Внутреннюю полость свай после их погружения часто заполняют бетоном.

Способ погружения свай в грунт выбирают с учетом массы и размера сваи, глубины погружения, условий забивки (на суше или с воды), гидрогеологических условий, а также с учетом применяемого оборудования. Забивные сваи погружают на проектную глубину дизельными или паровоздушными молотами и вибропогружателями. Иногда применяют подмыв свай напором струй воды для облегчения забивки в плотных грунтах.

Известны три основных способа погружения свай:

1) копровыми и крановыми агрегатами, обеспечивающими подъем, установку и погружение сваи в заданном направлении – вертикально или наклонно;

2) с использованием металлических или деревянных каркасов, обеспечивающих заданное направление сваи при забивке;

3) в железобетонных кондукторах, обеспечивающих проектное направление погружаемой сваи и используемых в качестве ростверков свайного фундамента.

Подтаскивать сваи к сваебойной установке допускается по спланированной площадке в зоне видимости машиниста

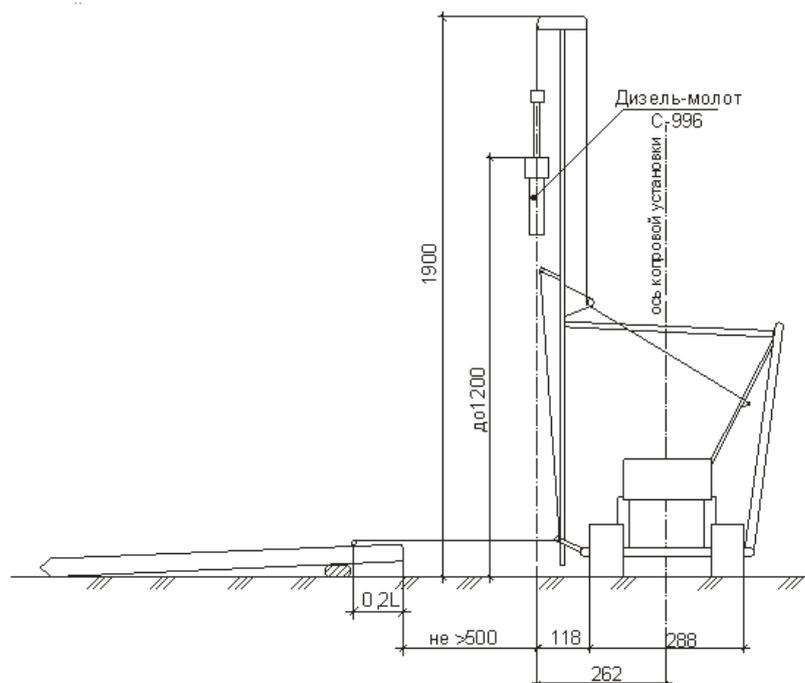
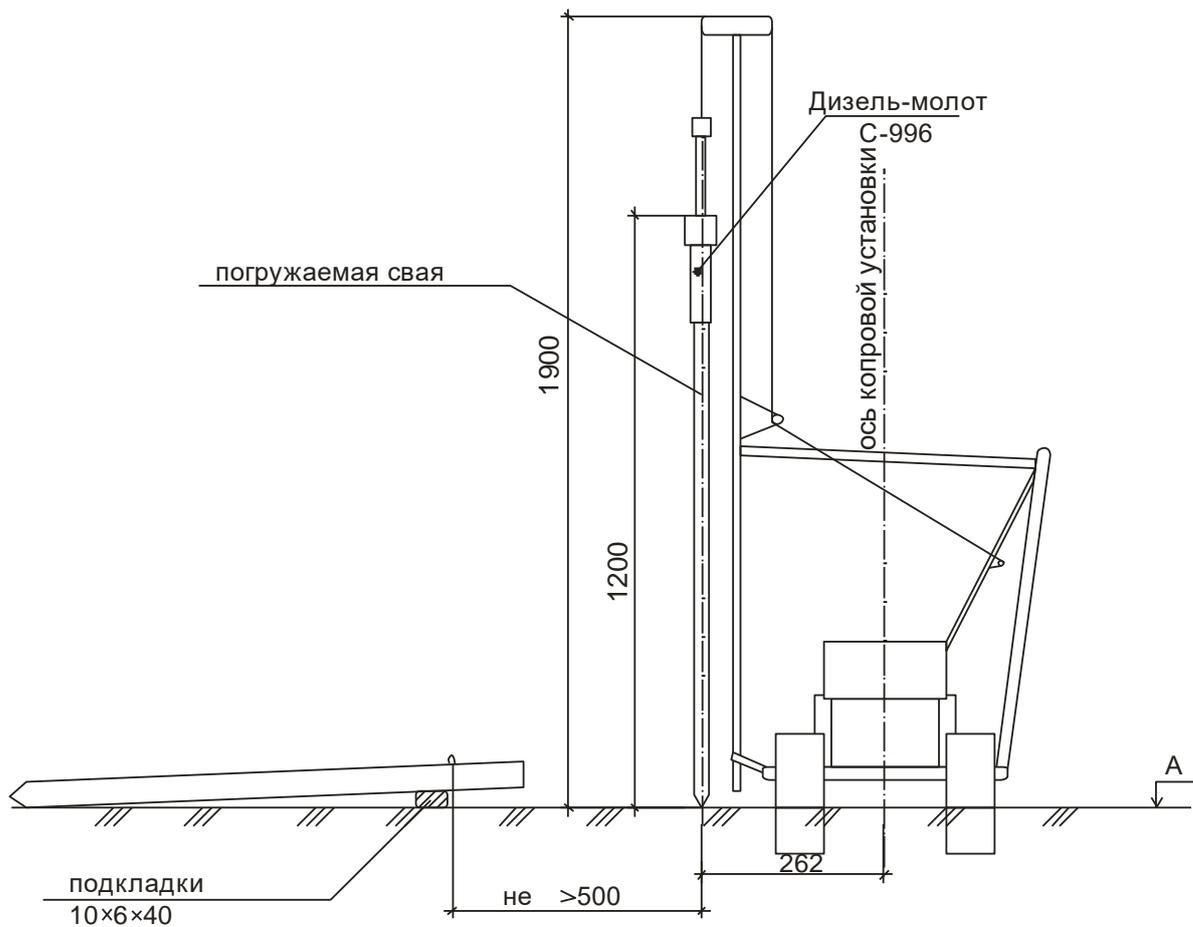


Рисунок. Подтаскивание свай

[оглавление](#)

ПОГРУЖЕНИЕ СВАЙ



ПЛАН

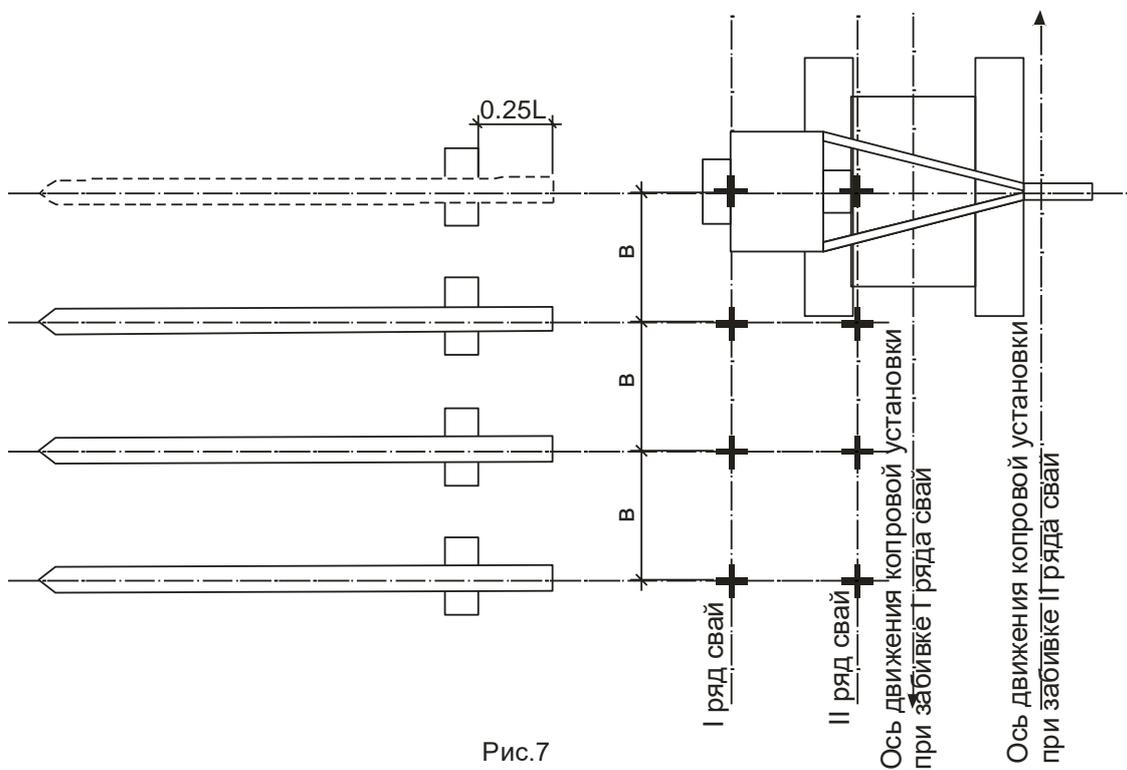


Рис.7

Рисунок. Погружение свай

Для забивки свай применяют:

1) легкие и средние дизель-молоты, с массой ударной части от 600 до 1250 кг, обычно используемые для погружения деревянных железобетонных и шпунтовых свай длиной до 10–12 м;

2) тяжелые универсальные копровые агрегаты с дизель-молотом, с массой ударной части до 6000 кг, применяемые для погружения железобетонных свай длиной до 25 м и стальных свай до 30 м и более;

3) самоходные краны, стационарные и плавучие деррик-краны с подвесами, направляющими стрелами и дизель-молотами. Для установки свай в каркасы и направляющие кондукторы, а также для последующего погружения дизель-молотами или вибропогружателями, весьма удобны самоходные и плавучие стреловые краны.

Погружение свай в грунт копровыми и крановыми агрегатами применяют с учетом местных условий:

1) при возможности установки и свободного перемещения копра по дну котлована или по сухому месту, например, на строительстве опор свайно-эстакадных мостов. Способ наиболее простой, легко применимый при забивке свай как в открытых котлованах без крепления откосов, так и непосредственно с поверхности земли без устройства котлованов;

2) при наличии временных подмостей, перекрывающих котлован. В этом случае копры и краны нужно оснащать направляющими стрелами, а также обеспечивать последующую разборку и сборку подмостей для перемещения копра;

3) с использованием передвижных мостиков, перекрывающих котлован по ширине и перемещающихся вдоль котлована по рельсовым путям. Копер с молотом может перемещаться по мостику в поперечном направлении;

4) при небольших поперечных размерах опор многопролетного моста и сооружении их на сухой пойме или на мелководье, где забивать сваи можно с помощью копров, расположенных на передвижных мостиках идвигающихся по рельсовым путям вдоль моста. Рельсовые пути при этом располагают на небольшой насыпи или на специальной эстакаде за пределами котлована.

Наряду с применением специальных копровых агрегатов сваи забивают с помощью козлового крана, с подвешенной к нему направляющей стрелой и молотом. Кран перемещается по рельсовым путям.

На местности, покрытой водой, и при ее глубине более 1,5–2 м, шпунт и сваи часто забивают с помощью плавучих копровых агрегатов. Агрегат при

этом устанавливают на рабочий мостик, расположенный на плашкоутах из понтонов КС, плавающих за пределами котлована, параллельно его кромке.

Для погружения свай в заданном направлении стреловые краны – сухопутные и плавучие – оборудуют направляющими стрелами.

Применение каркасов для погружения свай позволяет устанавливать и забивать сваи, стреловыми кранами без дополнительного обустройства направляющими стрелами.

Оборудование для забивки свай

Применяемое оборудование и вспомогательные устройства в значительной мере определяются мощностью и типом используемых молотов, которые, зависят от массы и длины свай.

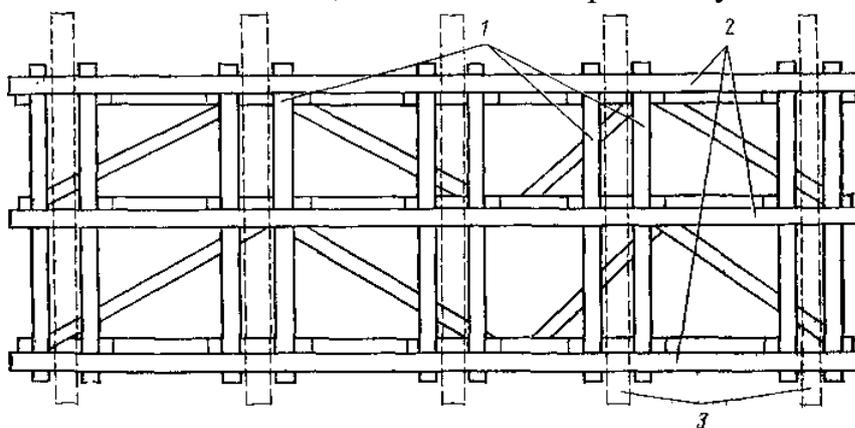
Мощные удары тяжелого молота значительно сотрясают окружающий грунт; головы свай необходимо надежно защищать от разрушения.

Применение дизельных молотов в слабых грунтах, особенно для забивки свай небольшого поперечного размера, малоэффективно, так как из-за малого сопротивления сваи не происходит воспламенения горючего в цилиндре.

Для погружения свай в несвязные, песчаные и супесчаные грунты и при наличии на строительстве электрической энергии рекомендуются вибропогружатели. В связных и плотных глинистых грунтах вибропогружение свай малоэффективно.

Копры назначают в соответствии с принятым типом молота.

Высота копра и размеры навесных стрел зависят от длины забиваемых свай и типа молота. Для молотов двойного действия или дизельных высота копра и длина сваи определяются и высотой самого молота, а для паровых молотов одиночного действия также и выходом ударной части. При забивке свай с высоких подмостей или на воде высота копра может быть меньше длины свай. Во всех случаях необходимо, чтобы свая, установленная на грунт, свободно помещалась под молотом, поднятым на предельную высоту.



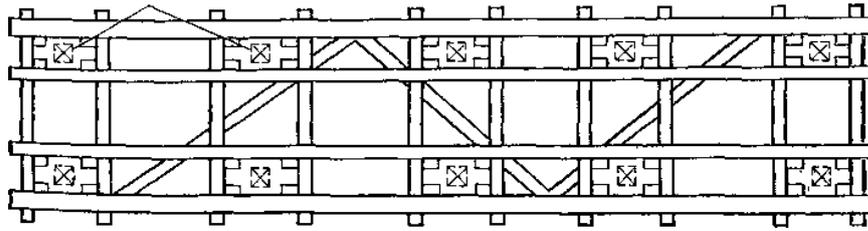


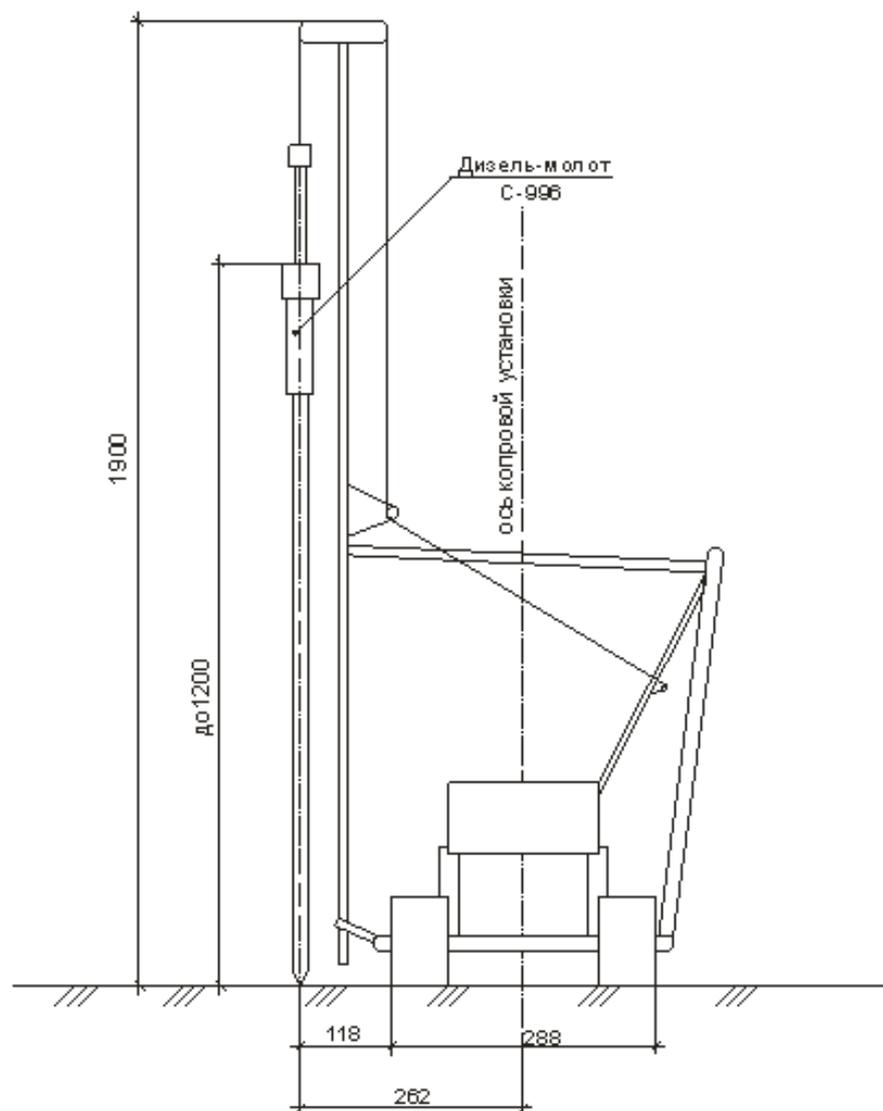
Рисунок. Боковой вид и план направляющего каркаса: 1 – вертикальные элементы; 2 – горизонтальные элементы; 3 – сваи в направляющих

Копры и краны устанавливают на плавучие средства согласно проекту, учитывающему необходимую устойчивость плавсистемы, а также надежность установки и закрепления механизмов.

Направляющие каркасы для забивки свай представляют собой жесткую пространственную конструкцию из нескольких горизонтальных рам, расположенных по высоте в разных уровнях и связанных вертикальными стойками и диагональными схватками. Расстояние между горизонтальными рамами назначают не менее 3 м. Круговой зазор в свету между брусьями и погружаемой свайей должен быть 2–3 см. Каркасы изготовляют как деревянные, так и стальные.

Технология погружения свай

Процесс погружения свай в грунт складывается из перемещения копра и установки его в рабочее положение, транспортирования свай к копру, подъема ее, установки и закрепления в стреле копра и погружения свай. Операция по непосредственному погружению свай занимает в общем процессе 20–30% рабочего времени.



Полная высота копровой установки, м	19,0
Полезная высота (длина) забиваемой сваи, м	12,0
Ширина, м	5,04
Длина, м	5,22
Рабочий наклон: назад	1/8
вперед	1/3
в стороны	1/8
Изменение вылета мачты, м	0,4
Грузоподъемность копровой установки, т	11,0
Максимальная масса поднимаемой сваи, т	5,0
Масса навесного оборудования, т: без молота	8,3
с МОЛОТОМ	12,0
Масса копровой установки, т	27,8

Рисунок. Общий вид сваебойной установки СП-49А(Б)

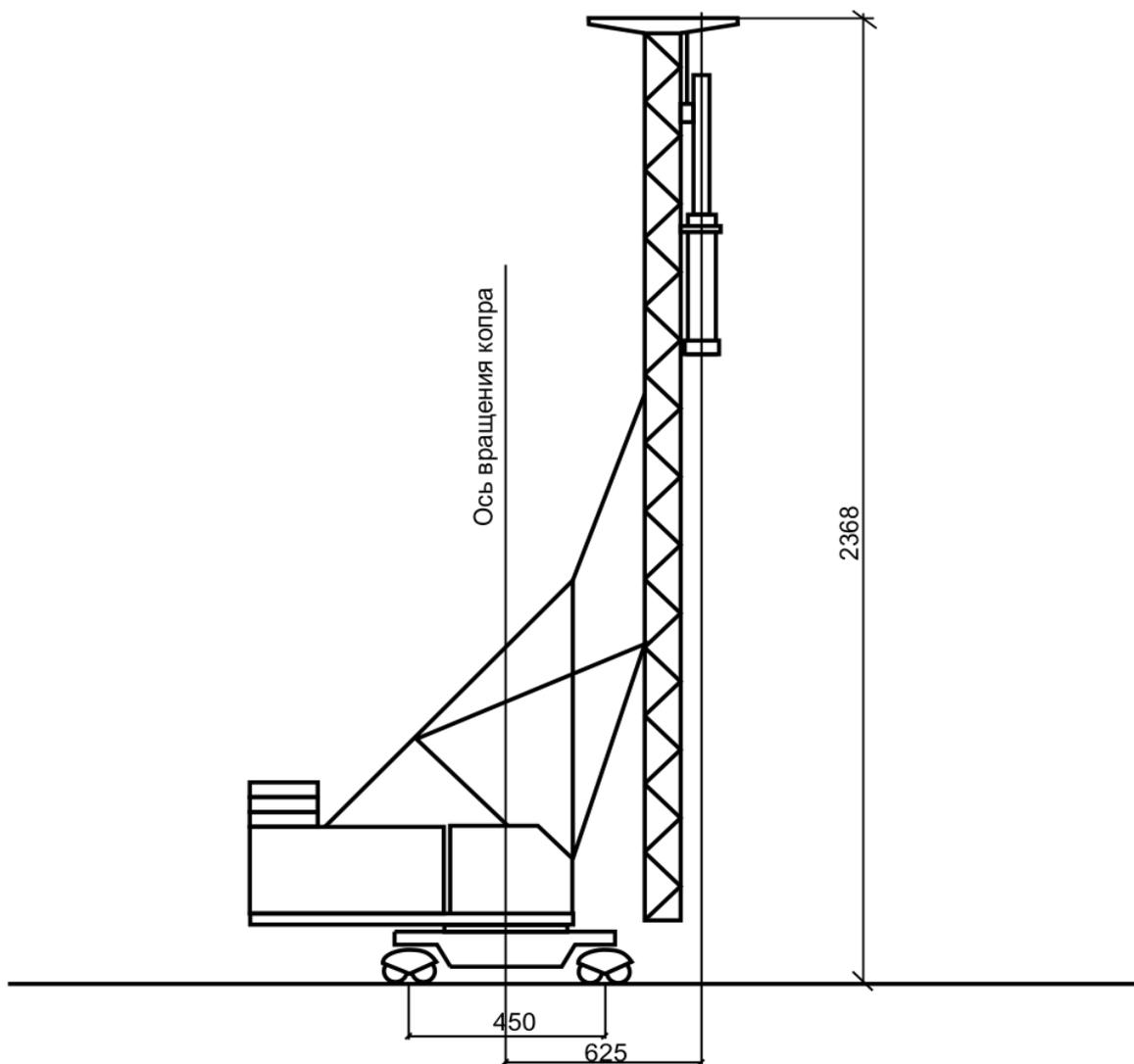


Рис.1 Общий вид копра

Погружатель - дизель молот С-1047 с массой ударной части, кг	2500
Полная высота копра, м	23,68
Полезная высота копра (максимальная длина забиваемой сваи), м	16
Грузоподъемность, т:	
на подвеске дизель-молота	7
на подвеске сваи	7
Рельсовый путь:	
ширина колеи, м	4,5
тип рельса (не менее)	Р-43
Рабочие наклоны мачты:	
назад	1:3
вперед	1:8
Вылет вертикальной мачты копра с дизель-молота С-1047 максимальный, м	6+0,25
Изменение вылета мачты, м	1,2+0,1
Масса копра (без погружателя, противовеса и монтажно-транспортных средств), т	26,5
Масса противовеса, т:	
на платформе	12
на ходовой раме	3,6

Рисунок. Общий вид копра

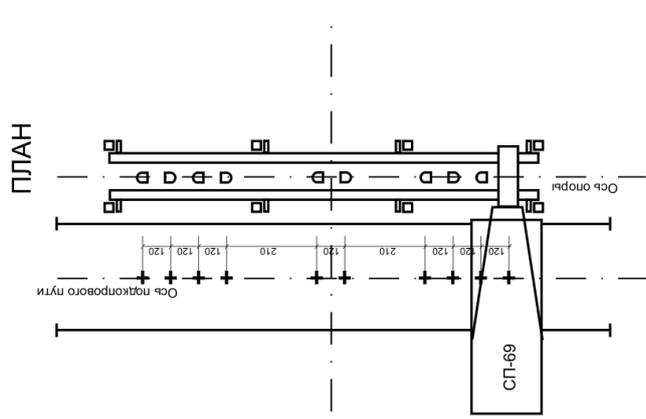
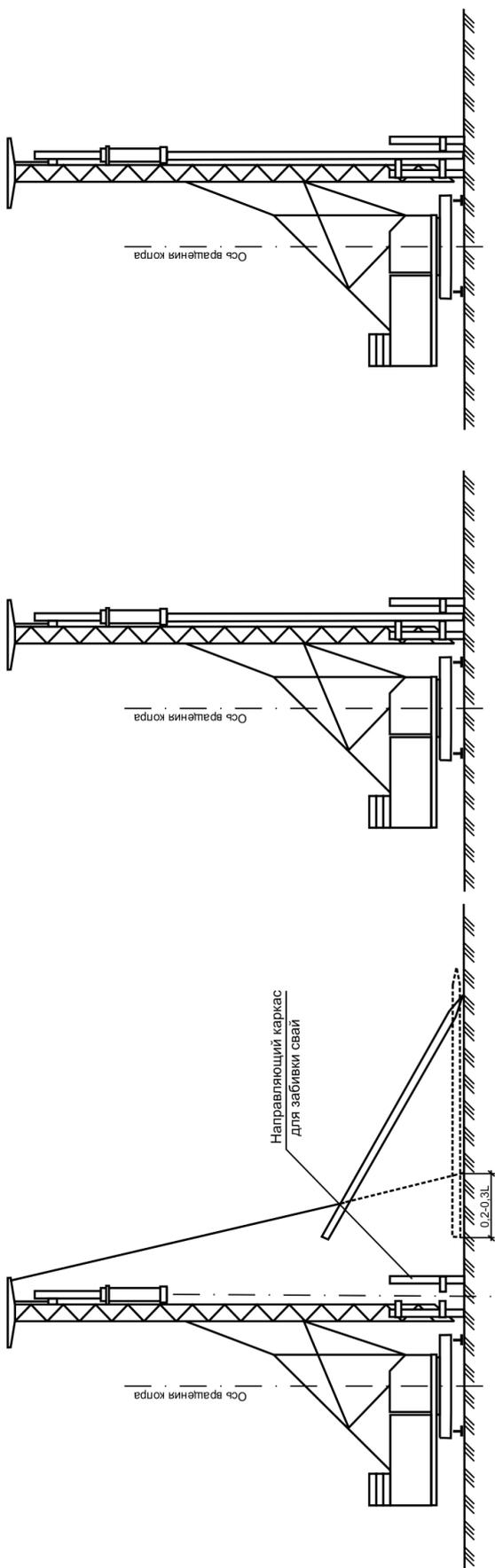


Рис. 11 Погружение сваи до проектной отметки

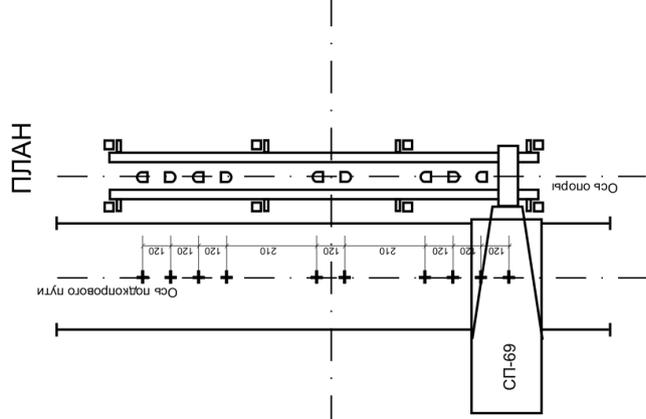
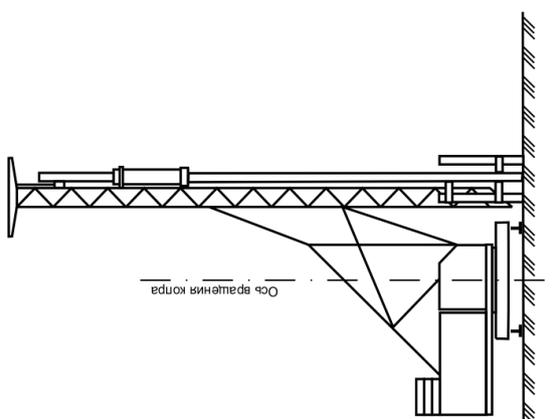


Рис. 10 Погружение сваи до устойчивого положения

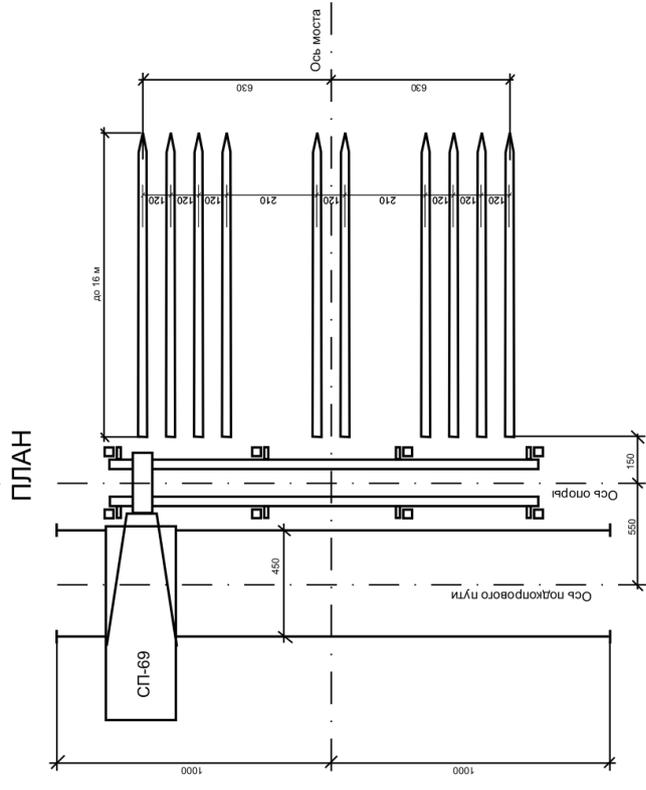
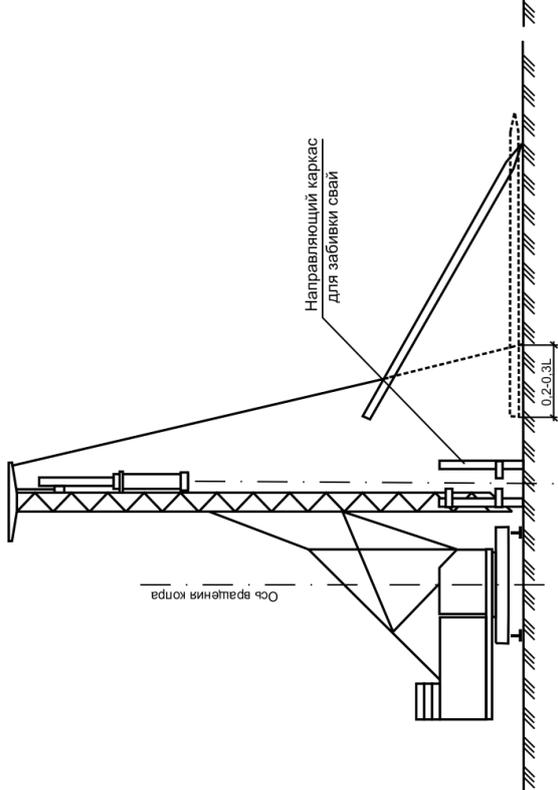


Рис. 9 Подъем сваи

Рисунок. Подъем сваи

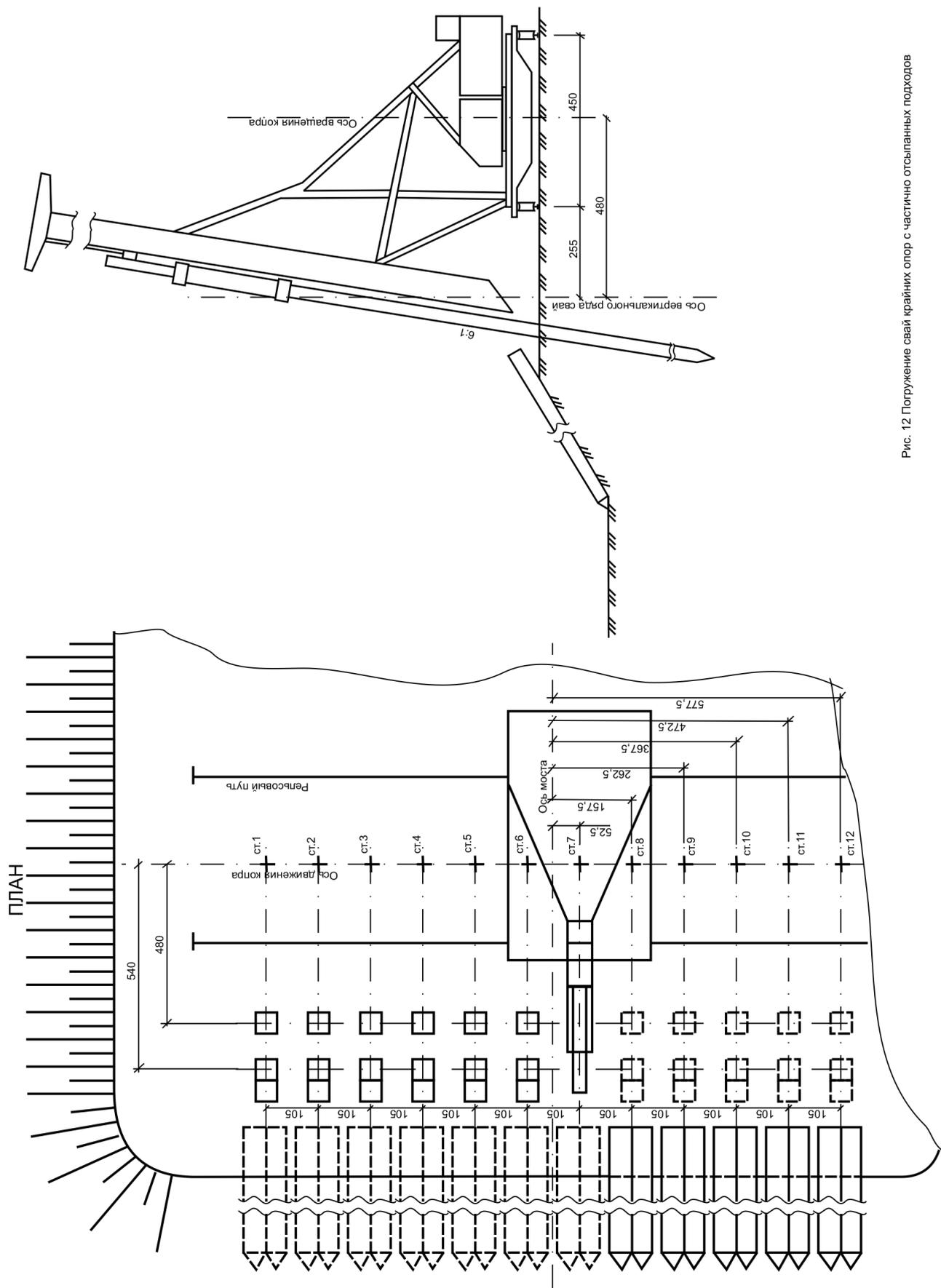


Рис. 12 Погружение свай крайних опор с частично отсыпанных подходов

Рисунок. Погружение наклонных свай

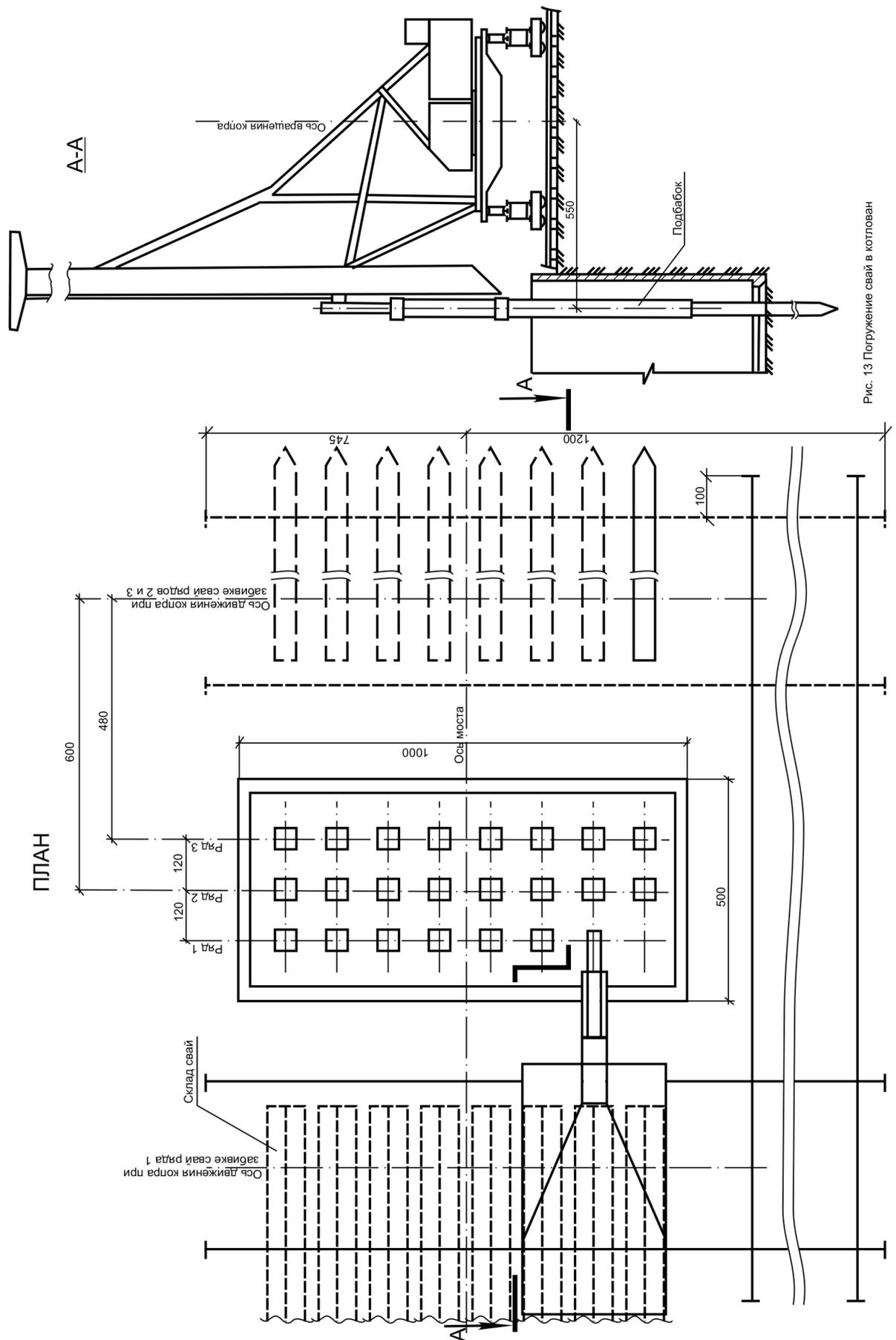


Рис. 13 Погружение свай в котлован

Рисунок. Погружение свай в котлован

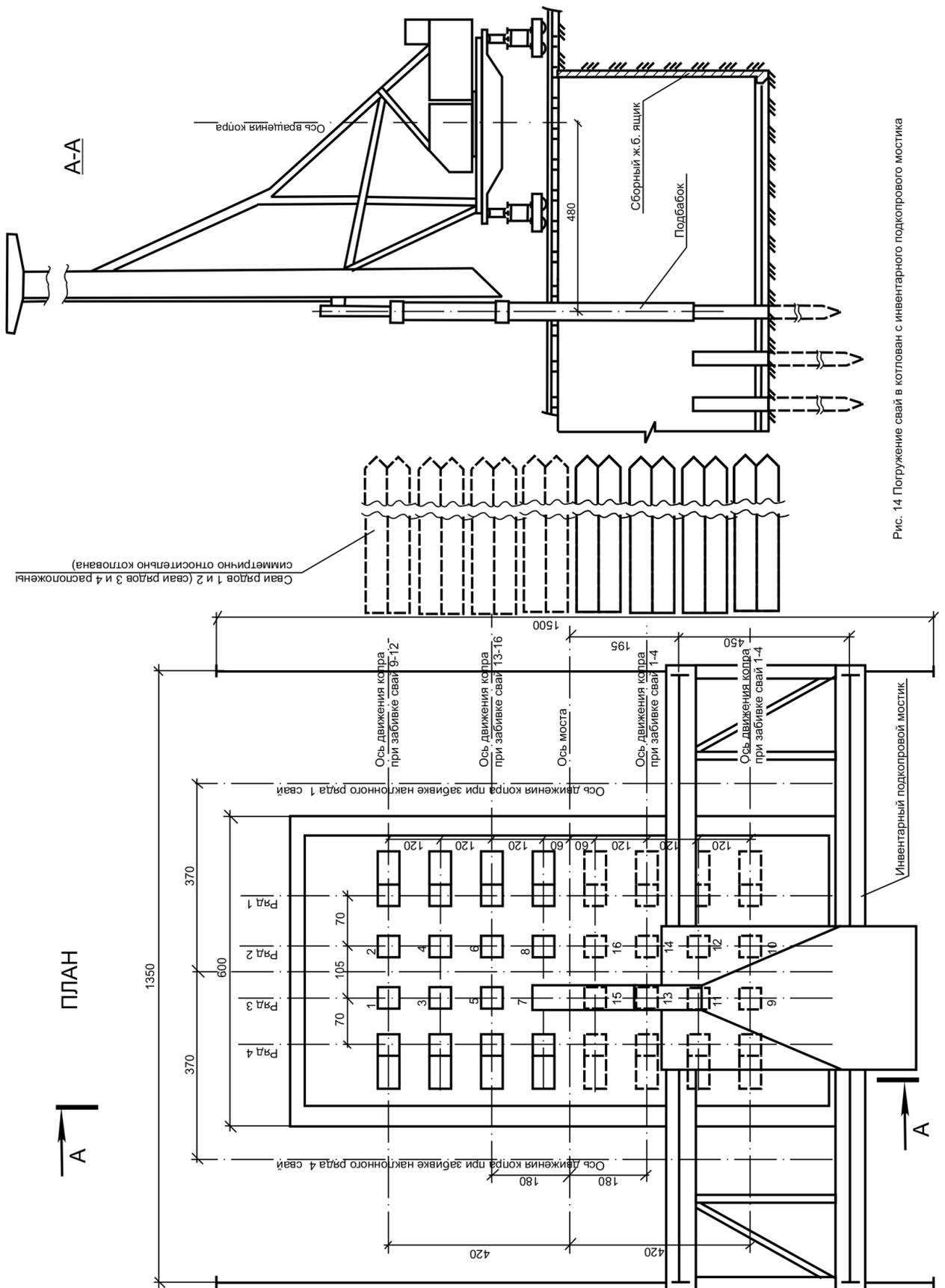


Рис. 14 Погружение свай в котлован с инвентарного подкопрового мостика

Рисунок. Погружение свай в котлован с инвентарного подкопрового мостика



Рисунок. Погружение свай с использованием навесного оборудования

В зависимости от очертания фундамента в плане последовательность погружения свай может быть рядовой, спиральной и секционной.

Для удобства наблюдения за ходом погружения сваю по длине предварительно размечают краской на метры и сантиметры, начиная от остря.

[оглавление](#)

При забивке молотами на головы железобетонных свай устанавливают стальные наголовники, что смягчает резкие удары по торцу сваи.

Забивку сваи начинают, осторожно опуская молот на ее голову. Под действием массы молота свая может погрузиться на некоторую глубину. Затем, после нескольких легких ударов, сваю погружают ударами нормальной силы.

В процессе погружения свай измеряют их осадки – отказы. Забивку кончают по получении расчетного отказа;

Отказ от одного удара определяют, как среднее арифметическое значение осадки сваи за один залог, равный 10 ударам. Во время забивки свай ведут журнал, в который заносят для каждой сваи следующие данные; размер ее погружения от каждого залога и достигнутого отказа, глубину забивки, а также данные обо всех затруднениях, встречавшихся в процессе работ. В журнале также дают сведения об оборудовании, примененном для забивки свай. Заполнять журнал необходимо непосредственно на месте работ. К журналу должен быть приложен чертеж фактического расположения в плане забитых свай с их нумерацией.

При вибропогружении подъем и установка сваи в направляющие аналогично забивке молотом. Для поддержания и направления вибрируемой системы служат направляющие стрелы копра, подвесная стрела крана или каркас.

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

Погружение сваи с подмывом водой сочетают с забивкой ее молотами или погружением вибраторами. Погружение с подмывом заканчивают, не доходя 1,0–1,5 м до проектной отметки.

Нельзя применять подмыв свай, если он может вызвать осадку грунта вблизи зданий и сооружений.

Перед погружением свай с подмывом необходимо подготовить:

- 1) высоконапорную насосную установку, обеспечивающую подачу воды в подмывные трубы;
- 2) напорную сеть и шланги высокого давления, соединяющие установку с подмывными трубами;
- 3) подмывные стальные трубы и насадки к ним.

Приемка свай. Устройство плиты ростверка

Погруженные в грунт сваи принимает комиссия, которая проверяет соответствие выполненных работ требованиям проекта и нормативным

документам. Работы проверяют по журналам и сводным ведомостям погружения свай, а в отдельных случаях контрольной проверкой свай пробной нагрузкой.

После приемки забитых свай и оформления соответствующего акта бетонировать фундаментную плиту ростверка, объединяющую все сваи.

В случаях значительного притока воды через дно котлована, а также при устройстве высоких свайных ростверков, на дно котлована или днище ограждения ростверка укладывают бетонный тампонажный слой способом ВПТ с толщиной слоя не менее 1 м.

Тема 13. Фундаменты на железобетонных оболочках

Для возведения фундаментов опор больших и внеклассных мостов применяют сборные железобетонные оболочки в виде круглых цилиндрических труб диаметром от 0,6 до 2 м.

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

Оболочки диаметром более 1 м погружают с открытой полостью. Полости погруженных в различные грунты оболочек диаметром более 1 м с минимальной толщиной стенок, как правило, заполняют бетоном. При утолщенных стенках оболочек (более 16 см) часто ограничиваются устройством бетонной пробки, а в стенках утолщенной оболочки дают двухрядное армирование.

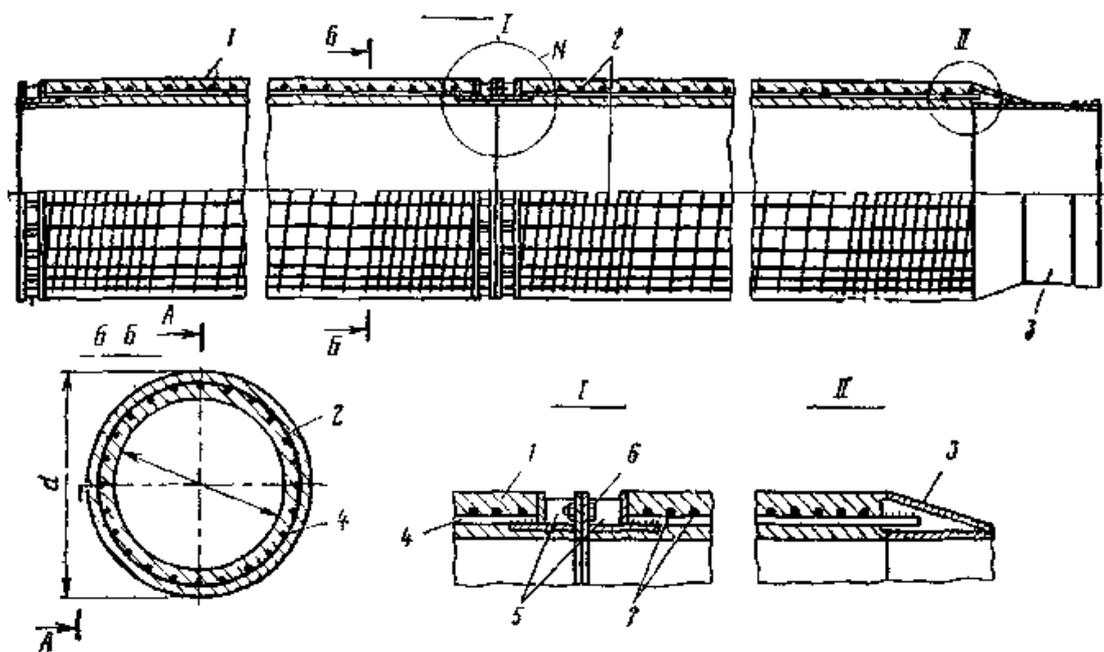


Рисунок. Железобетонная оболочка: 1 – стойка оболочки, 2 – спиральная арматура; 3 – нож, 4 – стержни продольной арматуры; 5 – фланец, 6 – болт

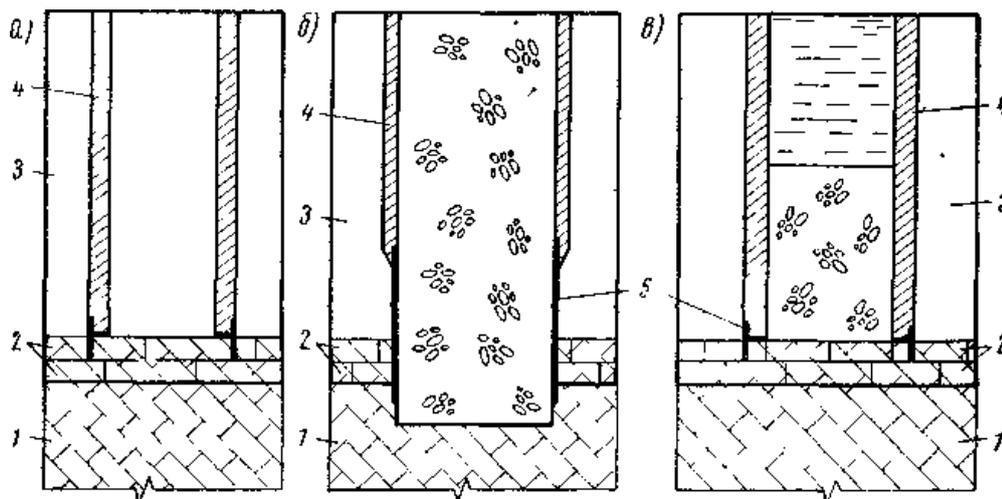


Рисунок. Виды опирания оболочек на скальную породу: 1 – неветренная скальная порода; 2 – выветренный слой породы; 3 – грунт; 4 – оболочка; 5 – нож

Опираие оболочки на скальные основания может быть различным. Например, при прочной неветренной скале толстостенная оболочка может ножом входить в верхний ее слой. Полость оболочки можно заполнять песчано-гравийной смесью, бетоном или устраивать внизу бетонную пробку. При трудности достижения ножом оболочки скальной породы или большой толщe слабой скалы изнутри оболочки разбуривают скважину, которую затем заполняют бетоном. В случае необходимости работы этого столба на изгиб предварительно в скважину можно опустить и затем забетонировать арматурный каркас.

Оборудование и устройства для погружения оболочек

Для погружения оболочек на заданную проектом глубину необходимо специальное оборудование:

- 1) вибропогружатели соответствующей мощности;
- 2) направляющие устройства (в виде каркасов или других конструкций) для опускания оболочек,
- 3) оборудование для извлечения грунта из оболочек – для песчаных и гравийных грунтов эрлифты или гидроэлеваторы, а для более плотных глинистых и полускальных грунтов – грейферы специального типа.

Применяемое для погружения оболочек оборудование требует большого расхода электроэнергии, особенно для обеспечения работы вибропогружателей и буровых станков. Учитывая это, строительство должно располагать соответствующей мощностью электросиловых установок.

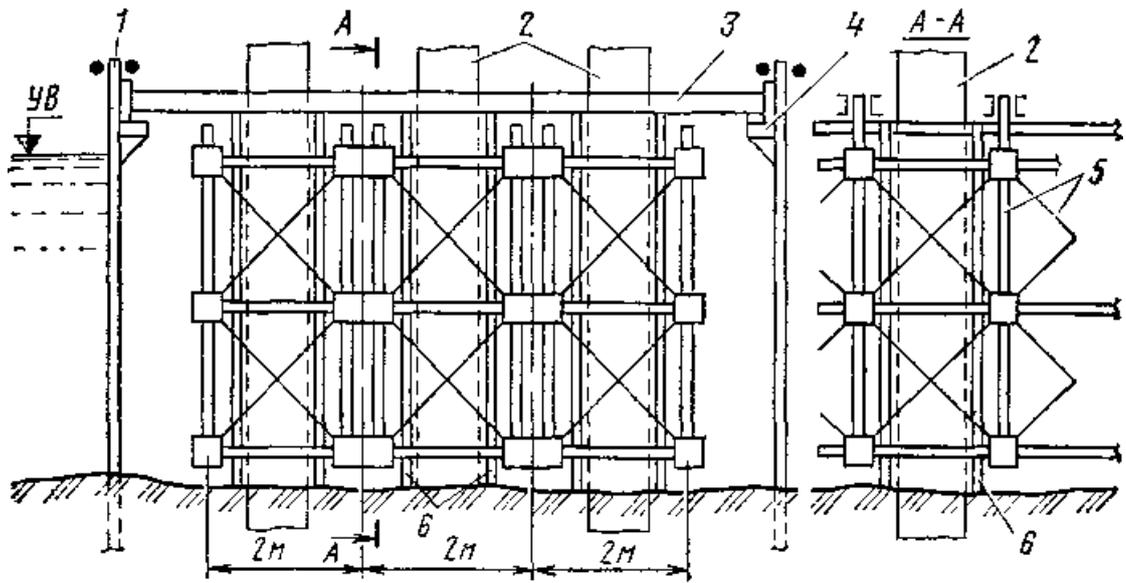


Рис. 86. Каркас из элементов УИКМ для направления оболочек диаметром до 3 м

1 — ограждение котлована 2 — оболочки; 3 — опорный швеллер, 4 — обвязка крепежная ограждения 5 — конструкции УИКМ, 6 — деревянные направляющие брусья

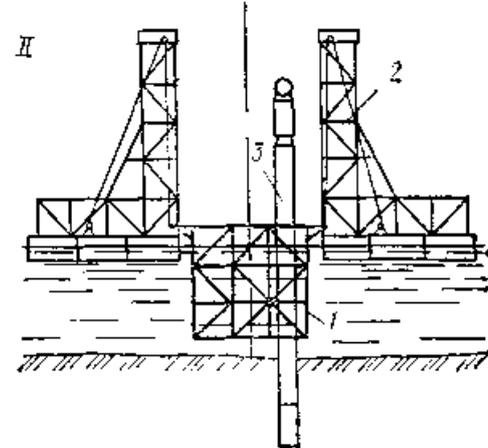
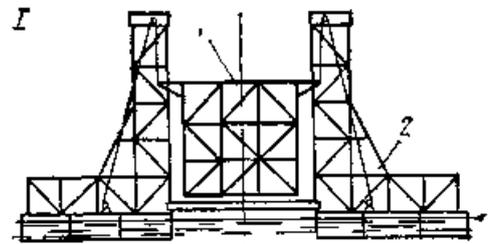


Рис. 87. Схема установки каркаса для погружения оболочек с помощью плавучих устройств

1—II — этапы установки каркаса, 1 — каркас, 2 — вышка, 3 — манная оболочка

Рисунок. Погружение свай-оболочек с использованием каркаса

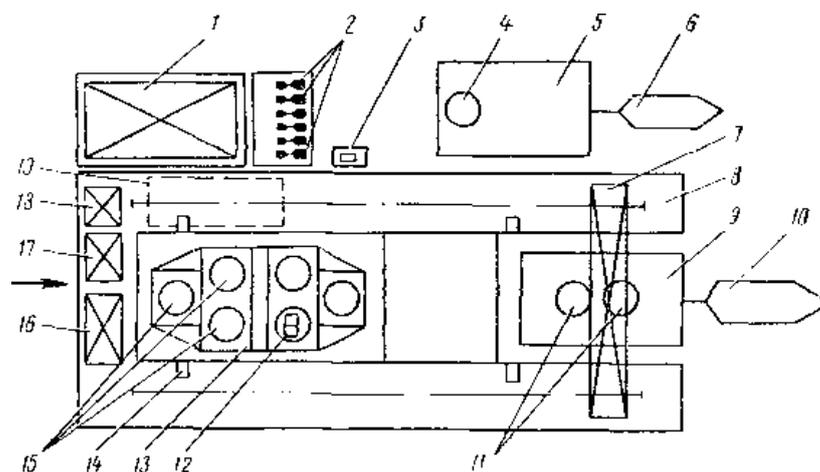


Рисунок. План расположения оборудования и механизмов при погружении оболочек: 1 – электростанция; 2 – насосы; 3 – компрессор; 4 – звено оболочки; 5 – палуба с плавучим краном; 6 – буксир крана; 7 – порталный кран; 8 – плашкоут из понтонов КС; 9 – плашкоут для подвоза секций оболочек; 10 – буксир; 11 – секции оболочек; 12 – спаренные вибропогружатели; 13 – направляющий каркас; 14 – лебедка; 15 – погруженные оболочки; 16 – помещение для рабочих; 17 – трансформаторная подстанция; 18 – пульт управления вибропогружателем; 19 – подмывные трубы

Погружение оболочек связано с применением большого числа оборудования. Для питания электроэнергией нужны трансформатор или автономная электростанция, для подмыва и удаления грунта эжекторами – центробежные насосы и компрессор; нужны также электросварочные аппараты, краны и лебедки разной грузоподъемности для такелажных работ и т. д. В случае сооружения опоры в русле реки для размещения оборудования нужны плавучие средства.

Технология погружения оболочек

Технология погружения оболочки складывается из ряда операций:

- 1) транспортирования звеньев в пределах стройплощадки;
- 2) подъема их и установки в направляющие устройства;
- 3) соединения звеньев между собой;
- 4) установки и закрепления вибропогружателя на оболочке;
- 5) собственно погружения оболочки и сопутствующих работ.

Звенья транспортируют в вертикальном и горизонтальном положении. Перед установкой их размечают по длине краской для наблюдения за скоростью и глубиной погружения.

Оболочки стыкуют из отдельных звеньев на полную длину или наращивают по мере их погружения. Устройство стыков снижает темп погружения, поэтому предпочтительнее предварительно укрупнить звенья в секцию. Звенья соединяют между собой болтами на фланцах или сваркой.

Первые секции оболочек длиной меньше глубины воды временно подвешивают на каркасы хомутами, после чего наращивают очередное верхнее звено. Поднимают и устанавливают вибропогружатель на оболочку краном, предназначенным для погружения. Вибропогружатель устанавливают на голову оболочки и соединяют с ней переходником только после проверки правильности положения направляющих устройств.

Если мощность вибропогружателя недостаточна, то силы трения между грунтом и поверхностью оболочки можно уменьшить рыхлением грунта напорной водой (подмывом).

При устройстве оснований из оболочек диаметром более 2 м в песчаных грунтах для преодоления сил трения часто одного наружного подмыва оказывается недостаточно. Тогда дополнительно применяют подмыв изнутри оболочки.

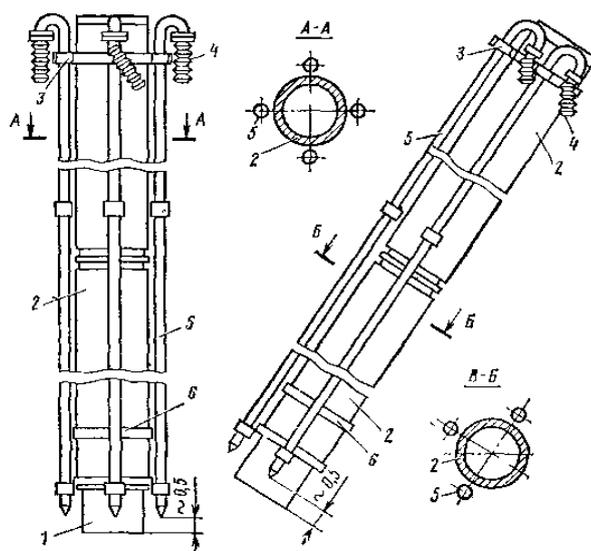


Рисунок. Расположение и крепление подмывных труб к вертикальной и наклонной оболочкам: 1 – нож; 2 – оболочка; 3 – удерживающим хомут; 4 – резиновый шланг, 5 – подмывная труба; 6 – направляющий хомут

Разработка грунта и заполнение оболочек бетоном

По мере погружения оболочки большого диаметра из внутренней полости эжекторами или грейферами извлекают грунт. Песчаные, супесчаные и слабые хорошо размываемые глинистые грунты разрабатывают эрлифтом или гидроэлеватором. После удаления грунта полость оболочки бетонируют.

Тема 14. Фундаменты на сваях и столбах с устройством уширения у основания.

Виды свай и столбов с уширениями

При недостаточно прочных грунтах глубокие фундаменты возводят, применяя разбуривание с устройством специального уширения у основания.

Такие конструкции называют буровыми сваями и буровыми столбами.

Известны два способа возведения:

1. Специальными станками первоначально разбуривают в грунте глубокую скважину с последующим устройством уширения в ее основании. В скважину устанавливают арматурный каркас и заполняют ее бетонной смесью.

2. В верхние слабые слои грунта погружают железобетонную оболочку, затем через ее полость бурят дальше скважину (до уровня более прочных грунтов) с устройством или без устройства в них уширений. После разбуривания скважины, если это требуется, в нее до бетонирования опускают арматурный каркас.

Железобетонную оболочку применяют для повышения стойкости наружных бетонных поверхностей верхней части бурового столба и сваи от истирающего или агрессивного воздействия водного потока или ледохода. Особый вид – камуфлетные сваи с уширением, образуемым в полых сваях взрывчатым веществом.

Буровые столбы с уширениями применяют обычно при вертикальном их положении. Буровые сваи могут быть выполнены как вертикально, так и наклонно. Устройство уширенных пят в основании вертикальных и наклонных столбов и свай применяют в связных и в несвязных грунтах при отсутствии валунов, скальных прослоек, затонувших деревьев и других предметов.

Оборудование для возведения фундаментов на сваях и столбах с уширением

Процесс возведения фундаментов на буровых сваях и столбах состоит из следующих операций:

1) подготовки площадки для производства работ, что при наличии воды требует устройства островка или специальных подмостей;

2) устройства скважины в грунте с применением соответствующего оборудования;

3) установки арматурного каркаса и заполнения бетонной смесью пробуренной скважины;

4) устройства фундаментной плиты.

Для возведения бурообсадных столбов добавляется операция по заглублению в грунт железобетонных оболочек. Когда оболочки намечается расположить только в верхней части столба, их погружают до бурения скважины, и они служат направляющими для бурения. На всю глубину образуемого столба оболочки можно опускать после бурения скважины, не прибегая к вибропогрузителям.

После погружения внутренние полости оболочек и разбуренные скважины промывают напорной водой и заполняют бетонной смесью способом ВПТ – вертикально перемещающейся трубы.

Для бурения наклонных скважин в мостостроении применяют станки, в которых буровая колонна опирается на стрелу копра или агрегата и цилиндрические направляющие, установленные в пределах устья скважин, что и обеспечивает ей заданный уклон.

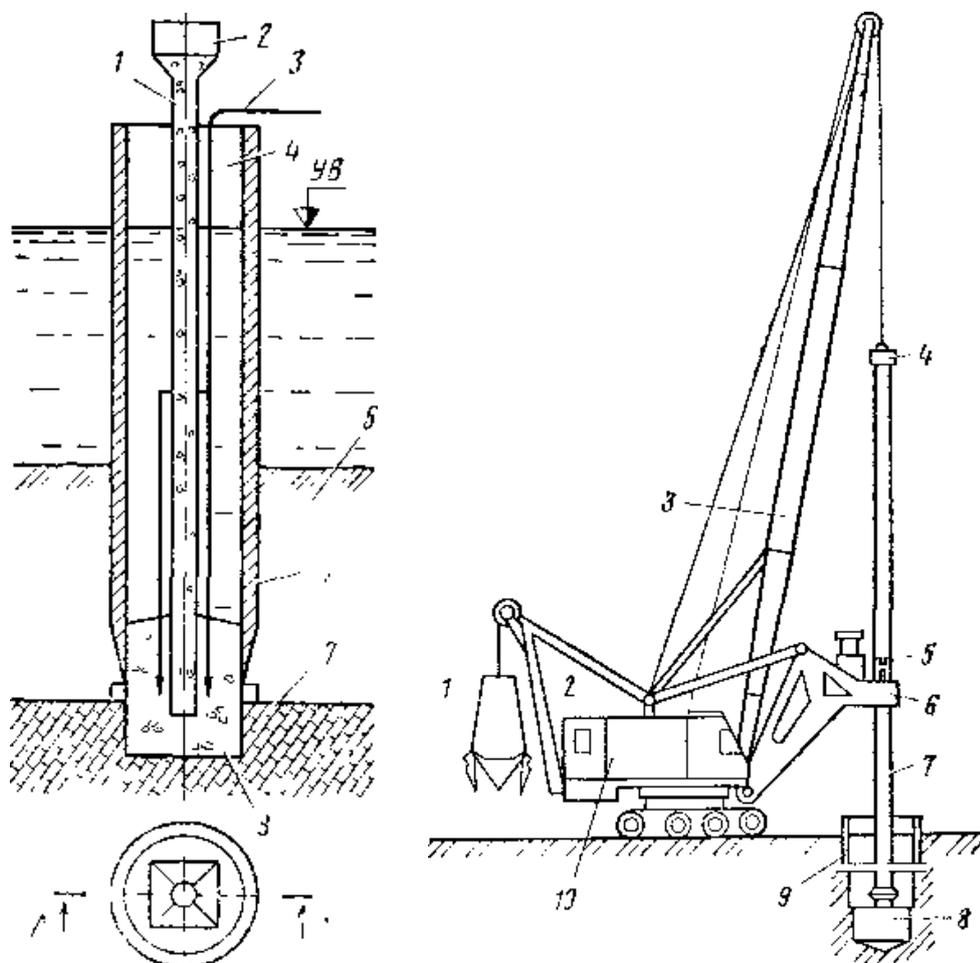


Рисунок. Схема укладки подводного бетона в оболочку: 1 – бетонолитная труба; 2 – бункер; 3 – водопровод; 4 – подмывные трубы; 5 – грунт; 6 – бетонная смесь; 7 – скальная порода

Особенности бурения скважин

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 из УИКМ.

При устройстве буровых свай или столбов без оболочек крепление стенок скважин от возможного обрушения грунта обеспечивают создание избыточного давления воды в скважине, применением глинистого раствора, с помощью инвентарных металлических труб и другими способами.

Создание избыточного давления воды при бурении в связных и водонасыщенных несвязных грунтах достигается установкой сверху скважины обсадных труб, а уровень воды в скважине поддерживается специальной насосной установкой на 3–5 м выше уровня грунтовых или поверхностных вод

Применение глинистого раствора позволяет обеспечить сохранность скважины от обрушения в сыпучих слабосвязных грунтах. Глинистый раствор представляет механическую смесь воды с глиной.

Глинистый раствор циркулирует в разрабатываемой скважине, очищая забой от разбуренной породы, и охлаждает разогревающееся при бурении долото.

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, бетонолитную трубу с бункером сверху и талью для их подъема. Затем бесперебойно подают и укладывают бетонную смесь

Прочность бетона при подборе его состава назначают на 10% выше принятой проектом. Подвижность смеси обеспечивается применением заполнителя в виде гравия, а также введением в смесь пластифицирующих добавок. В период бетонирования подвижность смеси должна соответствовать осадке конуса не менее 18 см. Интенсивность укладки бетонной смеси назначают из условия заполнения скважин не менее 4 пог. м. в час по ее высоте.

Тема 15. Устройство фундаментов на опускных колодцах

Опускные колодцы представляют собой открытую сверху и снизу полую массивную конструкцию, погружаемую под воздействием собственного веса. Грунт удаляют грейферами или с помощью гидромеханизации. После опускания колодца до прочных грунтов внутреннюю полость заполняют бетоном на всю высоту или внизу в виде плиты. Вверху устраивают сплошную железобетонную плиту, на которой сооружают тело опоры. При больших размерах опор в плане фундамент устраивают из нескольких рядом расположенных колодцев.

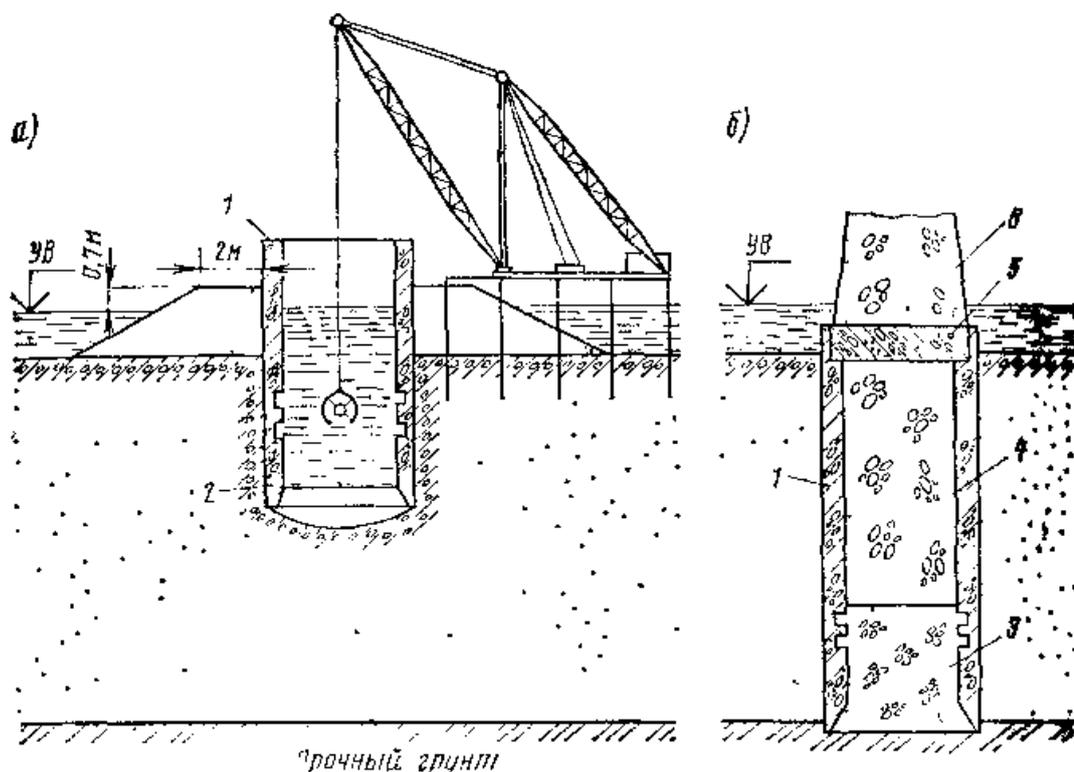


Рисунок. Опускной колодец: 1 – стенка колодца; 2 – консоли ножа; 3 – подводный бетон; 4 – бетонная смесь, укладываемая насуху; 5 – железобетонная плита; 6 – тело опоры

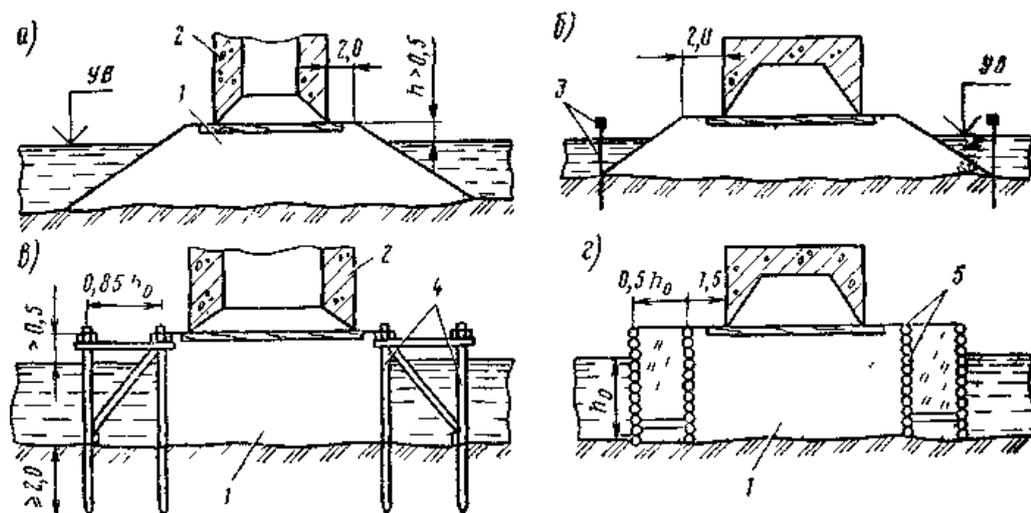


Рисунок. Искусственные островки для опускания колодцев на реке:
 1 – островок; 2 колодец; 3 – ограждение шпунтовой стенкой; 4 – шпунтовый ряд; 5 – ряжевая перемычка

Применение опускных колодцев целесообразно в песчаных, песчано-галечных и гравелистых грунтах, поддающихся разработке гидроэлеваторами или грейферами. Колодец можно опускать на глубину – до 70 м и более.

Островки без ограждения устраивают прямоугольного очертания в плане, а огражденные островки могут быть прямоугольной и цилиндрической формы. Прямоугольные островки высотой до 4–5 м ограждают деревянными шпунтовыми стенками, при больших высотах – стальным шпунтом.

Массивные опускные колодцы изготавливают из слабоармированного бетона. Опалубку нижней части колодцев, имеющих металлические ножи, устанавливают на прокладки из деревянных брусьев, уложенные на спланированной песчаной подушке толщиной не менее 40 см.

По достижении бетоном проектной прочности колодец разопалубивают и снимают с подкладок. Вслед за удалением фиксированных подкладок колодец осматривают и, если в нем не обнаруживают повреждений, составляют акт, разрешающий начинать погружение.

Если на мосту нужно опускать несколько одинаковых по конфигурации колодцев, их изготавливают в сборно-разборной или инвентарной металлической опалубке.

Колодцы высотой до 7–8 м обычно изготавливают сразу на всю высоту, а при большей высоте – по секциям. Сначала бетонируют и опускают в грунт нижнюю секцию, а затем последовательно остальные секции по 4–6 м.

Применяют также и сборные опускные колодцы из готовых звеньев. Устанавливают сначала несколько первых колец, а затем по мере опускания

последовательно наращивают звенья, устанавливая на цементный раствор и объединяя сваркой металлических закладных частей.

Опускной колодец погружается за счет преодоления боковых сил трения собственным весом при одновременном извлечении грунта из шахт механическим (грейфером) или гидромеханическим (гидроэлеваторами или эрлифтами) способом. Для этого необходимо, чтобы вес колодца на проектной отметке с учетом потери веса в воде превосходил не менее чем на 20–25% возможное боковое трение грунта.

Если вес колодца недостаточен, то применяют подмыв грунта, для чего у ножа и по наружной поверхности стен до бетонирования колодца устанавливают подмывные трубы ярусами через 3–4 м по высоте.

Грунт в колодце в процессе погружения выбирают равномерно по всей площади шахт.

С целью снижения сил трения грунта по наружным поверхностям погружаемого колодца применяют тиксотропные рубашки. Для этого нижнюю часть колодца на высоте 2–3 м делают немного шире, образуя, таким образом, по всему периметру наружный уступ шириной 10–13 см.

Бетонной смесью заполнять колодец желательно насухо с водоотливом. При работе без водоотлива нижнюю тампонажную подушку бетонируют способом ВПТ. Толщина слоя бетона, укладываемого подводным способом, должна быть не менее 1 м. Когда прочность подводного бетона достигнет не менее 5 МПа, воду из колодца откачивают, а его внутреннее пространство заполняют бетонной смесью насухо.

Тема 16. Бетонные работы на строительстве сооружения и при изготовлении сборных конструкций

Бетонные и железобетонные мостовые сооружения за время эксплуатации подвергаются воздействиям окружающей среды и интенсивной нагрузки, возрастающей с течением времени. В связи с этим к качеству бетона предъявляются высокие требования, которые зависят:

- 1) от напряженного состояния конструкции, определяемого расчетом;
- 2) характера загрузки (статической или многократно повторной нагрузкой) моста;
- 3) места положения (подводное, в переменных уровнях воды, надводное);
- 4) особенности окружающей среды (климатические влияния, агрессивные воздействия среды) и т. д.

Прочность бетона проверяют испытанием контрольных образцов. Основными характеристиками бетона служат проектные классы по прочности при сжатии и по морозостойкости.

Прочность бетона обеспечивают подбором состава и способа приготовления смеси с уходом за свежеложенным бетоном.

Стойкость бетона в агрессивной среде обеспечивают соблюдением требований по прочности и плотности, а также применением сульфатостойких цемента.

Для снижения усадки и сокращения расхода цемента нужно стремиться применять бетонные смеси с возможно меньшим водоцементным отношением. При интенсивной проработке и введении пластификаторов можно применять смеси с В/Ц равным 0,45–0,30.

Количество цемента и расход воды для приготовления бетонной смеси устанавливают при подборе состава в зависимости от заданной прочности бетона, его назначения, условий укладки, марки цемента и качества заполнителей.

Выбор цемента зависит также от особенностей среды, в которой будет расположена бетонная конструкция, и принятой технологии производства работ.

Транспортирование и укладка бетонной смеси

Промышленные предприятия, изготавливающие сборные железобетонные конструкции, а также мостовые базы, приобъектные полигоны крупных строек создают централизованные бетонные хозяйства, имеющие бетоносмесительную установку (БСУ), склады заполнителей и цемента с постоянным водоснабжением и обогревом материалов в холодное время года.

Транспортирование бетонной смеси к месту укладки нужно обеспечивать в самые короткие сроки, без задержек в пути и с сохранением ее однородности.

Для обеспечения монолитности конструкции укладка бетонной смеси требует соблюдения основного правила: новый слой должен быть уложенным в опалубку до начала схватывания ранее уложенного.

Бетонную смесь укладывают в конструкцию равномерными горизонтальными или наклонными слоями (15–20°).

Смесь уплотняют вибрированием, смесь приобретает текучесть, обеспечивая хорошее заполнение форм и плотность укладки.

На заводах и стационарных полигонах, изготавливающих в массовом порядке мостовые железобетонные конструкции, применяют объемное уплотнение на вибростолах, виброподдонах и центрифугами.

Для хорошего уплотнения бетонной смеси в длинномерных балках или блоках составных конструкций пролетных строений часто применяют виброподдоны.

Действие виброподдонов снизу бетонируемой конструкции можно сочетать, например, с верхним вибропригрузом или с площадочными вибраторами, расположенными на плите балок.

Уход за свежеложенным бетоном и его тепловлажностная обработка

Для обеспечения качества бетона важно соблюдать установленные правила ухода и его тепловлажностной обработки. Тепловлажностная обработка ускоряет набор прочности бетона, чтобы увеличить оборачиваемость опалубок и повысить производительность предприятия. Тепловлажностную обработку нужно производить через несколько часов после того, как бетон наберет хотя бы небольшую прочность в условиях естественного твердения.

Для создания структуры бетона, обеспечивающей его прочность, морозостойкость и водонепроницаемость, большое значение имеет влажная окружающая среда, задерживающая испарение влаги из бетона. Влажную среду для свежеложенного бетона создают, помещая готовые изделия в водонасыщенные пропарочные камеры, пропаривая изделия в горячих ваннах, устраивая специальные водонепроницаемые покрытия на поверхности бетона, укрывая поверхность его опилками с поливкой водой и, наконец, просто периодической поливкой.

Прочность бетона после пропаривания проверяют испытанием кубиков, изготовленных во время бетонирования изделий. Образцы бетона проходят одинаковый с изделием цикл тепловой обработки.

Равномерность прогрева и снижение возможности появления усадочных и температурных трещин достигают при тепловлажностной обработке в водяном бассейне, с водой, нагретой до температуры 20–25 °С, полностью погружая изделия, прошедшие предварительно выстойку, после погружения температуру воды повышают до 50–60 °С, а затем постепенно снижают.

Для ускорения твердения бетона изготавливаемых как сборных, так и монолитных конструкций применяют электропрогрев. Он целесообразен при наличии дешевой электроэнергии и небольших объемах работ, когда экономически невыгодно организовывать пропаривание с постройкой камер, котельных и пр.



Рисунок. Защитная пленка на пролетном строении



Рисунок. Защита свежеложенного бетона

Контроль качества бетонных работ

На всех стадиях бетонных работ контролируют качество исходных материалов – цемента, заполнителей и воды, а также качество приготовления и укладки смеси, уход за свежеложенным бетоном. При контроле отбирают пробы бетона и испытывают их. Результаты заносят в журналы и оформляют актами и паспортами на оконченную продукцию. Поступающие из карьера песок и крупные заполнители должны иметь паспорта, удостоверяющие соответствие качества материалов требованиям норм. В случае отсутствия паспортов или при использовании местных материалов производят их испытания.

Перед началом работ по приготовлению бетонной смеси проверяют влажность заполнителей. На открытых складах хранения и при резких изменениях погоды влажность нужно проверять через каждые 2–3 ч, пока не установится ее постоянный уровень.

В процессе твердения бетона контролируют тепло-влажностные условия среды и бетона. Контроль режима пропаривания – ответственная часть изготовления конструкций с хорошей структурой бетона и без температурных трещин.

Прочность увлажненного бетона проверяют испытанием на сжатие серий стандартных образцов, изготовленных из рабочей бетонной смеси и выдержанных как в условиях стандартного хранения образцов, так и в условиях, соответствующих твердению изделия.

Основной вид контрольных образцов бетона – кубики размером 20×20×20 см. В отдельных случаях изготавливают призмы 20×20×60 см. Для проверки цементных растворов применяют кубики 7×7×7 см. Кубики готовят только в чистых, тщательно изготовленных металлических формах с хорошей смазкой их поверхности до укладки смеси. Каждая серия образцов состоит не менее чем из трех кубиков. Бетон всех образцов серии должен быть из одного и того же замеса (или из одного и того же бункера, автомобиля-самосвала и т. п.). Образцы испытывают в возрасте 28 дней и в другие сроки, предусмотренные проектом с учетом срока загрузки бетона в конструкции. Кроме контроля прочности бетона, ОТК заводов и полигонов проверяют соответствие размеров изготовленной конструкции рабочим чертежам, внешнюю форму и отделку поверхностей.

Тема 17. Арматурные работы

Виды арматуры и основные требования к ней

В мостовых конструкциях, особенно в пролетных строениях длиной более 18–21 м, наряду со стержневой арматурой разных классов применяют

высокопрочную проволочную арматуру диаметром от 4 до 8 мм в виде пучков из прямых проволок, так и витых прядей, и канатов заводского изготовления.

Стержневая арматура средних и больших диаметров поступает с заводов пучками прямых стержней длиной до 6–12 м, а при специальных заказах до 18 м. Для изготовления длинномерных изделий ее стыкуют. Мелкосортная арматура диаметром от 6 до 12 мм поступает в мотках (бухтах); эту арматуру затем разматывают и выправляют.

Проволочную холоднотянутую высокопрочную арматуру диаметром от 2 до 8 мм поставляют в мотках (бухтах) с длиной проволоки не менее 300 м. Заводы могут поставлять витые пряди длиной не менее 200 м в бухтах или на катушках-барабанах. Диаметры бухт или катушек для проволок и прядей диаметром до 9 мм должны быть не менее 1200 мм, для прядей диаметром 12–15 мм – не менее 2000 мм. Эти требования направлены на сокращение объема работ по последующей правке при размотке проволок и прядей.

Приемка и хранение арматуры. Организация арматурных работ

Поступающая арматура должна иметь сертификаты, а на каждом мотке и катушке – металлические бирки. Независимо от наличия сертификатов арматуру подвергают контрольным испытаниям. Поступившую партию используют в дело только в том случае, если испытания показали физико-механические характеристики не ниже браковочных минимумов, установленных стандартами.

Арматурную сталь хранят на стеллажах по партиям, диаметрам и видам стали. Стеллажи должны быть устроены в закрытом помещении или под навесами. Высокопрочную проволоку, пряди и канаты, хранят в сухом отапливаемом помещении во избежание коррозии.

В состав основного оборудования арматурного цеха входят:

- 1) станки для размотки, правки, очистки, резки и гнутья арматуры;
- 2) машины для сварки арматуры и арматурных сеток;
- 3) станки для изготовления пучков из высокопрочной проволоки;
- 4) кондукторы для сборки арматурных каркасов;
- 5) лебедки и гидравлические домкраты для предварительной вытяжки на стендах стальных тросов спиральной свивки.

При больших объемах арматурных работ для гнутья используют приводные станки, снабженные гибочным диском, во время вращения которого стержень, расположенный между двумя упорами-пальцами, изгибается. Приводные станки для гнутья хомутов оборудуют приспособлениями для одновременного пакетного гнутья нескольких стержней малых диаметров.

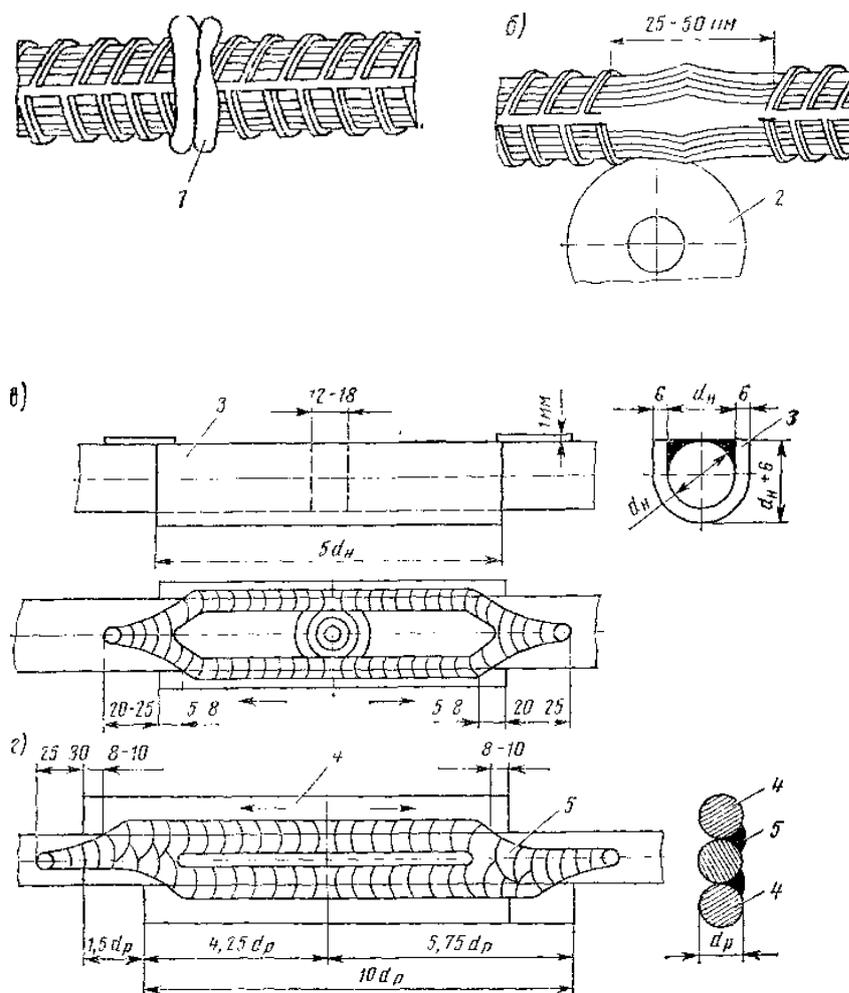


Рисунок. Стыки стержневой арматуры: а – контактный на сварке; б – то же после зачистки; в – ванный; г – на парных накладках; 1 – наплывы металла после сварки; 2 – положение наждачного круга; 3 – подкладка ванны; 4 – стыковая накладка; 5 – наплавленный сварной шов

При всех способах соединения стержней рабочей арматуры обеспечивают стык равнопрочный с целым стержнем. В элементах мостов, испытывающих многократно повторяющиеся переменные напряжения, сварные стыки должны обладать и достаточной выносливостью. В мостовых конструкциях наиболее часто применяют:

- 1) стыки контактные зачищенные и незащищенные, при которых можно получить хорошие показатели прочности и выносливости стыков;
- 2) ванные стыки на удлиненных и коротких подкладках;
- 3) стыки с парными накладками (они дают худшие результаты, а поэтому применяются в ограниченных размерах).

Стержневую арматуру стыкуют с помощью контактной сварки методом непрерывного оплавления на стационарных сварочных машинах. При таком

способе обеспечивается прямая передача усилия от одного стержня к другому, что позволяет получить прочность и выносливость, близкую к цельному стержню.

Для свай, оболочек, труб, нижних поясов балок применяют непрерывные спиральные хомуты, на изготовление которых, по сравнению с обычными, требуется меньший расход стали и ниже трудоемкость работ. Для изготовления таких хомутов применяют установку с вращающимся барабаном.



Рисунок. Проведение арматурных работ на пролетном строении

Особенности подготовки высокопрочной арматуры

Поступающую на производство высокопрочную проволочную арматуру правят и формируют в пучки необходимой длины и состава, используя ротационные установки, совмещенные с механизмами для сборки и вязки прядей.

Для резки проволоки с последующим образованием на них высаженных анкерных головок применяют специальные ножницы. Проволочные пряди и канаты разрезают фрикционно-дисковыми пилами.

Для натяжения высокопрочной арматуры и передачи усилий натяжения бетону применяют анкеры и захваты различного вида и назначения.

Для напрягаемых пучков получили большое распространение конусно-клиновые стальные анкеры. В этом типе анкеров закрепление проволок пучка достигается плотным их заклиниванием в зазоре между наружной обоймой и внутренним конусным клином, выполняемыми из специальных видов стали. Натяжение пучка и заклинивание анкера обеспечивается специальными гидравлическими домкратами двойного действия.

Более экономичен способ анкеровки путем создания утолщенной головки на концах, что позволяет надежно закреплять ее в анкерах, не опасаясь их проскальзывания.

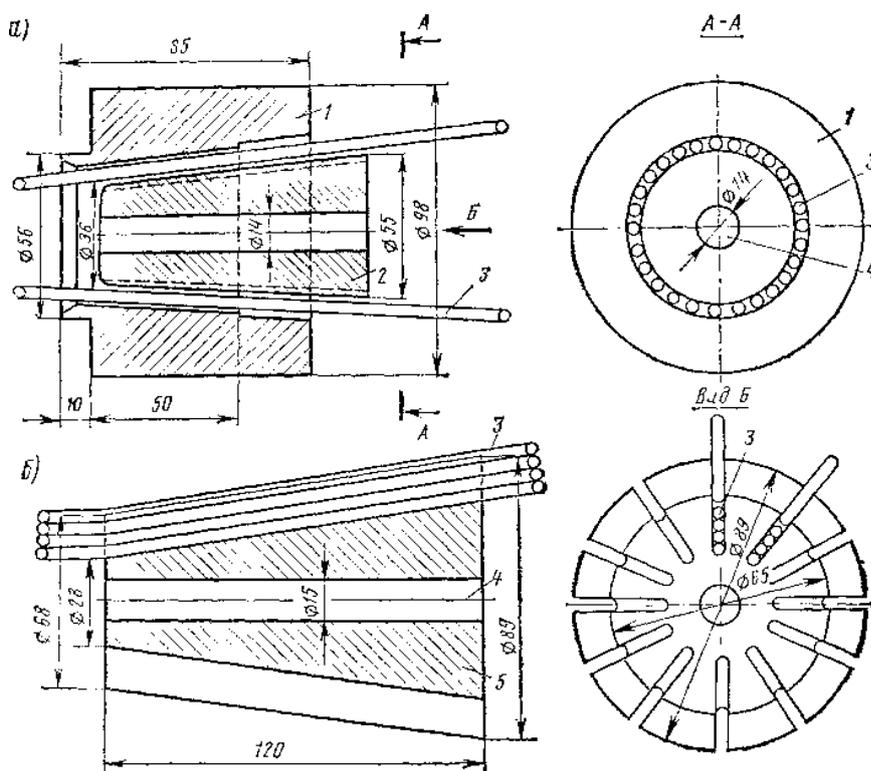


Рисунок. Конусно-клиновые анкера: а – на 24 проволоки; б – на 48 проволок; 1 – анкерная колодка; 2 – конусная пробка; 3 – проволока; 4 – отверстие для инъекции; 5 – конусная пробка с прорезями

Арматурные пучки натягивают гидравлическими домкратами. Разные виды и размеры анкеров такого типа, и технологическое оборудование для изготовления пучков и их натяжения позволяют применять высокопрочную проволоку диаметром от 5 до 8 мм.

Сборный натяжной анкер для пучков из 24 и 48 проволок состоит из ряда пластинок с отверстиями для них. Пластинки скреплены между собой двумя винтами (болтами).

Преимущество сборных анкеров в том, что их надевают на арматурный пучок после высадки головок на концах проволок.

Образование на концах проволок высаженных головок производят специальными гидропрессами для проволок диаметром от 5 мм до 8 мм.

Способы натяжения высокопрочной арматуры и необходимое оборудование

Для создания предварительного напряжения в железобетонных конструкциях применяют в основном два способа – механический и термический – для натяжения как одиночных элементов (пучка, пряди, каната, стержня), так и большой группы напрягаемых элементов одновременно. Для механического способа создано и используется несколько разных гидросистем, зависящих от конструкции анкерных креплений, необходимого усилия для создания преднапряжения и условий работы с домкратами.

Напрягаемые пучки могут быть натянуты поочередно или одновременно в зависимости от того, как предусмотрено проектом конструкции и технологией ее изготовления.

Особенности электротермического способа натяжения арматуры

Создание предварительного напряжения в арматуре электротермическим способом состоит в том, что под действием тока большой силы арматура, нагреваясь, удлиняется.

Разогретый и удлинившийся стержень закрепляют анкерами в упорах стенда, и тогда при остывании в нем возникают напряжения.

Последовательность натяжения арматурных стержней балки следующая:

1) установка в рабочее положение секторных шарнирных упоров (закрепление опорными винтовыми домкратами и смазка битумом или известково-масляной эмульсией поверхности сектора, выступающей вверх из поддона);

2) нагрев арматурных стержней на специальном столе, расположенном рядом с балкой, и укладка на упоры вначале коротких, средних, а затем длинных стержней;

3) остывание стержней и контроль предварительного напряжения в стержнях. После укладки напрягаемых стержней устанавливают арматурный каркас, потом металлическую боковую опалубку и укладывают бетонную смесь.

Контроль натяжения напрягаемой арматуры

Степень натяжения арматуры контролируют:

- 1) измерением усилия, устанавливаемого по давлению масла в гидравлическом домкрате и определяемого по показанию тарированного манометра;
- 2) замером удлинения арматуры после полного ее натяжения;
- 3) измерением усилия, устанавливаемого с помощью приборов по прогибам участка натянутой арматуры или по частоте ее колебания.

Точность любого механического способа натяжения в отдельных элементах арматуры должна находиться в пределах $\pm 5\%$, при групповом натяжении $\pm 10\%$, а при электротермическом способе натяжения отклонение усилия в отдельных стержнях допускается не более $+10\%$ проектного.

После контрольной проверки степени натяжения арматуры не разрешается оставлять в конструкции более 20% отдельных оборванных арматурных пучков или не полностью натянутых напрягаемых проволок; число таких проволок не должно быть более 5% общего числа в пучке.

Тема 18. Опалубки и формы для изготовления мостовых конструкций

Для бетонирования сборных конструкций на предприятиях МЖБК, а также сооружения на месте возведения опор и пролетных строений применяют разного вида опалубки и формы.

На предприятиях МЖБК опалубки и формы – инвентарное имущество для многократного использования, выполненное из металла, а также с использованием полимеров и стеклопластиков.

К опалубкам и формам предъявляют следующие основные требования:

- 1) они должны обеспечивать получение проектных размеров и геометрических форм;
- 2) обладать точностью, жесткостью и устойчивостью;
- 3) обеспечивать быструю установку и легкое снятие;
- 4) исключать вытекание цементного раствора;
- 5) допускать многократную оборачиваемость;
- 6) обеспечивать удобную установку арматурных каркасов и сеток, а также укладку бетонной смеси;

7) затраты труда и материалов для изготовления, сборки, распалубки, очистки и смазки опалубок и форм должны быть минимальными, обеспечивая хорошее качество поверхности бетона.

При массовом производстве простых элементов небольшой высоты, например, плит проезжей части, карнизных и бордюрных блоков, тавровых балок, блоков опор и фундаментов могут находить применение жесткие матрицы из железобетона, металла и стеклопластиков.

При изготовлении элементов сборных конструкций на предприятиях МЖБК большая оборачиваемость опалубки, интенсивное пропаривание

забетонированной конструкции, постоянные перемещения и сильная вибрация приводят к быстрому износу опалубки и форм. Эти условия необходимо учитывать, создавая конструкции более прочными, особенно для жестких бетонных смесей.

Металлические опалубки и формы

Металлическую инвентарную опалубку изготавливают на специализированных промышленных предприятиях, располагающих кондукторами для сборки, сварки, разметки и установки стыковых соединений. Изготавливаемая мастерскими и заводами щитовая опалубка до отправки на производство должна пройти контрольную сборку и приемку заказчиком.

Большое развитие получила металлическая опалубка для бетонирования балок различной формы и конструкции, выполняемых по стендовой и поточно-агрегатной технологии. Схемы механизированного раскрытия металлической опалубки для изготовления балок могут быть разными. Для разной конструкции упоров-стендов. Боковая опалубка для балок может быть по длине изготовлена как из ряда щитов, так и из одного на всю сторону балки.

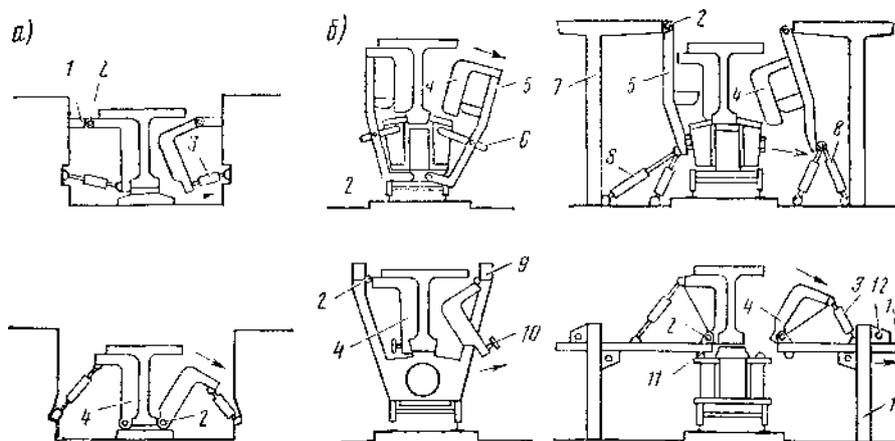


Рисунок. Схемы механизированно-раскрывающейся опалубки для стендов: а – стационарных; б – передвижных; 1 – кронштейн; 2 – шарнир; 3 – винтовая стяжка; 4 – щит опалубки; 5 – рычаг; 6 – винтовой механизм; 7 – эстакада; 8 – гидропривод; 9 – верхняя распорка стенда; 10 – упорный винт; 11 – съемный болт; 12 – ролик; 13 – передвижная балка; 14 – столб

Для изготовления элементов плитно-ребристых балочных пролетных строений, собираемых из отдельных блоков, разработана металлическая опалубка. Вся боковая и внутренняя поверхность такой опалубки состоит из двух наружных щитов, подвешенных на шарнирах к стойкам, двух торцовых и трех

внутренних щитов. Блоки бетонируют на вибрируемых поддонах, расположенных под главными ребрами конструкции.

Виброформы и матрицы

При изготовлении оболочек больших диаметров (до 6 м и более) на полигонах и стройках применяют сборные металлические виброформы, которые состоят из двух половин внутренних и наружных цилиндров, стыкуемых на болтах. Формы устанавливают вертикально на поддоне, расположенном на бетонной подушке. Толщина стенок изготавливаемых оболочек обеспечивается специальными фиксаторами внизу и вверху, установленными между цилиндрами оболочек. Фиксаторы обычно остаются в теле бетона. Для изготовления оболочек разной длины полуцилиндры по длине могут быть составными с фланцевыми соединениями на болтах. Виброформы длиной, обычно кратной 2 м, выполняют из листового металла толщиной 4–5 мм с кольцевыми и продольными ребрами из полосовой стали и фланцами из угольников небольших размеров. При сборке формы наружный цилиндр устанавливают после закрепления арматурного каркаса оболочки. Для подачи бетонной смеси наверху формы есть коническая воронка с вибратором. На форме закрепляют несколько наружных вибраторов по высоте. Для изготовления звеньев круглых труб применяют виброформы. Часто формы устанавливают на вибростол, не применяя наружных вибраторов.

Матрицы для массового серийного изготовления деталей выполняют из бетона и железобетона высокой марки, а также из чугуна, стали, полимербетона и стеклопластиков.

Поверхность бетонных матриц со стороны изделия хорошо заглаживают затиркой цементного или полимерцементного раствора. По контуру к матрице прикрепляют закладные или откидные борта. Для облегчения извлечения готового изделия вертикальным поверхностям матриц придают уклон и сопрягают с горизонтальными поверхностями плавным круговым переходом. Для уменьшения сцепления изделия с бетоном поверхность матрицы смазывают масляными эмульсиями.

Отрыв можно облегчить гидравлическими выталкивателями, заделываемыми в бетон матрицы, к которым по трубам подается вода под давлением. Лицевую поверхность матриц из бетона и металла можно покрывать полимерными составами (смесями) из эпоксидной смолы и кремнийорганических добавок, которые обладают хорошей сцепляемостью с поверхностью матриц (адгезией).

Смесь наносят на поверхность матрицы кистями в два слоя. После полимеризации покрытия укладываемая бетонная смесь не прилипает, позволяя тем самым обходиться без смазки поверхностей матрицы.

Тема 19. Сооружение монолитных опор

Подготовка опалубки

Речные и береговые опоры больших мостов возводят из монолитного бетона в стационарной или в щитовой сборной опалубке. При большом числе опор с прямолинейными и криволинейными одинаковыми поверхностями стремятся многократно использовать сборную опалубку, выполняемую в виде стандартных щитов. При постройке из монолитного бетона высоких опор эстакад и виадуков эффективна скользящая опалубка. Для возведения сборно-монолитных опор применяют контурные бетонные и железобетонные балки, изготавливаемые на полигоне и служащие опалубкой и конструктивным элементом опоры. После установки блоков ядро такой опоры заполняют монолитным бетоном.

После устройства фундамента на верхней его плоскости производят контрольную геодезическую разбивку для уточнения положения осей и контурных очертаний верхней части опор. Плоскость верха фундамента очищают для последующих работ по установке стационарной или сборно-щитовой опалубки. Элементы опалубки в виде щитов, брусьев, строганых досок и металлических креплений подготавливают заранее на стройплощадке.

До начала бетонирования опор проверяют готовность установленной опалубки, ее размеры и закрепление, очищают от мусора место укладки бетонной смеси. Если опора армирована, то проверяют закрепление стержней и обеспечение размеров защитного слоя. Непосредственно перед бетонированием опалубку покрывают составами, снижающими сцепление с бетоном.

Бетонную смесь готовят в бетоносмесительных установках на строительной площадке или получают в виде товарного бетона, доставляемого с бетонных заводов.

Бетонную смесь опускают внутрь опалубки, выгружая ее на уровне бетонирования непосредственно у места укладки. Высота свободного сбрасывания смеси не должна быть более 3 м. Если смесь не удастся подать сразу к месту укладки, то ее разгружают в промежуточный расходный бункер, расположенный на верхнем уровне опалубки. Из бункера смесь распределяют по площади опоры вибрлотками, по трубам или развозят тачками. Стальные трубы для подачи бетонной смеси выполняют из отдельных звеньев конической формы. По мере бетонирования трубы укорачивают, снимая нижние звенья. Деревянные трубы (рештаки) устраивают тоже из отдельных звеньев, постепенно

удаляемых в процессе бетонирования. Расстояние между трубами принимают не более 4 м. Под трубами укладывают деревянные или стальные щиты, с которых смесь снимают лопатами и разравнивают слоями по площади бетонирования.

Укладка бетонной смеси должна обеспечивать монолитность и плотность бетонной кладки. Для этого каждый слой смеси нужно уложить на предыдущий до начала схватывания последнего. С этой целью бетонуют безостановочно и по возможности на полную высоту опоры. При вынужденных перерывах в создаваемых рабочих швах обеспечивают хорошее сцепление последующей бетонной кладки с ранее уложенной.

Для повышения трещиностойкости и долговечности бетонных опор нужно избегать устройства рабочих швов в пределах колебания уровня льда в реке. Для повышения сцепления нового бетона со старым по плоскости рабочих швов перед перерывом бетонирования в незатвердевший бетон погружают короткие стержни арматуры диаметром 16–20 мм или укладывают удлиненные осколки камней. Возобновляют укладку смеси не ранее срока схватывания прежде уложенного бетона. Желательно, чтобы прочность этого бетона к началу последующей укладки смеси была бы не менее 5 МПа. Перед бетонированием с поверхности рабочего шва стальными щетками удаляют цементную пленку и пневматическими молотками насекают бетон, устраивая поверхность шероховатой. До укладки смеси поверхность шва тщательно промывают струей напорной воды и затем наносят слой цементного раствора толщиной 1,5–2,0 см того же состава, что и бетонная смесь. После этого (до схватывания раствора) продолжают бетонирование. Выполненные таким способом рабочие швы обеспечивают достаточно хорошее сцепление старого бетона с новым. В местах, где шов располагается в сильно напряженном сечении конструкции, для повышения сцепления старого бетона с новым рекомендуется применять полимерный клей, нанося его непосредственно перед укладкой смеси тонким слоем на поверхность ранее уложенного бетона.

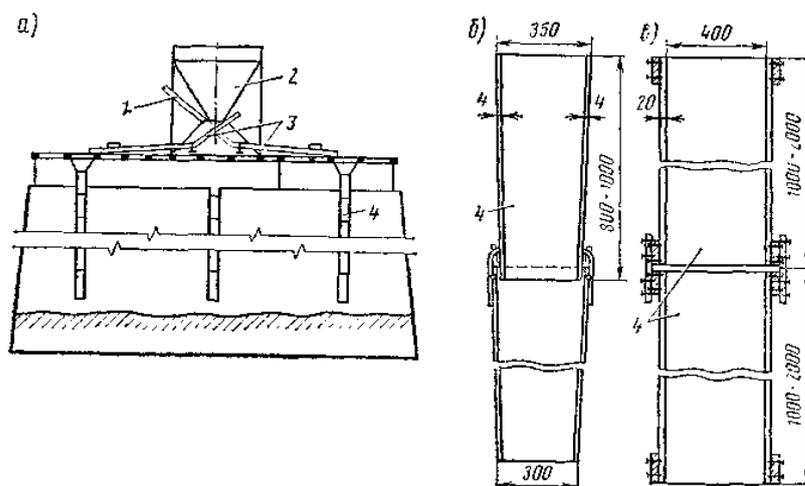


Рисунок. Схема подачи бетонной смеси из бункера по вибралоткам и звеньевым трубам: 1 – вибралоток; 2 – бункер; 3 – желоб-заслонка; 4 – звеньевые трубы

При небольшой площади бетонирования смесь укладывают горизонтальными слоями. Толщина слоя зависит от типа и мощности применяемых вибраторов. При внутренних вибраторах толщину слоя назначают от 25 до 40 см, но не более 1,25 длины рабочей части вибратора, при поверхностных от 10 до 20 см.

Конструкцию небольшой - высоты, но с большими размерами в плане рекомендуется бетонировать наклонными слоями, не сплывающими во время вибрирования. При пластичных смесях с осадкой конуса 2–6 см, рекомендуемых для массивных бетонных опор, угол наклона слоя допускают не круче 30° . При таком способе значительно снижается интенсивность подачи смеси, а, следовательно, не требуется высокая производительность бетоносмесительных установок.

Большие массивы делят по площади и по высоте на отдельные секции, которые бетонировать поочередно. Порядок бетонирования секций назначают так, чтобы к моменту укладки смеси в одну из секций бетон, примыкающий к ней, уже приобрел прочность, допускающую снятие вертикальной опалубки. Монолитность этой кладки достигается устройством хорошо подготовленных вертикальных и горизонтальных рабочих швов между секциями.

Площадь каждой секции при минимальной высоте 2 м рекомендуется принимать не менее 50 м^2 . Вертикальные швы в двух смежных по высоте ярусах секций нужно располагать в перевязку. Например, при общей высоте устоя арочного моста 9 м устраивается три яруса с площадью каждой секции 100 м^2 . При площади горизонтального сечения нижней части устоя с 540 м^2 деление на секции позволяет снизить часовую потребность смеси в 5 раз.

Деление больших массивов на блоки не только облегчает их бетонирование, но и помогает сократить поверхностные трещины в опорах. При твердении бетонного массива температура внутри его значительно повышается за счет тепла, выделяемого при гидратации цемента, в то же время наружный слой его, соприкасающийся с воздухом, охлаждается быстрее. В результате в наружных слоях бетона возникают большие растягивающие напряжения и появляются поверхностные трещины; этому способствует также более интенсивная усадка бетонной смеси в поверхностных слоях.

Для уменьшения усадки поверхностных слоев бетона и уменьшения в них трещин необходимо в период твердения защищать кладку от быстрого высыхания.

Сроки распалубки определяют в зависимости от необходимой прочности бетона в момент удаления опалубки. Минимальные сроки допустимы для опалубки, не несущей вертикальной нагрузки от веса бетона. В этом случае прочность устанавливают такой, чтобы при распалубке не могли быть повреждены бетонные поверхности. Как правило, это возможно при прочности бетона не менее 2,5 МПа. Минимальную прочность бетона при распалубке в конструкциях, вес которых поддерживается опалубкой, необходимо определять расчетом.

Появление трещин в опорах можно снизить следующими мерами:

- 1) не допускать при постройке массивных опор излишне высоких марок бетона или большого расхода цемента;
- 2) более широко применять сборные конструкции;
- 3) пользоваться сборной железобетонной и полимербетонной плитной облицовкой высокой прочности;
- 4) улучшить технологию приготовления бетона, применяя песок и щебень высокого качества, хорошо фракционированные и промытые.

Укладывать внутри опоры можно более жесткую бетонную смесь с тщательным вибрированием, добавлением пластификаторов и принимать другие меры, снижающие расход цемента; смесь надо укладывать интенсивно, не допуская частых горизонтальных швов. При бетонировании в зимнее время теплоизоляцию опор назначать по расчету в зависимости от средней температуры периода бетонирования, однако, не допуская излишней теплоизоляции.

Тема 20. Бетонирование в скользящей опалубке

Конструкции высоких опор эстакад и виадуков с цилиндрической поверхностью или небольшой коничностью наружных граней бетонировать в скользящей инвентарной опалубке в виде стальных щитов высотой 1,2–1,5 м, замкнутых по периметру и расположенных в один ярус. По мере укладки бетонной

смеси со скоростью, которая обеспечивает схватывание бетона в нижней части, выходящей из опалубки, скользящую опалубку поднимают различного вида механизмами. Бетонную смесь применяют с осадкой конуса в пределах 3–5 см.

Металлическую скользящую опалубку поднимают ручными винтовыми домкратами. С этой целью вверху щитов по периметру опоры располагают через 2–3 м ручные винтовые или гидравлические домкраты, соединенные с опалубкой. Домкраты опирают на вертикальные стержни диаметром 25–30 мм, устанавливаемые в теле опоры по ее периметру. Создание конических поверхностей опоры достигается с помощью стяжных винтов и клиновидных угловых фасовок, которые скользят по роликам, установленным между ребрами опалубки. По мере бетонирования и подъема скользящей опалубки ведется осмотр и дополнительная обработка поверхности бетона, выходящей из опалубки. С этой целью к скользящим опалубочным щитам прикрепляют снизу по периметру опоры подвесные подмости для выполнения отделочных работ. Во избежание высыхания свежего бетона понизу опалубки закрепляют полотна («юбку»), охватывающие весь периметр забетонированной опоры и увлажняемые 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. В этом случае значительно снижаются усилия трения опалубки по уложенному бетонному слою. Бетонируют в скользящей опалубке обычно в теплое время года.

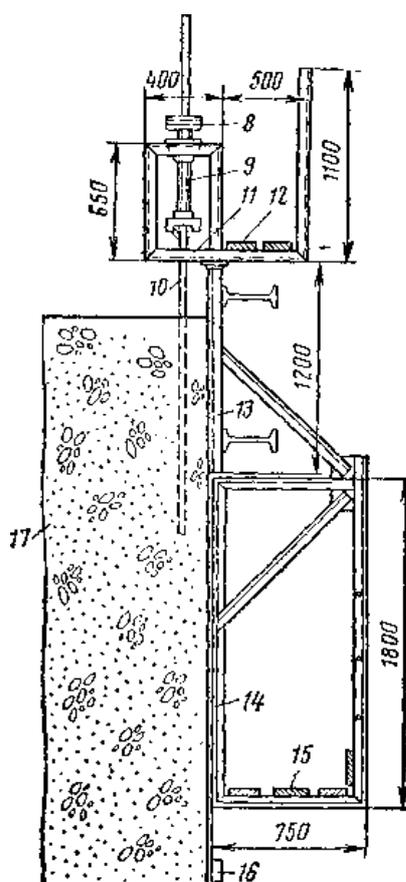


Рисунок. Расположение металлической скользящей опалубки при бетонировании и угловая деталь ее в плане (слева): 1 – горизонтальные ребра опалубки, 2 – клиновидная угловая фасонка; 3 – ролик между ребрами; 4 – стяжной винт; 5 – прямой лист опалубки; 6 – угловой лист; 7 – гайка на наружной нарезке трубы; 8 – верхняя головка домкрата с рычагами для поворота; 9 – труба с нарезкой; 10 – вертикальный стержень; 11 – подъемная рамка на опалубке;
 12 – верхняя рабочая площадка; 13 – опалубка; 14 – водопроводный шланг;
 15 – нижние подмости; 16 – увлажняемая «юбка»; 17 – тело опоры

Тема 21. Особенности постройки опор в зимних условиях

Зимние условия для строительства опор начинаются при низких среднесуточных температурах, но не ниже $+5^{\circ}\text{C}$. В этих условиях опоры (как и другие монолитные конструкции) бетонируют с соблюдением мер, обеспечивающих доброкачественность кладки. Нужно учитывать, что при температуре ниже $+5^{\circ}\text{C}$, твердение резко замедляется, а ниже 0°C практически прекращается.

Замораживание неокрепшего бетона вызывает внутреннее давление от замерзания воды с образованием льда. Прочность, к моменту замораживания, должна быть для бетонных конструкций не менее 70% от проектной, для железобетонных 80%, а для железобетонных свай и оболочек 100%. Для бетонной кладки во время твердения важно поддерживать влажную среду.

Методы бетонирования различных конструкций в зимний период на строительной площадке выбирают с учетом ожидаемой температуры воздуха, размеров и формы конструкций. В случае кратковременных заморозков до минус 3°C бетонировать массивные опоры можно в обычной опалубке. При этом температуру укладываемой смеси рекомендуется иметь не ниже $+10^{\circ}\text{C}$. По окончании бетонирования верхнюю поверхность конструкции нужно утеплять.

При более низких температурах воздуха можно бетонировать по способу термоса в утепленной опалубке с защитным верхним покрытием; применять электропрогрев, или паропрогрев, вводить в смесь химические добавки, понижающие температуру замерзания воды в бетоне (холодный бетон).

Способ термоса – это способ твердения бетона в опалубке за счет тепла, введенного подогретой смесью, а также тепла, возникающего от химической реакции твердевшего цемента (экзотермии). Запас тепла должен соответствовать его расходу на остывание бетона до набора требуемой прочности. Чем массивнее конструкция и ниже модуль поверхности, т.е. отношение охлаждаемой поверхности к ее объему, тем больше выделяется экзотермического тепла, и тем эффективнее применение способа (модуль поверхности должен быть не менее 8). Данный способ наиболее распространен при бетонировании в зимних условиях.

При способе термоса можно также применять бетонные смеси с пониженным водоцементным отношением, цементы повышенных марок или комбинировать этот способ с первоначальным кратковременным обогревом бетона с помощью электропрогрева или паропрогрева.

Электропрогрев целесообразен для конструкций с небольшими размерами и слабым армированием.

В зимних условиях массивные опоры, не имеющие арматуры, можно возводить из «холодного» бетона, при котором химическими добавками удастся понизить температуру замерзания воды в бетоне. Не допускается вводить в смесь химические добавки при температуре наружного воздуха ниже -20°C . В условиях особо низких температур, т. е, ниже -40°C , радикальный способ сооружения бетонных опор – использование объемлющих тепляков в совмещении со способом «термоса».

Теплую бетонную смесь доставляют и укладывают в утепленную опалубку так, чтобы охлаждение бетона было наименьшим. Например, при подаче смеси сверху в бадьях полезно над опалубкой сделать закрытую надстройку, защищающую место укладки от ветра. По этой же причине бетонировать нужно с максимальной интенсивностью. При случайных задержках в подаче смеси поверхность кладки необходимо закрывать.

Тема 22. Особенности постройки монолитных пролетных строений. Подмости и кружала

В мостостроении применяется сооружение железобетонных арочных пролетных строений монолитным способом на подмостях и кружалах.

Ввиду большой трудоемкости, высокой стоимости и сложности возведения монолитные железобетонные пролетные строения сооружают в отдельных случаях.

Возведение монолитных пролетных строений связано с большим объемом вспомогательных работ по сооружению подмостей и кружал, изготовлению и установке опалубки (при незначительной ее оборачиваемости), что вызывает затрату большого количества леса и металла.

Особое место в строительстве монолитных железобетонных мостов занимает возведение пролетных строений навесным бетонированием в пролете, так как работы по бетонированию ведутся с легких металлических инвентарных передвижных обустройств с широким использованием съемной щитовой опалубки. Навесное бетонирование широко распространено за рубежом, где этот способ применяется преимущественно при строительстве консольных и неразрезных пролетных строений длиной более 50 м, расположенных в районах умеренного климата.

Наряду с навесным бетонированием пролетные строения малых и средних мостов можно возводить на стационарных подмостях, сооружаемых в пролете.

В поперечном сечении схема подмостей определяется конструкцией пролетного строения. Стойки подмостей, основные несущие прогоны или подкосные конструкции размещают под главными балками пролетного строения.

При большом расстоянии между главными балками и при широких тротуарных консолях строят дополнительные плоскости подмостей.

Верхняя часть подмостей для балочных пролетных строений представляет собой плотный настил, который обычно служит опалубкой низа главных балок. Настил укладывают по поперечинам из брусьев или окантованных бревен, уложенных на прогоны. При стальных прогонах на верхней их полке закрепляют брусья с верхней поверхностью, очерченной по кривой строительного подъема бетонируемой конструкции.

В подмостях предусматривают устройства (приборы) для раскружаливания, с помощью которых подмости опускают после затвердения бетона изготавливаемой конструкции. В стоечных и башенных подмостях приборы для раскружаливания размещают под прогонами или под рамами опор.

Основания опор подмостей должны иметь минимальные осадки под нагрузкой. Подмости, располагаемые на сухом месте при достаточно плотном грунте, могут иметь основания из деревянных лежней, шпал или окантованных бревен. Лежни укладывают непосредственно на грунт или на отсыпанную песчано-гравелистую подушку. После удаления растительного слоя площадка для лежней должна быть хорошо спланирована и защищена от размыва водой.

В слабых грунтах для подмостей речных пролетов моста применяют свайные опоры.

Для бетонирования арочных пролетных строений устраивают кружала, которые поддерживают конструкцию до момента достижения бетоном (или раствором) необходимой прочности. Наиболее просты в изготовлении стоечные кружала. Однако они требуют большого расхода леса, поэтому их применяют в мостах малой высоты. Подкосные и ригельно-подкосные кружала экономичнее стоечных, а наличие в них подкосов обеспечивает лучшее восприятие тангенциальных сил, действующих по криволинейной поверхности, в результате чего уменьшаются деформации верхней части кружал.

В конструкции кружал обычно различают две основные части: нижнюю – подмости и верхнюю, состоящую из кружальных ферм. Поверху кружальные фермы имеют очертания по кривой возводимых арок (сводов), а понизу расположены затяжки, воспринимающие усилия от подкосов. Между подмостями и кружальными фермами обычно ставят приборы для раскружаливания. В поперечном сечении кружала состоят из ряда кружальных ферм, число которых назначают по расчету в зависимости от конструкции и веса бетонируемого пролетного строения.

При постройке арочных мостов через глубоководные судоходные реки, когда устройство кружал с промежуточными опорами затруднительно или

невозможно, применяют арочные распорные кружала, опирающиеся на опоры моста.

Кружала больших пролетов представляют собой сложные инженерные конструкции, их расчет, проектирование и возведение требуют большого внимания и высококвалифицированного исполнения. Вследствие большого расхода пиленого лесоматериала, повышенной пожарной опасности и трудоемкости изготовления деревянные арочные кружала не применяют, а используют инвентарные металлические конструкции для устройства арочных кружал.

Тема 23. Устройство опалубки и установка арматуры

Опалубку выполняют из элементов, которые можно изготавливать в механизированной мастерской строительства.

Размеры и форму монтажных элементов опалубки назначают применительно к конструкции пролетного строения и к тем грузоподъемным средствам для сборки опалубки, которыми располагает строительство. Значительное сокращение затрат труда по сборке опалубки обеспечивается применением крупных монтажных элементов в виде пространственных блоков.

Боковую опалубку арок и сводов изготавливают отдельными плоскими щитами на строительной площадке. Для получения точных размеров щитов рекомендуется вычерчивать арки на плане в натуральную величину и затем, как по шаблону, изготавливать щиты. В отличие от балочных конструкций арки на участках с крутым подъемом (около пят) должны иметь и верхнюю опалубку, удерживающую бетонную смесь от сползания. Верхнюю опалубку выполняют в виде закладных, устанавливаемых по мере бетонирования.

Боковые щиты опалубки арок соединены между собой верхней распоркой и диагональными схватками, а внизу они закреплены на настиле. Вверху между щитами оставлены щели, в которые устанавливают закладные доски опалубки верха арок. Для пустотелых арок целесообразно устройство опалубки в виде крупных пространственных блоков и щитов, что сокращает время сборки. На выбор типа опалубки пустотелых арок влияет последовательность бетонирования.

Конструкция опалубки колонн надарочного строения зависит от их высоты. При малой высоте колонн, бетонируемых сверху, опалубку собирают полностью до начала бетонирования. Высокие и тонкие колонны обычно бетонируют, подавая смесь сбоку, для чего одну из сторон опалубки устраивают из закладных досок.

Опалубка балок и плит надарочного строения арочных мостов поддерживается конструкциями, состоящими из прогонов и вспомогательных поперечных рам, установленных на бетонированных арках. По насадкам рам

укладывают деревянные или металлические прогоны, на которых собирают опалубку балок и плит.

Арматуру монолитных конструкций перед установкой в опалубку подготавливают в специальных мастерских. Заготовка арматуры должна быть механизирована. Так как установка арматуры в пролете на подмостях и кружалах отдельными стержнями весьма трудоемка, то в мастерских обычно изготавливают укрупненные арматурные элементы в виде плоских и пространственных каркасов и сеток. Каркасы должны быть достаточно жесткими, прочными и неизменяемыми при транспортировании. Для этого в необходимых случаях их усиливают дополнительными вертикальными и горизонтальными стержнями, поперечными рамками и др.

Последовательность установки арматуры должна быть увязана со сборкой опалубки. При тонкостенных железобетонных конструкциях с большим насыщением арматуры для удобства ее монтажа опалубку сперва ставят частично с одной стороны ребер, а затем заканчивают по мере установки арматуры.

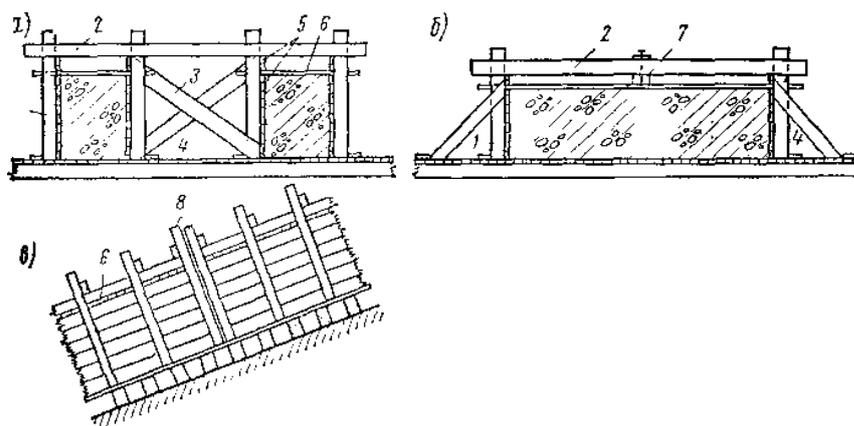


Рисунок. Опалубка для арок: а – поперечный разрез опалубки; б – более, широкого свода, в – боковой вид опалубки; 1 – стойка из брусьев; 2 – распорка; 3 – диагональная схватка, 4 – упорная доска; 5 – опалубка, 6 – верхние закладные доски; 7 – продольный брус; 8 – стык боковых щитов

При установке арматуры нужно обеспечивать проектное расстояние между стержнями и толщину защитного слоя. Размер защитного слоя обеспечивается установкой бетонных «сухарей» и прокладок, привязанных к арматуре. Не разрешается применять прокладки на всю ширину сечения железобетонного элемента, так как этим полностью пересекается растянутая зона бетона. При монтаже стержни стыкуют внахлестку, накладками или сваркой «ваннным» способом. В двух первых случаях требуемая точность установки

арматурных каркасов несколько снижается. Однако стыки с накладками и внахлестку занимают много места и затрудняют укладку бетонной смеси. Расположение сварных стыков нужно назначать с учетом удобства наложения шва, избегая потолочных и полупотолочных швов.

Тема 24. Бетонирование и раскружаливание пролетных строений

Основные требования к приготовлению бетонной смеси, ее укладке и уходу за бетоном должны соблюдаться и при сооружении монолитных пролетных строений.

В монолитных пролетных строениях применяют преимущественно пластичные бетонные смеси с осадкой конуса до 8–10 см с проработкой их внутренними высокочастотными вибраторами. При тонких и высоких сечениях хорошее уплотнение достигается одновременным воздействием вибраторов наружных (тисковых), закрепляемых на опалубке, и внутренних. Усиленная наружная вибрация, однако, требует применения более прочной и плотной опалубки.

Монолитные конструкции, имеющие большие объемы кладки и сложную форму поперечного сечения, бетонируют секциями в определенной последовательности. Размеры секций и последовательность бетонирования их зависит главным образом от типа пролетных строений и конструкций подмостей или кружал. Деление на секции предохраняет бетон конструкции от вредного влияния деформаций подмостей (кружал) и усадки бетона в начальный период его твердения, облегчает хорошую проработку бетонной смеси и обеспечивает монолитность конструкции.

Секционное бетонирование имеет особое значение для арок и сводов. Арки и своды работают преимущественно на сжатие, и конструкция их менее приспособлена к работе на изгиб. Поэтому нужно считаться с неизбежными в период бетонирования осадками подмостей и кружал, вызывающих изгиб забетонированных на них конструкций и возможность появления трещин. Бетонирование арок без деления на секции допустимо для пролетов до 20–30 м. При интенсивной укладке смеси от пят к замку одновременно с обеих сторон работу можно закончить до окончания схватывания бетона в пятových сечениях, в которых, в первую очередь, сказываются деформации кружал.

Длину секции бетонирования арки принимают равной до 10–12 м, размещая рабочие швы и замыкающие клинья между секциями, в первую очередь, в местах переломов линии прогибов кружал. В мостах с ездой поверху надарочное строение (стойки, поперечные и продольные балки и плиты проезжей части) бетонируют после раскружаливания арок. Это обеспечивает передачу

собственного веса надарочного строения только на арки и вносит большую определенность в расчетные нагрузки и в работу надарочного строения.

Краны, применяемые для подачи материалов, могут передвигаться параллельно оси моста по земле или по эстакадам. Высота подъема и радиус действия кранов должны обеспечивать подачу смеси во все места укладки. С этой целью можно использовать краны самоходные, стреловые, башенные, козловые и т. д. Из бадьи или бункера бетонную смесь выгружают в приемные ящики, а оттуда – лопатами в опалубку. Применяя переносные бункера и бетонораздатчики, допускающие постепенную выгрузку смеси, можно подавать смесь непосредственно в опалубку.

При бетонировании пролетных строений, расположенных на значительной высоте или в речных пролетах, когда непосредственно самоходными кранами подать смесь невозможно или вызываются большие затраты по устройству эстакад, смесь подают в бункера, установленные на уровне проезжей части, плавучим или кабельным краном.

Забетонированные пролетные строения включаются в работу постепенным опусканием подмостей и кружал. Этот процесс называется раскружаливанием конструкции. К раскружаливанию железобетонных пролетных строений приступают после достижения бетоном не менее 70% прочности, заданной проектом. Обычно эта прочность вполне достаточна для восприятия усилий конструкциями от собственного веса.

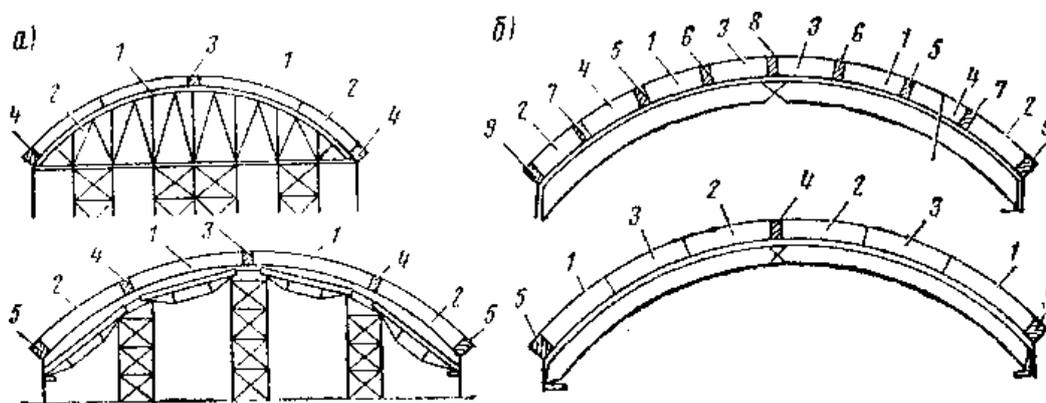


Рисунок. Схема деления на секции бетонирования арочных конструкций при кружалах: а – башенных, б – арочных; в – последовательное укладки смеси в секции и в замыкающие клинья

Раскружаливать нужно в определенной последовательности с учетом системы пролетного строения и поддерживающих вспомогательных конструкций. Для раскружаливания применяют особые приспособления,

устанавливаемые в подмостях и кружалах. Раскружаливая балочные пролетные строения, необходимо исключать возможность появления в балках случайных изгибающих моментов, обратных по знаку расчетным, и предохранять подмости от местных перегрузок.

Опускание подмостей в различных точках должно, как правило, соответствовать линии прогибов железобетонной конструкции от собственного веса. Поэтому разрезные и неразрезные балки нужно раскружаливать от середины пролета к опорам, а консоли от конца консоли к опоре.

Особой осторожности требует раскружаливание арок и сводов. Необходимо обеспечить полное опускание кружал и постепенное включение арочной конструкции в работу на продольные силы, не допуская появления в ней изгибающих моментов. В арочных кружалах без промежуточных опор приборы для раскружаливания ставят в замковом шарнире или в пятах кружал.

Для раскружаливания пролетных строений пролетом до 30–40 м применяют простые клинья. Смещение клиньев достигается ударами по тонкому концу верхнего клина. Угол наклонной плоскости клина должен быть меньше угла трения для материала клина. При этом условии клин будет самотормозящим. Более совершенны конструкции из трех и четырех клиньев. При угле наклона – α , большем угла трения, между элементами клина можно достигнуть плавного опускания, постепенно опуская стягивающий болт.

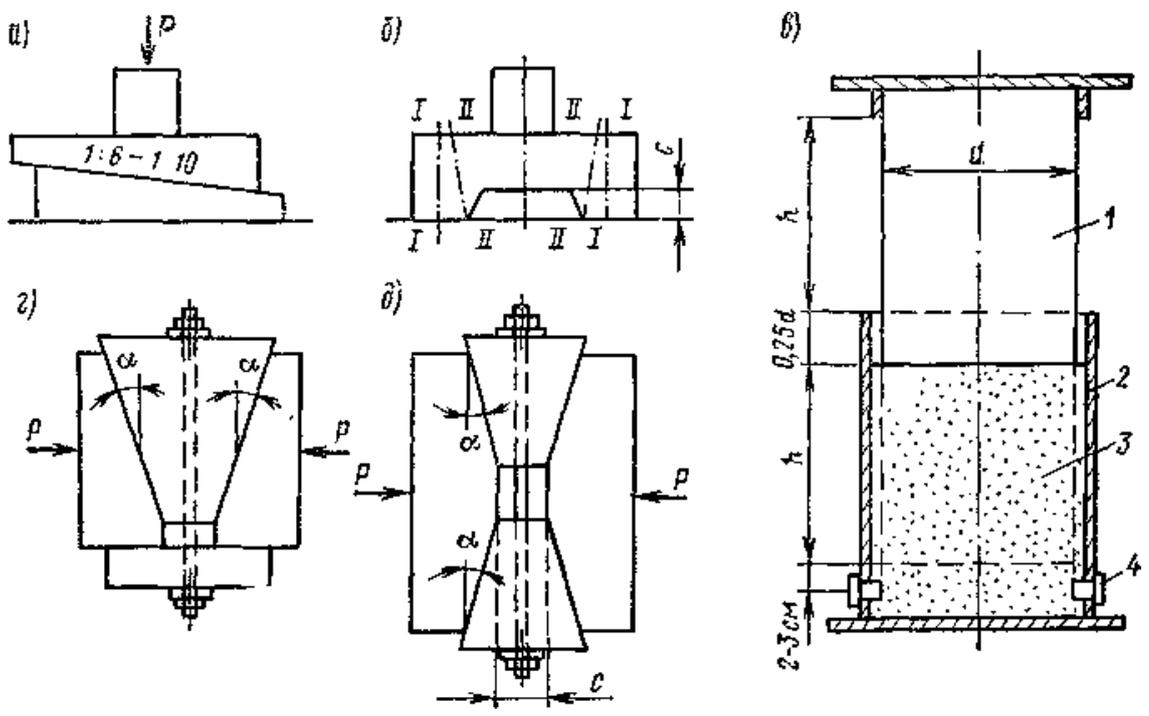


Рисунок. Приборы для раскружаливания забетонированных конструкций

Для плавного и точного опускания пролетных строений пролетом более 30 м широко распространены песочные цилиндры, состоящие из стального стакана 2 (обычно отрезка трубы), заполненного песком 3, и поршня 1, на который опирается опускаемая конструкция. Внизу стенок цилиндра имеются отверстия для выпуска песка, закрываемого пробками 4. Поршень из дерева или железобетона сверху закрывают металлическим листом. Песок должен быть сухой, без примеси глины. Для защиты песка от намокания щель между поршнем и цилиндром заливают битумом. Для устойчивого положения поршень должен заходить в цилиндр на глубину около 0,25 м. Высота песка в цилиндре равна ходу поршня, соответствующему требуемому размеру опускания, и остаточному слою песка с уровнем выше отверстия по 2–3 см.

Во время раскруживания песок, находящийся под нагрузкой, вытекает через отверстие в цилиндре. С уменьшением объема песка в цилиндре поршень и опирающаяся на него конструкция опускаются. Опускание контролируют по объему песка, вышедшего из цилиндра.

Диаметр песчаного цилиндра назначают исходя из допускаемой нагрузки на песок. Давление на цилиндры, заполненные чистым и сухим кварцевым песком, может быть допущено до 20 МПа. Прочность стакана проверяют приближенно, считая давление песка на стенки равным гидростатическому.

Тема 25. Навесное бетонирование пролетных строений

Навесное бетонирование имеет большое развитие за рубежом, где внавес ежегодно бетонировалось значительное число монолитных пролетных строений мостов. Этот способ удобен для сооружения рамно-консольных, балочно-консольных, балочно-неразрезных предварительно напряженных пролетных строений. При навесном способе бетонную смесь укладывают в опалубку секции, поддерживаемую вспомогательными конструкциями на весу. Каждую секцию бетонировали после набора прочности бетона в предыдущей, и обжатию бетона высокопрочной арматурой. В результате постепенно образуются свободно висящие на опорах консоли, которые затем соединяют между собой в середине пролета.



Рисунок. Схема навесного бетонирования: 1. – перемещаемые подвесные подмости; 2. – секции бетонирования

Главное преимущество навесного бетонирования – отказ от устройства подмостей по всему пролету. Каждая секция в процессе ее бетонирования и твердения поддерживается легкими передвижными подмостями, рассчитанными на вес одной секции. После частичной выстойки бетона секция, работая как железобетонная консоль, способна воспринимать усилия от собственного веса, веса расположенных на ней передвижных подмостей и веса последующей секции. Способ навесного бетонирования целесообразен в условиях, когда устройство подмостей в реке затруднено из-за судоходства, ледоходов, неожиданных паводков, а применение сборных конструкций с навесным их монтажом по тем или другим причинам не может быть осуществлено. Этот способ получил большое распространение в связи с развитием предварительно напряженных железобетонных конструкций. В большинстве случаев навесное бетонирование оказывается экономичным при больших пролетах мостов рамно-консольных систем, для которых условия работы пролетных строений на эксплуатационные и строительные нагрузки одинаковы.

Максимальная длина железобетонной консоли, бетонизируемой навесным способом, ограничивается прочностью ее сечений и устойчивостью пролетного строения на опрокидывание в сторону консоли.

Возможны различные схемы навесного бетонирования. Вылет консоли может быть уменьшен путем устройства в пролете временных промежуточных опор. Это позволит бетонировать на весу консоли, а затем после опирания их на промежуточные опоры. Промежуточные вспомогательные опоры целесообразны, когда прочность полной консоли недостаточна или не обеспечивается устойчивость пролетного строения на опрокидывание. Однако при недостаточной прочности консоль можно усилить и установкой вантовых оттяжек.

Известны примеры полууравновешенного и уравновешенного навесного бетонирования балочных и рамных пролетных строений, при котором консоли бетонизируют в обе стороны от опоры моста. Достаточная устойчивость пролетного строения в этих случаях может быть обеспечена двумя путями. В балочных системах на подмостях бетонизируют, в первую очередь, короткую надопорную часть пролетного строения, после чего консоли наращивают в обе стороны от нее в такой последовательности, чтобы на всех этапах бетонирования коэффициент устойчивости пролетного строения на опрокидывание относительно опор был бы не менее 1,3. В рамно-консольных системах пролетное строение жестко связано с опорами моста и две консоли вместе с опорой представляют собой Т-образную раму, что позволяет обеспечить уравновешенное бетонирование консолей в обе стороны от опоры без устройства дополнительных временных опор.

Длину секций при навесном бетонировании назначают в пределах 3–4 м. При меньшей длине увеличивается число секций и возрастает продолжительность бетонирования консоли, а секции длиной больше 4 м нежелательны из-за утяжеления передвижных подмостей.

Весь процесс возведения одной секции, а именно передвижка и закрепление поддерживающих подмостей, установка опалубки и арматуры, укладка бетонной смеси, твердение бетона и его обжатие напрягаемой арматурой, расположенной в каналах, обычно занимает неделю, т. е. семь дней. При этом на субботу и воскресенье падает период твердения бетона, а в понедельник производится его обжатие. Темп наращивания консоли составляет 0,4–0,6 м в сутки.

Для бетонирования в навес применяют быстротвердеющие цементы марок 500–600. Каждая следующая секция включается в работу консоли путем натяжения части напрягаемой арматуры; к моменту обжатия бетон секции должен приобрести прочность не меньше 30–35 МПа. Быстротвердеющие цементы могут обеспечить при обогреве такую прочность бетона в возрасте двух дней.

Расход металла передвижных подмостей по зарубежным данным составляет до 25 т на один комплект или примерно до 3,0 т на 1 м ширины бетонизируемой конструкции. Для механизации работ по установке опалубки, арматурных работ, а также для подачи бетонной смеси на хвостовую анкерную часть подмостей может быть установлен легкий стреловой кран грузоподъемностью 3–5 т. Собственный вес крана в этом случае служит противовесом.

Навесное бетонирование секциями одинаковой длины позволяет применять многократно обрачиваемую щитовую опалубку из металла. Ее конструкция должна допускать быструю установку и разборку щитов без повреждения. Для бетонирования коробчатых железобетонных балок щиты по наружным вертикальным плоскостям могут иметь постоянную высоту, соответствующую наиболее высокому сечению балки. Переменная высота секций консоли обеспечивается изменением уровня нижней опалубки. Внутреннюю опалубку обычно собирают из верхних горизонтальных щитов постоянных размеров и вертикальных щитов, высота которых меняется в каждой секции по мере уменьшения высоты консоли.

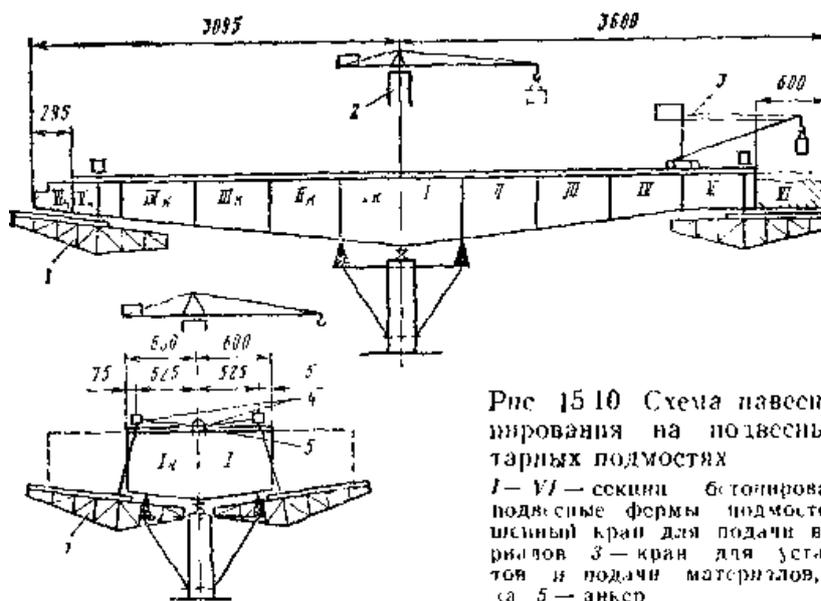


Рис 15.10 Схема навесного бетонирования на подвесных инвентарных подмостях

I — VI — секции бетонирования 1 — подвесные фермы подмостей 2 — боковой край для подачи вверх материалов 3 — кран для установки подмостей и подачи материалов, 4 — стяжка 5 — анкер

Рисунок. Навесное бетонирование на подвесных инвентарных подмостях

Консоли в процессе навесного бетонирования получают значительные прогибы. Эти прогибы необходимо учитывать заранее, чтобы после замыкания консолей конструкция имела проектное очертание. В сечениях консоли прогибы возникают от собственного веса последующих секций, натяжения напрягаемой арматуры, ползучести и усадки бетона, происходящих за время бетонирования консоли, а также собственного веса передвижных подмостей.

Прогиб определяют по общим правилам расчета железобетонных конструкций с учетом переменного значения модуля упругости бетона. Модуль упругости оказывается переменным в связи с тем, что натяжение арматуры и включение в работу очередной секции происходит в ранней стадии твердения бетона. Со временем в течение последующего бетонирования консоли модуль упругости возрастает. По вычисленной эпюре прогибов назначают строительный подъем консоли, который в процессе навесного бетонирования систематически контролируют геодезическими инструментами.

Тема 26. Бетонирование на перемещающихся подмостях

При возведении за рубежом монолитных балочно-неразрезных предварительно напряженных железобетонных пролетных строений, путепроводов и эстакад получило распространение бетонирование в пролете на инвентарных металлических подмостях. При невысоких сооружениях и свободном подмостовом пространстве там применяют подмости с опалубкой, перемещающиеся по грунту из прочета в пролет. В условиях большой высоты сооружения и застройки зданиями или наличия дорог под сооружаемыми конструкциями используют металлические подмости, которые опирают на капитальные опоры.

После окончания бетонирования очередного пролета, выдержки и обжатия бетона напрягаемыми пучками подмости вместе с опалубкой несколько опускают, передавая нагрузку от пролетного строения забетонированного пролета на постоянные опоры моста, а затем передвигают в следующий пролет.

Перемещающиеся подмости выполняют в виде стальных балок, которые опирают на постоянные опоры или же на специальные поддерживающие конструкции.

Балочно-неразрезные пролетные строения бетонировать за один прием на всю длину основного пролета и частично в виде консоли примерно на $1/4-1/5$ соседнего пролета, образуя стык бетонирования в зоне минимальных изгибающих моментов в очередном соседнем пролете.

Для облегчения формы опалубки и их скольжения вместе с подмостями пролетные строения пролетом до 35–40 м в поперечном сечении возводят плитной или плитно-ребристой конструкции без поперечных ребер и диафрагм, а для пролетов от 40 м и больше – коробчатой.

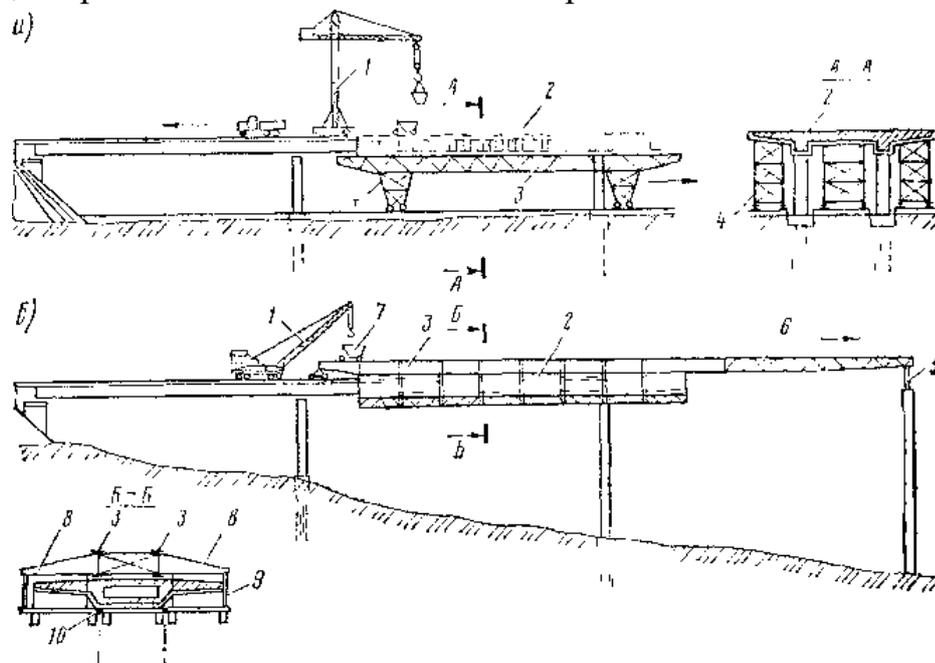


Рисунок. Перемещающиеся подмости для бетонирования: 1 – кран, 2 – бетонизируемая часть; 3 – главные балки подмостей, 4 – задняя подвижная опора подмостей; 5 – подставка рама на очередной опоре; 6 – аванбек, 7 – подвижной бункер, 8 – поперечные консольные балки, 9 – домкратные стойки для опалубки, 10 – шарнир нижней конструкции, поддерживающей опалубку

Предварительное напряжение арматуры главных балок, расположенной вдоль пролета, и поперечное обжатие плиты проезжей части создают пучками из проволок или витых прядей. Их размещают в каналах, образуемых

гофрированными металлическими или полиэтиленовыми трубками. После натяжения арматуры каналы инъецируют цементным раствором.

Темп бетонирования на перемещающихся подмостях определяется сроком готовности пролетного строения одного пролета, т. е. примерно 20–30 дней. Достоинство данного способа – возможность устройства путепроводов, эстакад и виадуков, как на прямых, так и на кривых и косых в плане участках трассы.

Тема 27. Основные способы изготовления сборных железобетонных мостовых конструкций

Основной номенклатурой сборных конструкций, выполняемых заводами и полигонами, находящимися на промышленном балансе, следует считать типовые и унифицированные мостовые конструкции – массовые и сложные в изготовлении. К ним относятся железобетонные предварительно напряженные цельноперевозимые балки и плиты пролетных строений, блоки для члененных балок, сваи, стойки и колонны надфундаментных конструкций, оболочки и полые сваи для устройства фундаментов опор и т. д.

Технологический процесс изготовления элементов из обычного и предварительно напряженного железобетона состоит из заготовки арматуры и установки арматурного каркаса в опалубку или форму, укладки бетонной смеси, предварительной выстойки и пропаривания бетона, распалубки и окончательной отделки элемента.

В процесс изготовления предварительно напряженных железобетонных конструкций дополнительно входит также изготовление, установка и натяжение высокопрочной арматуры.

Предварительное напряжение в конструкции можно создавать после или до бетонирования элементов.

При изготовлении конструкций с натяжением арматуры после бетонирования (натяжение на бетон) одновременно с заготовкой и сборкой арматурного каркаса требуется заготовить и установить каналообразователи, после бетонирования конструкции извлечь их, заготовить и уложить в каналы высокопрочную арматуру и натянуть ее, заинъецировать раствором, закрыть или заполнить открытые каналы, обетонировать анкеры натягаемой арматуры.

В конструкциях с натяжением арматуры до бетонирования (натяжение на упоры) арматуру натягают заранее на специальные упоры, которыми могут быть усиленная опалубка и формы, или стенды. В таком положении бетонируют конструкцию. После получения бетоном необходимой прочности реактивные силы от натяжения арматуры передают с упоров на бетон, создавая его обжатие. Конструкции в виде плит и балок длиной до 21–24 м,

[оглавление](#)

изготавливаемые с натяжением арматуры до бетонирования, получают качественнее, технологическая оснастка и способы их изготовления проще, все операции легко контролировать, более надежно обеспечивается сцепление напрягаемой арматуры с бетоном. Элементы бетонируют в один прием при меньших затратах труда на все операции по изготовлению конструкции.

Для изготовления круглых элементов сборных конструкций эффективна технология с использованием центрифуг.

Тема 28. Предприятия для изготовления сборных конструкций

Завод мостовых железобетонных конструкций размещают вблизи крупных механизированных щебеночных карьеров, хорошо связанных с общей сетью железных и автомобильных дорог.

Основное технологическое оборудование заводов МЖБК:

- 1) комплекты передвижных упоров для изготовления балок и плит типовых пролетных строений;
- 2) комплекты инвентарных металлических опалубок и форм, предназначенных для изготовления массовой продукции;
- 3) мостовые и козловые краны в цехах и на складе продукции грузоподъемностью от 5 до 75 т.

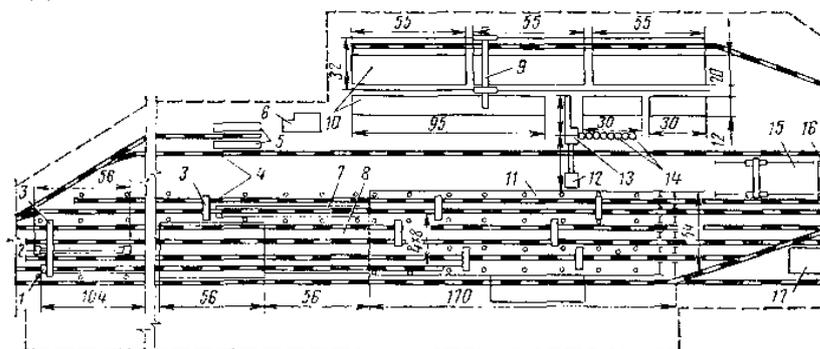


Рисунок. Схема завода МЖБК: 1 – первый стенд, 2 – второй стенд, 3 – мостовой кран, 4 – обгонные пути, 5 – склад угля, 6 – котельная, 7 – полигон, 8 – пропарочные камеры, 9 – козловой кран, 10 – склад заполнителей; 11 – главный корпус 12 – бетоносмесительный цех, 13 – галерея; 14 – склад цемента, 15 – склад опалубки, 16 – арматурный склад, 17 – ремонтно-механический цех

Заводы МЖБК, производительностью имеют развитую сеть внутривозовских железнодорожных путей и автомобильных проездов. Пути связаны с магистральной железнодорожной линией, по которой доставляют на завод материалы и оборудование, а с завода отправляют готовую продукцию. Открытые склады щебня и песка с твердым подштабельным цементобетонным

основанием обслуживает козловой кран, оборудованный грейфером. В склад силосного типа через систему шнеков и элеватор поступает цемент, складируемый в восьми силосных банках общей емкостью, позволяющей одновременно хранить несколько марок цемента. Арматуру складируют и частично обрабатывают в закрытом помещении, оборудованном кран-балками.

Часть изделий готовят на открытых площадках-полигонах и двух стационарных стендах, совмещенных с пропарочными камерами. На открытых площадках изготавливают кольца водопропускных труб, а также индивидуальные конструкции в инвентарной деревянной или деревометаллической опалубке. На большой центрифуге готовят оболочки диаметром до 2,0 м. Оба стенда размещены на продолжении эстакады склада готовой продукции завода. В них изготавливают длинномерные предварительно напряженные элементы.

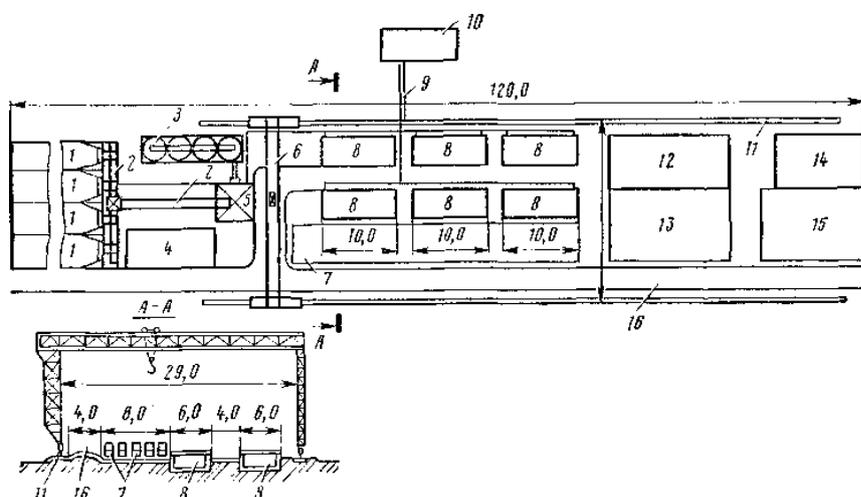


Рисунок. Центральный полигон МЖБК со складом заполнителей: а – закрытым; б – открытым; 1 – мойка, 2 – гараж; 3 – ремонтно-механическая мастерская,
4 – склад заполнителей; 5 – закрытый материальный склад; 6 – лесопильный и деревообделочный цех со складами; 7 – открытая площадка и склад готовой продукции; 8 – трансформаторная подстанция; 9 – закрытые склад арматуры, арматурный и формовочный цеха; 10 – бетоносмесительная установка; 11 – склад цемента; 12 – открытый склад арматуры; 13 – проходная; 14 – заправочная и склад топливно-смазочных материалов; 15 – закрытый склад оборудования; 16 – то же, открытый; 17 – котельная; 18 – административный корпус

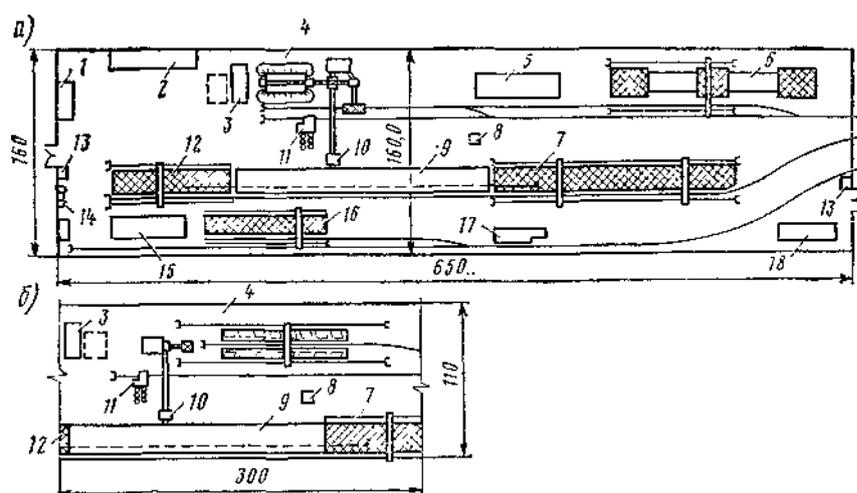


Рисунок. Полигон мостостроительной организации: 1 – склад заполнителей; 2 – транспортерные передачи, 3 – цементный склад; 4 – помещение для изготовления мелких деталей; 5 – бетоносмесительная установка; 6 – козловой кран; 7 – склад блоков; 8 – стенды-камеры; 9 – теплосеть; 10 – котельная; 11 – кран; 12 – склад арматуры; 13 – арматурная мастерская; 14 – склад лесоматериалов

Изготовление конструкций по поточно-агрегатной технологии

Предварительно напряженные железобетонные балки типовой конструкции на заводе изготавливают на специализированных стендах.

В подвижном упоре усилие от натяжения арматуры может восприниматься мощной несущей металлической балкой поддоном, установленной на осях железнодорожных вагонов. На концах поддона расположены консольные торцовые балки, которые через шарнирные опоры примыкают к ветвям балки-поддона. На консольных торцовых балках укрепляют анкеры прямых и полигональных арматурных пучков для поочередного натяжения их гидравлическими домкратами. Нижние части консолей соединены затяжкой, расположенной под металлической балкой. Полигональная форма пучков достигается перегибом их специальными оттяжками, закрепленными за балку-поддон. Боковую щитовую металлическую опалубку закрепляют внизу на балке-поддоне, а вверху соединяют стяжками со щитами противоположной боковой поверхности. Усилие натяжения напрягаемой горизонтальной арматуры в подвижном упоре может восприниматься распорными балками, называемыми кассетами через торцовые упоры.

Стенд располагают на двух ходовых тележках. Внутренняя боковая часть нижней балки-кассеты и прикрепленный к ней металлический или деревянный поддон служат опалубкой для нижних поясов балки. Арматурные пучки или

стержни натягивают поочередно гидравлическими домкратами с торцов кассеты.

Особенность таких передвижных упоров – их большая универсальность, малая масса и более простая конструкция опирания на тележки в двух фиксированных точках. Этот тип целесообразен для балок средних пролетов (до 21–24 м), имеющих только горизонтальные пучки, а также для свай.

Последовательность работ при изготовлении балок и других конструкций по поточно-агрегатной технологии следующая. Вне технологической линии в арматурном, опалубочном и бетонном цехах завода изготавливают проволочные пучки с установленными на них внутренними и наружными анкерами, а также сварные арматурные сетки. Собирают каркас в кондукторе, готовят закладные детали – опорные части, строповочные серьги и т. п. Далее основные работы выполняют на отдельных постах технологической линии по мере передвижения упоров канатным транспортером с помощью приводных электролебедок.

В зависимости от длины изготавливаемых балок применяют технологические линии с числом постов до семи. Например, для изготовления балок длиной 24 м достаточна производительная семипостовая схема, позволяющая выпускать одну готовую балку через три смены при непрерывной работе технологической линии и термовлажностной обработке изделий в двухсекционной камере продолжительностью в 48 ч. На посту 1 технологической линии после смазки поддона устанавливают арматуру и натягивают напрягаемые пучки. Далее передвижной упор перемещают на пост 2, где устанавливают опалубку и бетонируют балку. Для непрерывной работы технологической линии необходимое число передвижных упоров должно быть равно числу постов с дополнительным резервом.

Изготовление конструкций по стендовой технологии

Стендовая технология применяется главным образом на приобъектных полигонах небольшой производительности, продукция которых бетонные и железобетонные элементы малых и средних мостов, сван, водопропускные трубы, лотки и другие дорожные сооружения. При строительстве больших мостов по стендовой технологии изготавливают крупногабаритные и тяжелые элементы – блоки сборного железобетонного пролетного строения, перевозка которых по железным и автомобильным дорогам невозможна. Стационарные стенды могут быть железобетонными и металлическими, а их конструкции сборно-разборной для возможности повторного использования на различных объектах.

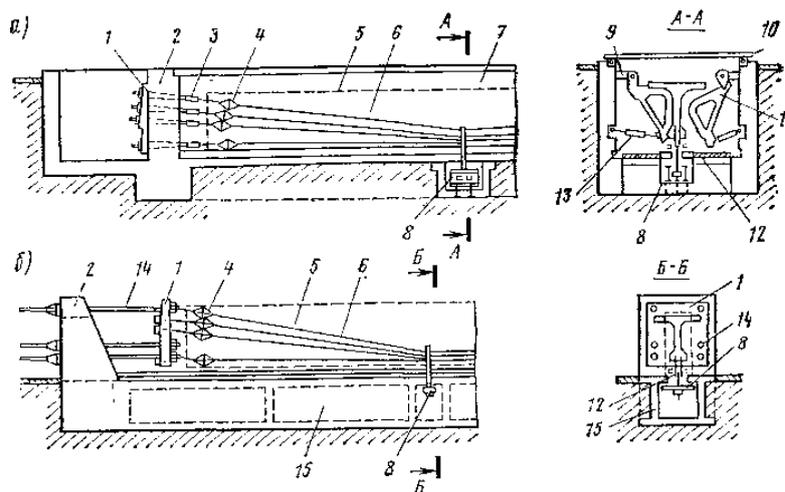


Рисунок. Железобетонные стационарные стенды: 1 – упорная плита; 2 – оголовок; 3 – захват; 4 – каркасно-стержневой анкер; 5 – изготавливаемая балка; 6 – пучок; 7 – стенки; 8 – анкерное устройство; 9 – кронштейн; 10 – крышка; 11 – щит опалубки; 12 – поддон; 13 – винтовая стяжка; 14 – упорные тяги; 15 – распорная балка

Распорно-камерный стенд обычно совмещают с пропарочной камерой, пол и стенки которой воспринимают значительные усилия от натяжения арматуры. Камера стенда позволяет пропаривать изделия при закрытых крышках, а также обеспечивать механизированное раскрытие опалубки при подвешивании щитов к кронштейнам в верхней части стенок. Распорно-камерные стенды можно применять для изготовления не только одной, но и сразу нескольких балок, расположенных одна за другой по длине. Для этого камеру удлиняют, располагая между балками фиксирующие рамки для поддержки полигональных пучков. Пучки натягивают на всю длину стенда одновременно с двух сторон, а спуск натяжения производят перерезыванием арматуры сначала у упоров, а затем между балками фиксирующих рамок, или, что лучше, устройством специальных приспособлений для плавного спуска напряжения.

Стенд распорно-балочного типа состоит из железобетонной балки, на концах которой расположены консольные упоры, воспринимающие силу натяжения арматуры. Арматуру натягивают домкратами двойного действия и закрепляют конусными анкерами за стальные передние упорные щиты, закрепленные, в свою очередь, за наружные железобетонные упоры инвентарными тягами. Стальные упорные щиты могут менять свое положение в зависимости от длины изготавливаемой балки. В местах перегиба полигональных арматурных пучков расположены оттяжные устройства, закрепленные в пол стенда.

Для увеличения производительности изготовления продукции применяют часто несколько стандов, работающих по поточному графику. Возможно также объединение нескольких стандов в один общий. При хорошей механизации работ с использованием нескольких стандов можно добиться производительности выпускаемых готовых конструкций (по числу) близкой к поточно-агрегатной технологии.

Изготовление составных конструкций

Для сборных железобетонных балочно-разрезных или рамных пролетных строений средних и больших пролетов применяют составные по длине конструкции с устройством открытых или закрытых каналов для пропуска напрягаемых пучков и последующего их натяжения на бетон при монтаже.

Блоки составных (сборных) конструкций готовят с применением поточной технологии. На заводах изготавливают конструкции пролетных строений с параллельными поясами и высотой до 3 м. Их можно перевозить на стройку на железнодорожных платформах, а постоянная высота допускает использование инвентарной технологической оснастки. Составные по длине пролетные строения собирают из отдельных монтажных блоков-секций с образованием между ними, как правило, плотных клеевых швов. Это требует высокой точности изготовления торцовых поверхностей блока-секции, обеспечивающих толщину клеевых швов в пределах не более 1–1,5 мм.

Для обеспечения необходимой точности стыкования блоков обычно их бетонируют по способу в «торец» через один всю длину изготавливаемой конструкции. В первую очередь бетонируют блоки нечетных номеров, устанавливая по торцовым плоскостям блоков опалубку, а во вторую очередь – промежуточные четных номеров, используя торцовые поверхности ранее забетонированных в качестве опалубки для блоков, изготавливаемых во вторую очередь. Таким образом, обеспечивают плотный стык при монтаже конструкций, что необходимо для склеивания блоков. При изготовлении блоков второй очереди, во избежание сцепления бетона, на торцовую поверхность блоков первой очереди наносят слой смазки. Для совпадения блоков при монтаже конструкций, при изготовлении на торцах блоков предусматривают углубления и выступы.

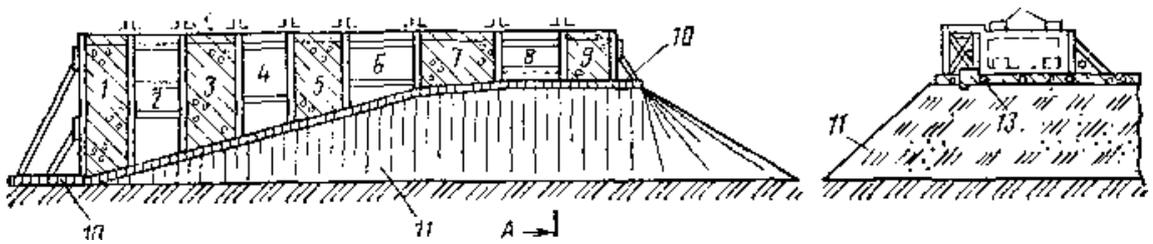


Рисунок. Стенд для изготовления блоков консоли, члененной по длине: 9 – бетонизируемые блоки, 10 – бетонный поддон, 11 – насыпь, 12 – фиксаторы, 13 – паропроводные трубы

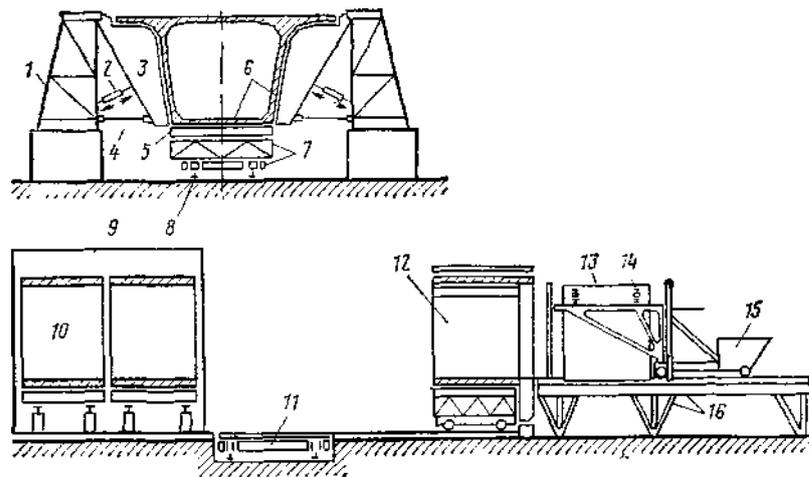


Рисунок. Схема изготовления блоков в «торец» с паровой рубашкой: 1 – эстакада крепления наружной опалубки; 2 – гидроцилиндры управления опалубкой; 3 – щиты наружной опалубки; 4 – жесткие фиксаторы положения опалубки; 5 – съемный поддон; 6 – изготавливаемый блок; 7 – тележка для перемещения поддона с блоком; 8 – рельсовый путь; 9 – пропарочная камера; 10 – пропариваемые блоки; 11 – тележка для поперечной выкатки блоков; 12 – блок после бетонирования; 13 – короб внутренней опалубки; 14 – регуляторы положения внутренней опалубки; 15 – консольная тележка с противовесом для установки опалубки; 16 – эстакада

Для обслуживания стенда удобен козловой кран, с помощью которого можно собирать опалубку, устанавливать арматурные каркасы, снимать готовые блоки, грузить их на транспортные средства и т. д.

Наряду со стендовыми способами изготовления блоков в «торец» применяют и поточный, который особенно целесообразен при изготовлении большого числа блоков составных балок с постоянными высотой и наружным поперечным профилем. В этом случае создают поточные линии для бетонирования блоков. Каждая линия оснащается комплектом металлической

механизированной опалубки, устанавливаемой и снимаемой, как правило, с помощью гидроцилиндров.

Образование каналов в конструкциях с натяжением арматуры на бетон выполняется в процессе бетонирования с помощью как извлекаемых, так и остающихся каналообразователей. Извлекаемыми из бетона могут быть гладкие стальные трубы, гибкие резиновые шланги, полиэтиленовые гладкие трубы, а неизвлекаемыми металлические и полиэтиленовые гофрированные трубы.

Изготовление конструкций центрифугированием

Центрифугирование применяют для изготовления симметричных железобетонных конструкций, преимущественно трубчатых свай, полых столбов, стоек, мачт и т. д. Под влиянием центробежных сил, развивающихся при вращении формы, происходит уплотнение бетонной смеси и отжатие из нее значительной доли воды. Излишняя вода с небольшой частью цемента (так называемый шлам) удаляется частично в процессе вращения формы и полностью после завершения центрифугирования. Происходит значительное снижение водоцементного отношения, что ведет к росту прочности бетона на 25–30% по сравнению с бетоном того же состава, но при обычном способе уплотнения бетонной смеси.

На центрифуге можно изготовить железобетонные конструкции, как с ненапрягаемой, так и с напрягаемой арматурой.

Трубчатые сваи и элементы сборных опор диаметром от 0,4 до 0,8 м изготавливаются в малых центрифугах. Такая центрифуга состоит из двух электродвигателей с клиноременной передачей, четырех станин с одним ведущим и двумя направляющими роликами, приводного горизонтального секционного вала, верхних ограждающих коромысел и продольного ограждения.

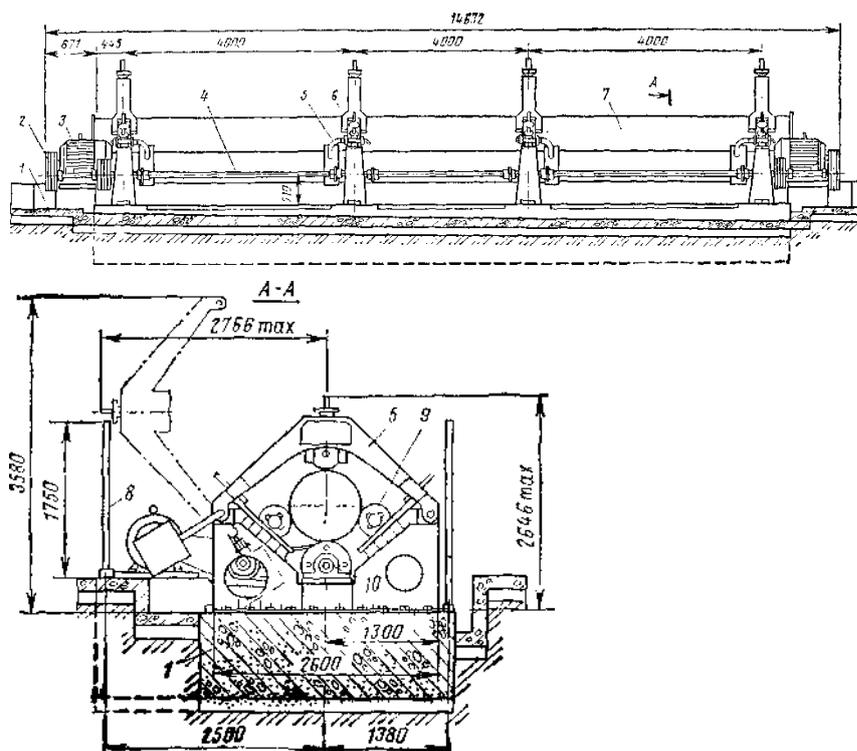


Рисунок. Малая центрифуга для изготовления трубчатых свай: 1 – фундамент, 2 – клиноременная передача; 3 – электродвигатель; 4 – вал, 5 – ограждающее коромысло, 6 – станина; 7 – установленная форма, 8 – продольное ограждение, 9 – направляющий ролик; 10 – ведущий ролик

В состав малой центрифуги входит комплект форм диаметрами 0,4; 0,6 и 0,8 м. Из отдельных звеньев можно готовить формы длиной в 6, 8, 10 и 12 м в зависимости от необходимой длины изделия.

Изготовление трубчатых элементов в малой центрифуге состоит из следующих операций:

- 1) очистка и смазка обеих половин подготовленной формы;
- 2) установка па подставку нижней половины формы;
- 3) укладка арматурного каркаса в нижнюю половину формы с прибалчиванием к ней торцовых фланцев;
- 4) укладка самоходным бетоноукладчиком точной порции бетонной смеси в нижнюю половину формы;
- 5) установка верхней половины формы на нижнюю и сбалчивание их между собой;
- 6) установка формы на ролики центрифуги и вращение ее в течение 15–20 мин;
- 7) снятие формы с центрифуги и предварительное пропаривание бетона с подачей пара через торцовый фланец внутрь закрытой формы;

8) разъединение формы, извлечение готового элемента и помещение его в камеру пропаривания для дальнейшего твердения бетона.

Процесс изготовления одного элемента занимает около суток.

При изготовлении предварительно напряженных конструкций в состав приведенных технологических операций включается натяжение арматуры. В этом случае в форму закладывают арматурный каркас с высокопрочной стержневой арматурой. При этом создаваемое усилие для натяжения арматуры может воспринимать на себя форма, выполняемая в этом случае более мощного сечения. Арматуру можно натягивать с помощью специального комбайна с одновременным действием группы домкратов или одним общим домкратом повышенной мощности.

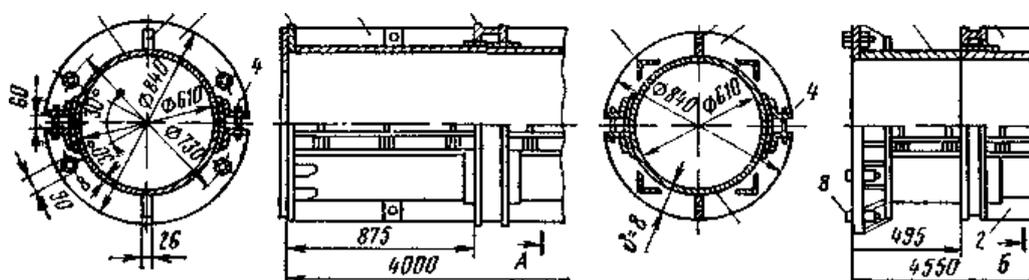


Рисунок. Формы для изготовления центрифугированием трубчатых свай: а – с ненапрягаемой арматурой б – то же, с напрягаемой, 1 – обшивка, 2 – продольное ребро, 3 – поперечное ребро, 4 – откидной болт; 5 – фланец, 6 – бандаж, 7 – опорное кольцо, 8 – выдвижной винт

Для полной загрузки центрифуги необходимо иметь одновременно в работе не менее 10–12 форм.

При изготовлении железобетонных круглых оболочек для фундаментов и верхней сборной части опор диаметром от 1 до 2 м применяют большую центрифугу. Формы для нее применяют длиной от 4 до 8 м.

Центрифугу устанавливают на массивный фундамент, надежно прикрепляя анкерными болтами.

Для безопасности работы обслуживающего персонала во время вращения формы центрифугу закрывают надвигающимися колпаками ограждения.

Тема 29. Основные положения монтажа сборных конструкций

Особенности монтажа сборных железобетонных конструкций:

- 1) большая масса;
- 2) элементы сборных конструкций, особенно преднапряженные балки, имеют разную прочность при разном способе их опирания и подъема;

3) устройство стыков в конструкции сопряжено с необходимостью высокой точности установки элементов, требует специальных мер и соблюдения температурного режима.

Монтировать их нужно по специально составленному проекту монтажа, а для типовых конструкций – по утвержденным технологическим правилам.

Монтаж сборных спор и пролетных строений содержит ряд последовательных операций:

- 1) доставка и разгрузка элементов сборных конструкций в местах, удобных для последующих работ;
- 2) подготовка элементов к монтажу, их очистка;
- 3) выправка стыковой арматуры и металлических закладных частей;
- 4) укрупнительная сборка, проверка строповочных приспособлений;
- 5) проверка и подготовка подъемных механизмов и вспомогательных монтажных устройств;
- 6) подготовка элементов к установке;
- 7) строповка и подача элементов в проектное положение;
- 8) установка, выверка и омоноличивание стыков элементов;
- 9) создание условий ускоренного набора прочности бетона омоноличивания.

Места установки элементов монтируемых конструкций заранее подготавливают, обстраивают необходимыми подмостями, размечают оси и установочные риски. Стропуют элементы. При строповке элементов стальными канатами в обхват под стропами в местах контакта с бетоном устанавливают прокладки.

Монтажное оборудование должно быть маневренным, иметь большой диапазон изменения скорости подъема и спуска грузов. Важно, чтобы монтажное оборудование обладало возможностью перемещения элементов сборных конструкций в высотном, продольном и поперечном направлениях без устройств вспомогательных подмостей.

Тип конструкции оборудования выбирают с учетом размеров и массы монтируемых элементов. Чем крупнее и тяжелее элемент, тем сложнее его установить в проектное положение.

Монтажу сборных железобетонных мостовых конструкций требуются транспортные средства для подачи элементов к монтажному агрегату, краны для погрузочно-разгрузочных работ, краны и агрегаты, обеспечивающие установку конструкций в проектное положение, а также различные монтажные приспособления и устройства. Для погрузочно-разгрузочных и монтажных работ обычно применяют самоходные стреловые краны на пневмоколесном,

гусеничном и железнодорожном ходу, козловые (портальные) самоходные краны, стационарные мачтово-стреловые краны, краны-мачты, специальные краны и монтажные агрегаты. Выбор крановых средств зависит от вида монтируемой конструкции, способов сборки и местных производственных условий.

К монтажным приспособлениям относят стропы и траверсы для подъема элементов, приспособления для установки, временного закрепления и выверки элементов, а также подвесные подмости люльки и лестницы, обеспечивающие безопасность работ и условий сборки.

Используемые для подъема элементов стропы и траверсы должны обладать достаточной грузоподъемностью, прочностью и надежностью в работе, обеспечивать быстрое и удобное закрепление поднимаемых элементов и освобождение их после установки в проектное положение. Масса строповочных приспособлений должна быть минимальной, так как она является добавочной к массе поднимаемого элемента и связана с грузоподъемностью монтажного крана.

Наиболее просты и удобны стропы из тросов (мягких стальных канатов) диаметром от 16 до 38 мм с органическим сердечником. Они обладают положительными качествами – малой массой, большой гибкостью, удобством закрепления. Однако они быстро изнашиваются, при подъеме горизонтально расположенных элементов приходится увеличивать высоту подъема крюка монтажного крана. По этим причинам горизонтальные элементы поднимают с помощью траверс. Траверсы позволяют более полно использовать высоту подъема крюка монтажного крана и уменьшить усилия в строповочных петлях.

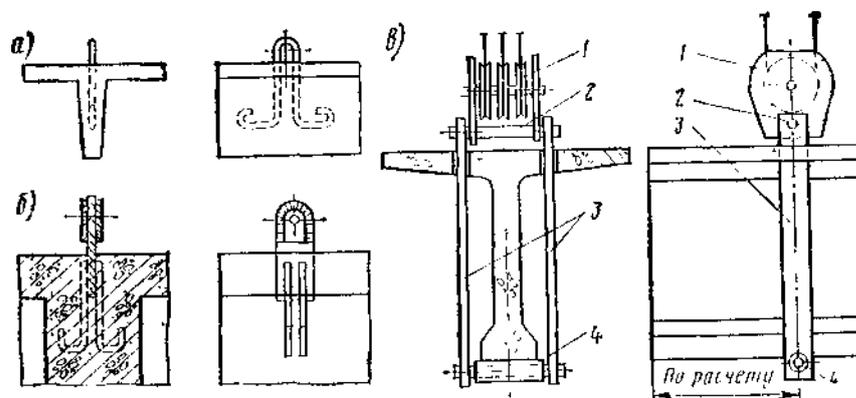


Рисунок. Строповочные петли и подъемные устройства

Захватывают элементы при подъеме с помощью траверс. Для легких элементов применяют петли, заделанные в бетон элемента. Более тяжелые элементы поднимают за проушины из листовой стали, приваренные к анкерам. Для подъема тяжелых балок применяют строповочные серьги. Подъемное устройство состоит из верхней шарнирной оси 2, соединенной с грузовым полнспастом 1 стальных тгг 3 и нижней оси 4. Местоположение устройств на балке устанавливают расчетом.

Места установки строповочных петель обычно указывают в рабочих чертежах, назначая их так, чтобы при подъеме в элементе не возникали высокие напряжения. Особенно важно правильно назначить места расположения строповочных петель в предварительно напряженных изгибаемых конструкциях, например, плитах и балках. В этих конструкциях петли, как правило, нужно размещать у концов элемента, или же усиливать элемент дополнительной арматурой, работающей на монтажные усилия.

Для подъема плитно-ребристых и коробчатых конструкций применяют специальные захваты.

Монтажные краны устанавливают в местах, указываемых в проектной схеме сборки, исключая возможность опасной деформации монтируемой конструкции и обеспечивая устойчивость и надежность крана. Оборудование, применяемое при монтаже, должно обеспечивать безопасное ведение работ. Монтажный кран должен быть освидетельствован и испытан в соответствии с указаниями Госгортехнадзора.

Монтажные работы состоят из более или менее одинаковых операций, производимых в одной и той же последовательности независимо от конструктивных особенностей сооружения, размеров пролетов и высоты опор. До начала сборки конструкций монтажное оборудование подготавливают и устанавливают в рабочее положение, устраивают рабочие подмости, эстакады, подкрановые пути, а также пути для подачи к месту работ монтируемых элементов. Непосредственно монтажные работы можно разделить на подготовительные и основные.

К подготовительным монтажным работам относятся:

- 1) разгрузка прибывающих на строительную площадку элементов;
- 2) подготовка для монтажа и подача элементов к монтажному крану.

Доставленные к месту сборки элементы сборных конструкций складывают на строительной площадке в заранее предусмотренном месте. Элементы обстраивают хомутами, люльками, стремянками и другими вспомогательными приспособлениями, необходимыми для монтажа сборных конструкций. Если монтажные элементы имеют большую массу и нетранспортабельны, то

их доставляют членеными на более мелкие блоки. В этом случае возникает необходимость еще в одной подготовительной операции – укрупнительной сборке составного элемента.

По мере монтажа подготовленные элементы грузят на внутрипостроечные транспортные средства и доставляют со склада в зону действия монтажных механизмов в положении, удобном для выполнения последующих работ.

В состав основных монтажных работ входят:

- 1) строповка;
- 2) подъем и подача элементов к месту установки;
- 3) выверка и временное закрепление элементов;
- 4) окончательное закрепление и омоноличивание монтируемой конструкции.

ции.

Способ подачи поднятых элементов к месту установки в проектное положение зависит от типа применяемого монтажного крана, а способ использования монтажного оборудования для подачи элементов сборных конструкций от конструкции этого оборудования. Например, козловыми кранами элементы подают поступательным движением крана или перемещением его грузовой тележки, а стреловыми кранами поворотом стрелы и перемещением крана и т. д.

В процессе монтажа опор и пролетных строений производят геодезический контроль за проектным положением устанавливаемых элементов. Вертикальное положение элемента выверяют относительно постоянных реперов, а положение элемента в плане – относительно заранее нанесенных осей и рисков, как на ранее поставленных, так и на очередном элементе. После выверки элементов и их закрепления в проектном положении устраивают стыковые соединения.

Тема 30. Стыки сборных железобетонных конструкций

Сборка мостовых железобетонных конструкций во многом зависит от конструкции и технологии образования стыков элементов. По своим конструктивно-технологическим характеристикам стыки мостовых конструкций можно разделить на две группы – без арматурных выпусков из бетона и с выпусками рабочей арматуры

В конструкции стыков первой группы рабочая арматура располагается в бетоне элементов или устанавливается в открытых и закрытых каналах. В процессе монтажа железобетонные элементы соединяют между собой с помощью дополнительных стыковых деталей или другими способами, обеспечивающими передачу возникающих усилий через стык. Характерными видами стыков этой группы для соединения элементов из обычного бетона могут служить, на пример, стыки стаканного типа, применяемые при постройке опор

[оглавление](#)

путепроводов. Зазор между стойкой, колонной и гнездом в фундаменте или подколеннике во время монтажа плотно заполняют бетоном. Стык, предложенный проф. Н. М. Колоколовым для соединения верха свай с насадками свайно-эстакадных мостов, пригоден как для насадки одноплитной, так и двухплитной. Известны и другие типы стыков.

Более надежное соединение и более устойчивое от появления трещин омоноличивание элементов сборной конструкции созданием предварительного напряжения в стыке, достигаемого высокопрочными болтами или напрягаемыми пучками.

Для стыков второй группы, т. е. выпусками рабочей арматуры, нужно обеспечивать точное расположение выпусков, что усложняет торцовые стенки опалубок. Более сложно и транспортирование таких элементов ввиду необходимости предохранения выпусков арматуры от повреждений. Требуется обеспечить также надежное соединение между собой арматурных выпусков, для которого нужны большие стыковые полости, заполняемые раствором или бетонной смесью. При широких стыках рабочую арматуру, выступающую из торцов смежных элементов блоков, соединяют обычно сваркой с помощью ванночек, а конструктивную арматуру сваривают внахлестку или соединяют перевязкой выступающих концов вязальной проволокой. После обработки торцовых поверхностей соединяемых элементов блоков устанавливают наружную опалубку из деревянных или металлических щитов и укладывают бетонную смесь. Такие стыки для удобства соединения арматуры и укладки смеси назначают шириной не менее 20 см.

В стыках с напрягаемой арматурой, расположенной в открытых или закрытых каналах, устанавливают специальные каналобразователи в швах для предохранения от попадания материала заполнения шва в каналы по длине. Для этой цели используют отрезки резиновых, полиэтиленовых или же стальных трубок. Такие каналобразователи должны входить в отверстия каналов на каждом торце стыкуемых элементов на длину 10–15 см.

Способ и материал заполнения шва (стыка) зависит от его ширины. Тонкие швы шириной до 1–2 см заполняют цементно-песчаным раствором марки 400 и выше, заливая его сверху через воронку или нагнетая снизу насосом. Во избежание вытекания раствора шов перед заполнением заделывают снаружи по периметру опалубкой из быстро твердеющего цементного раствора, наносимого по марлевой контурной наклейке за несколько раз (цементная опалубка). Швы шириной 3–5 см заполняют раствором через воронку или наметом, предварительно закрыв одну сторону стыка опалубкой. Иногда шов заполняют способом торкретирования.

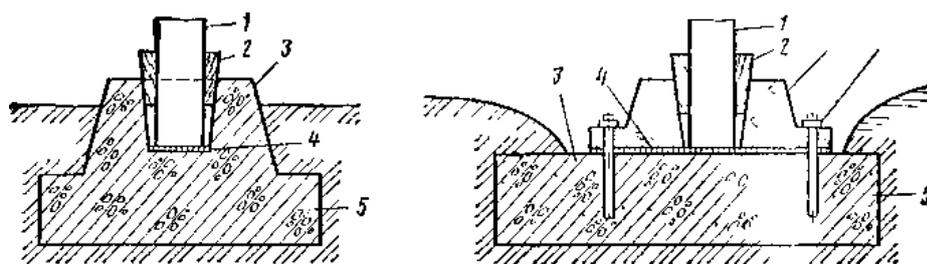


Рисунок. Крепление стоек на фундаменте: 1 – стойка; 2 – клинья 3 – фундамент, 4 – цементная подливка, 5 – плита фундамента; 6 – подколонник, 7 – анкерный болт

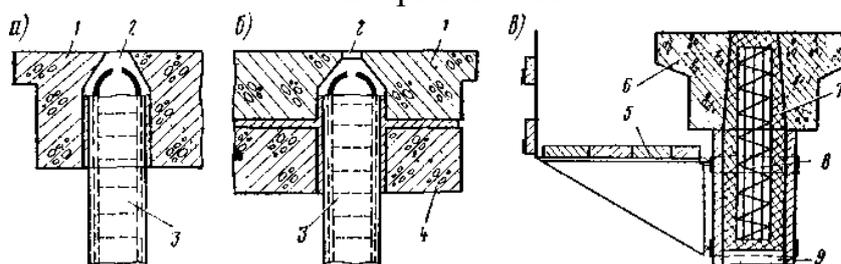


Рисунок. Конструкция стыка: а – свая с насадкой одно-плитной б – то же двухплитной в – ригеля с оболочкой: 1 – плита; 2 – заполнение раствором; 3 – свая; 4 – направляющая плита кондуктор; 5 – подмости; 6 – ригель; 7 – бетон омоноличивания; 8 – анкерный арматурный каркас

Толстые швы (больше 7 см) заполняют жесткой цементобетонной смесью марки 400–500 с водоцементным отношением 0,35–0,40, которую укладывают после ограждения стыка инвентарной опалубкой. Уплотняют смесь вибраторами или трамбовками. Перед заполнением швов торцы элементов-блоков обильно смачивают водой. Хорошим способом, обеспечивающим сцепление старого и нового бетонов, является нанесение на торцы смазки из полимерного клея за несколько минут до укладки бетонной смеси в шов. В зимних условиях стыки обогревают в тепляках.

Устройство тонких и толстых швов, связанное с укладкой цементного раствора или бетонной смеси и с длительной их выдержкой, осложняет и задерживает процесс сборки. Более технологичны плотные клеевые швы. При таких стыках смежные элементы-блоки должны точно и плотно прилегать друг к другу. Ширина клеевого шва должна быть не более 1–1,5 мм. Для этого элементы-блоки изготавливают в матрицах с рифлеными торцовыми плитами, в единой опалубке с последовательным бетонированием блоков через один («торец в торец») или способом «отпечатка». Процесс устройства плотного

клеевого стыка заключается в совмещении стыкуемых поверхностей с нанесением на них слоя клея и обжатии стыка натяжением напрягаемой арматуры.

Для устройства клеевых швов очищают стыкуемые поверхности, готовят и наносят клей, совместив предварительно стыкуемые поверхности, шов обжимают частично, а затем после отверждения клея – на полное усилие обжатия. Клей наносят тонким слоем на обе стыкуемые поверхности бетона.

При отрицательной температуре твердения клея не происходит, а при температуре воздуха ниже +10 °С нужно уже применять специальные составы с более активными пластификаторами, такими, как фуриловый спирт, одновременно увеличивая и количество отвердителя. Утепляют швы устройством местной защиты в виде легких инвентарных тепляков с обогревом стыка. Для обогрева пропускают по периметру горячий воздух или применяют электронагрев всего шва электродами, а также специальными электронагревательными приборами. Возможны и другие способы обогрева. Для равномерного нагрева стыка температуру доводят до 35–40 °С.

После нанесения клея швы обжимают натяжением напрягаемой арматуры или собственной массой монтируемого элемента-блока. Сжимающее давление в шве должно быть не менее 0,5 кгс/см². Время выдержки шва под давлением до полного отверждения клея зависит от температуры окружающей среды:

Тема 31. Монтаж опор малых мостов

При постройке железобетонных путепроводов и эстакад часто опоры устраивают на естественном основании в виде железобетонных подушек, с отверстиями в них для установки стоек. Если опоры возводят на свайном фундаменте, то на головы ранее забитых свай устанавливают блоки (элементы) верхнего ростверка и омоноличивают их со сваями. Сваи часто забивают с применением направляющего деревянного или стального инвентарного каркаса, который может быть использован в качестве подмостей для работ по монтажу насадок. В этом случае каркас поднимают на необходимую высоту вдоль забитых свай и закрепляют на них.

Перед установкой насадок проверяют вертикальность сваи и соответствие расстояний между осями гнезд в насадках; при необходимости сваи выправляют. Головы свай срубают до проектной отметки пневматическим отбойным молотком или бетоноломами. Лишнюю арматуру, обнаруженную при срубке бетона, срезают автогенном; оставшуюся часть арматуры очищают и выправляют так, чтобы обеспечить установку насадки и хорошую ее связь со сваями.

Обычно насадки монтируют краном, расположенным в радиусе действия сооружаемой опоры. Стропуют блоки насадки двухветвевым стропом за петли, обеспечивающие при подъеме их в горизонтальное положение.

Устанавливают насадки стреловым краном, подавая их на место установки поворотом стрелы, а при работе козловым краном подают, перемещая грузовую тележку с элементом.

Правильность положения устанавливаемого блока выверяют, поддерживая его краном. В случае необходимости блок смещают ломиками или оттяжками с одновременными пробными опусканиями на место до совпадения всех установочных рисок, нанесенных на гранях свай и на блоке насадки. На проектных отметках насадку закрепляют клиньями. Положение ее верха контролируют нивелировкой относительно реперов, расположенных вблизи монтируемой опоры. Если насадки состоят из нескольких элементов-блоков, в местах стыков устанавливают инвентарную опалубку. После сварки арматурных выпусков бетонируют стык и места сопряжения насадок со сваями. Опалубку снимают после достижения бетоном стыка 70% проектной прочности.

Монтаж стоечных опор состоит из установки стоек в гнезда, оставляемые в фундаменте опоры, или в подколоники (стаканы) на верхнем обресе фундамента, установки блоков ригелей и омоноличивания всей конструкции

Подколоники часто монтируют, снимая их непосредственно с транспортных средств без промежуточной выгрузки у сооружаемой опоры. Их устанавливают на слой цементного раствора, уложенного сверху фундамента. Правильность установки обеспечивается точным расположением закладываемых в фундамент анкерных штырей с проверкой геодезическими инструментами. Более тяжелые стойки-колонны устанавливают, как правило, с промежуточной выгрузкой их у опоры. Поднимают стойку и переводят ее в вертикальное положение, вращая вокруг нижнего конца. Строповочные приспособления обычно располагают на расстоянии $1/4$ – $1/5$ длины колонны от ее концов или в центре верхнего торца.

Колонны устанавливают в гнезда фундаментов в подколоники на слой цементного раствора, временно раскрепляя деревянными клиньями, а при высоте 8–10 м и более, дополнительно расчаливая. Клинья длиной около 100 см и шириной 12–15 см должны входить в стакан подколоники или в гнездо фундамента наполовину своей длины, обеспечивая возможность последующего окончательного замоноличивания элементов блоков. После замоноличивания клинья удаляют, укладывая вместо них бетонную смесь. Если в нижней части колонн и на верхнем обресе фундаментов предусмотрены стальные закладные части, то колонны временно закрепляют и окончательно замоноличивают сваркой этих частей. Для предохранения от коррозии закладные части должны быть в последующем закрыты слоем бетона. Аналогично монтируются опоры из трубчатых колонн.

При монтаже ригеля применяют инвентарные подмости, анкеры которых закладывают в блоках колонн во время их изготовления или закрепляют на хомутах, охватывающих трубчатые колонны.

Тема 32. Монтаж опор больших мостов

Бетонные и железобетонные сборные опоры монтируют из массивных блоков, укладываемых на слой цементного раствора. В зависимости от местных условий для сборки применяют краны стреловые самоходные, порталные, также краны, установленные на плавучие средства.

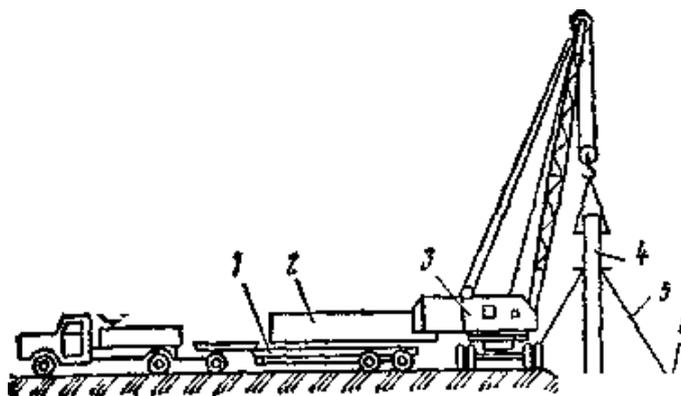


Рисунок. Монтаж колонн опоры: 1 – трейлер, 2 – очередной блок; 3 – монтажный кран; 4 – колонна; 5 – расчалка; 6 – якорь

Перед укладкой блоки тщательно очищают от грязи и обильно смачивают водой. Блок должен быть плотно посажен по всей постели на густопластичный раствор. Толщину шва, равную 1–2 см, фиксируют стальными прокладками. Дополнительная подливка раствора под установленный блок не допускается. После укладки трех-четырех блоков выверяют их высоту нивелированием; обнаруженные отклонения от проекта исправляют увеличением или уменьшением толщины последующих швов.

По мере укладки блоков через каждые 1,5 м по высоте опоры в швах закрепляют анкеры для подвесных подмостей, с которых потом заливают и расширяют вышерасположенные швы и отделяют наружные поверхности опоры. Вертикальные швы заливают раствором, предварительно законопатив их паклей с наружной стороны или закрыв деревянными трехгранными рейками. Раствор заливают через плоскую воронку, тщательно укладывая его металлическими штыковками в виде лопаточек толщиной 4–5 мм. Раствор горизонтальных швов для установки последующего ряда блоков укладывают только после заполнения вертикальных швов предыдущего. При

разравнивании раствора следят, чтобы он не доходил до наружных граней опоры на 40–60 мм.

Подферменные площадки и ригели опор в виде массивных блоков, как правило, имеют большую массу (до 35–40 т). Их устанавливать приходится кранами большой грузоподъемности с помощью траверс. При работе козловым краном такой блок подают к месту установки поступательным движением крана. В этом случае склад ригелей может быть расположен на подходе к мосту. При использовании стрелового крана ригель располагают внизу вдоль опоры как можно ближе к ней. Ригель поднимают краном, установленным нормально к опоре, на малом вылете стрелы, а затем грузовым полиспастом опускают в проектное положение. Если грузоподъемность одного стрелового крана недостаточна, возможна установка ригеля двумя одновременно работающими кранами. Для монтажа краном недостаточной грузоподъемности ригель приходится членить на отдельные параллельно расположенные блоки. В этом случае верх опоры обстраивают подмостями, на которых устанавливают и омоноличивают блоки ригеля. Недостаток этого способа – снижение темпа работ, а также дополнительный расход материалов и трудовых затрат на устройство поддерживающих подмостей.

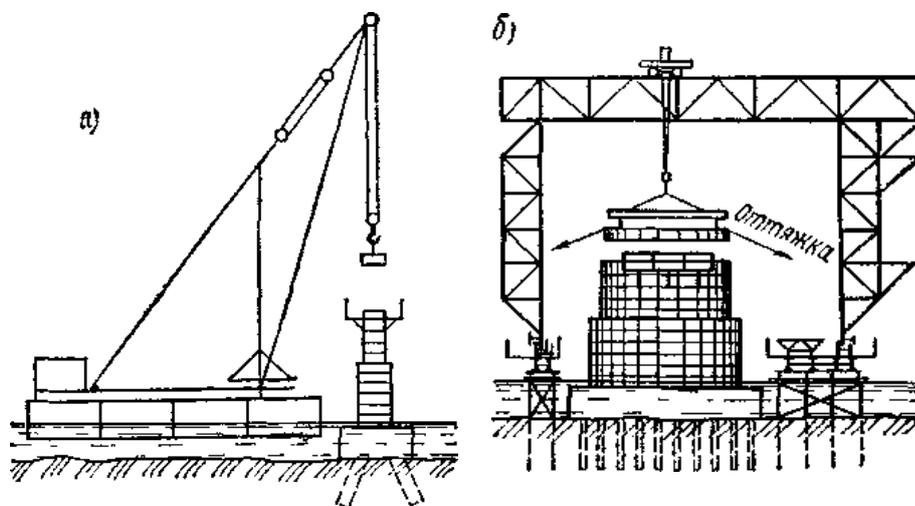


Рисунок. Краны для монтажа опор из массивных блоков

Технология монтажа сборной массивно-столбчатой опоры для типовых пролетных строений состоит из трех основных этапов:

- I – объединение тела опоры с готовым фундаментом;
- II – монтаж массивной части тела опоры;
- III – монтаж столбчатой части тела;
- IV – установка ригеля.

При монтаже массивной части из контурных блоков I с малой площадью опирания опоры обстраивают подмостями 2. На подмостях располагают фиксаторы 3, облегчающие установку блоков. Подмости можно собирать из элементов УИКМ, а также из других инвентарных конструкций. Внутреннюю полость заполняют бетонными блоками 7 или бетонной кладкой. Столбчатую часть опоры устанавливают на массивную через прокладник 6. Его укладывают на верхний коробчатый блок и объединяют с ним арматурным анкером 4 и цементобетонной смесью. Столбы 5 из железобетонных оболочек до подъема обстраивают необходимыми для размещения монтажников инвентарными люльками 8 и подмостями. Конструкция их аналогична применяемой для обстройки оболочек соответствующего диаметра.

Для обеспечения необходимой точности установки столбы стропуют за верхний торец, ввиду чего в процессе монтажа они занимают вертикальное положение.

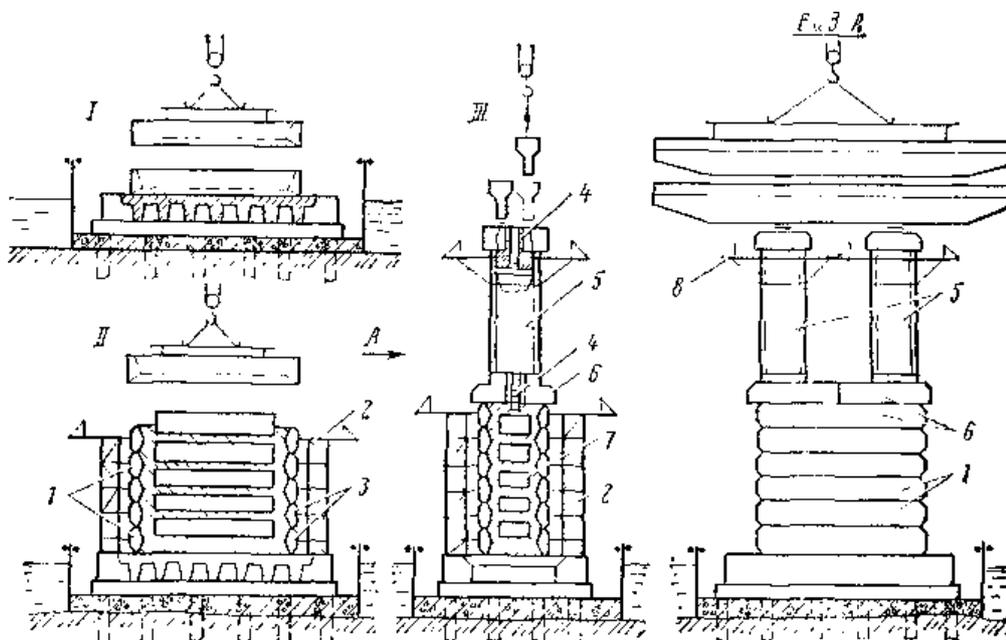


Рисунок. Технологическая последовательность монтажа столбчатых опор

Массивно-столбчатые опоры удобнее собрать козловым краном, так как при монтаже стреловым краном необходимо иметь стрелу достаточной длины или располагать кран на повышенном уровне на специальной подставке.

Тема 33. Монтаж балочно-разрезных и температурно-неразрезных пролетных строений стреловыми кранами

Сборные железобетонные балочно-разрезные и температурно-неразрезные ребристые и плитные пролетные строения монтируют различными кранами и агрегатами, применяемыми с учетом необходимой грузоподъемности

и производственных возможностей. Монтаж состоит из установки на постоянные опоры доставленных на стройплощадку отдельных блоков в виде балок и плит, как правило, равных длине пролета. После установки на место их омоноличивают по продольным швам между балками и диафрагмами; устраивают покрытие проезжей части, тротуары, перильные ограждения и т. п.

При установке балок-блоков и плит на опоры монтажные краны могут быть расположены как внизу на поверхности земли, так и вверху на устое или на собираемом пролетном строении.



Рисунок. Расположение кранов при монтаже пролетных строений

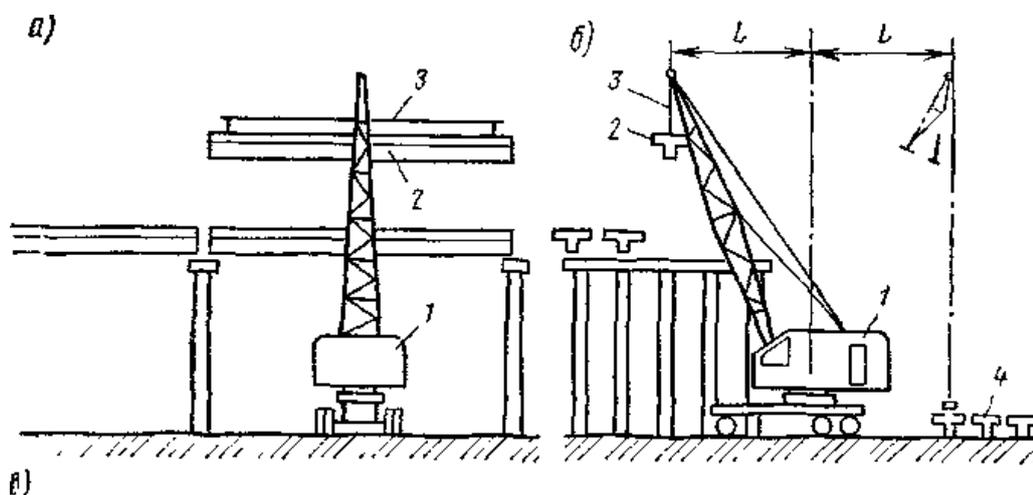
Кранами, расположенными внизу, собирают пролетные строения путепроводов, эстакад, пойменных участков больших мостов, когда рельеф местности и прочность грунтов обеспечивают перемещение и безопасную работу тяжелого крана. Обычно используют общестроительные самоходные стреловые краны на пневмоколесном или гусеничном ходу, а также прицепные тракторные краны. Для сборки пролетных строений путепроводов через железнодорожные пути часто используют железнодорожные стреловые краны, обладающие большой грузоподъемностью. Грунт на участке перемещения крана должен быть хорошо спланирован и уплотнен, например, обкаткой колесами или гусеницами незагруженного крана. Допускаемое давление на грунт при

работе кранами на пневмоколесном ходу можно принимать 0,4–0,5 МПа, а на гусеничном ходу – 0,2–0,3 МПа. При недостаточной несущей способности грунта под кран укладывают настилы из деревянных лежней, железобетонных плит или возводят подкрановые подмости.

В зимних условиях пролетные строения можно монтировать кранами со льда, убедившись в достаточной его прочности.

Для монтажа пролетного строения стреловым краном сбоку, расположенным на земле, подвозимые балки-блоки складировать в местах, удобных для установки их на опоры поворотом крана до 180° . Если транспортирование блоков на строительную площадку организовано в темпе, обеспечивающем работу крана без простоев, то блоки можно поднимать краном «с колес», не устраивая рабочих складов. Для лучшего использования грузоподъемности крана рекомендуется стреле придавать минимально возможный вылет. Застропованную траверсой балку поднимают и вводят в пролет поворотом стрелы. Затем грузовым полиспастом плавно опускают на опорные части, освобождая стропы. После этого кран устанавливают в новое рабочее положение для подачи в пролет следующей балки.

Перемещение кранов с грузом даже при минимальном вылете стрелы крайне нежелательно по условиям безопасности работ; перемещение с грузом разрешается только в том случае, когда масса блока не превышает 50% паспортной грузоподъемности крана при данном вылете стрелы.



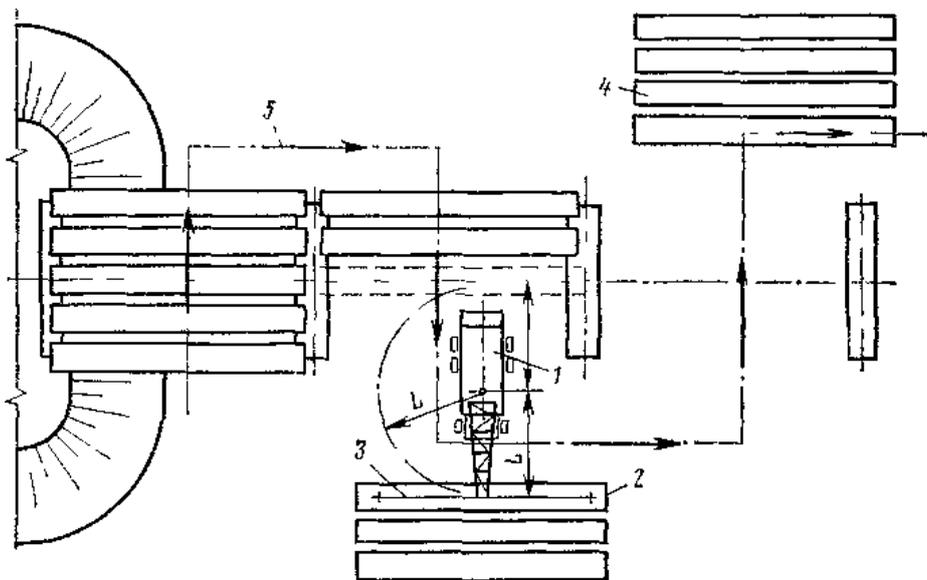


Рисунок. Схема монтажа пролетных строений стреловым краном сбоку: а – фасад, б – боковой вид, в – план: 1 – монтажный кран; 2 – устанавливаемая балка; 3 – траверса; 4 – склад, 5 – направление движения крана

Стреловыми кранами, расположенными на земле, обычно монтируют балки-блоки длиной до 21 м и массой не более 30–35 т. Так как пролетное строение собирают при небольшом вылете стрелы, то грузоподъемность кранов используется наилучшим образом.

Если грузоподъемность одного недостаточна, то применяют два спарено работающих крана; для чего устанавливаемую балку подвозят и разгружают возможно ближе к опорам, стропуют ее по концам, поднимают грузовыми полиспастами на наименьшем вылете стрел и затем, увеличивая их вылет, вводят в пролет. Опускают балку на опору грузовыми полиспастами на наименьшем вылете стрел и затем, увеличивая их вылет, вводят в пролет. Опускают балку на опору грузовыми полиспастами. Если для установки дальней балки достижимого вылета недостаточно, ее опускают сначала на опоры на этом вылете, затем краны перемещают вперед и снова поднимают ими балку, повторяя циклы, пока балка не займет свое проектное положение.

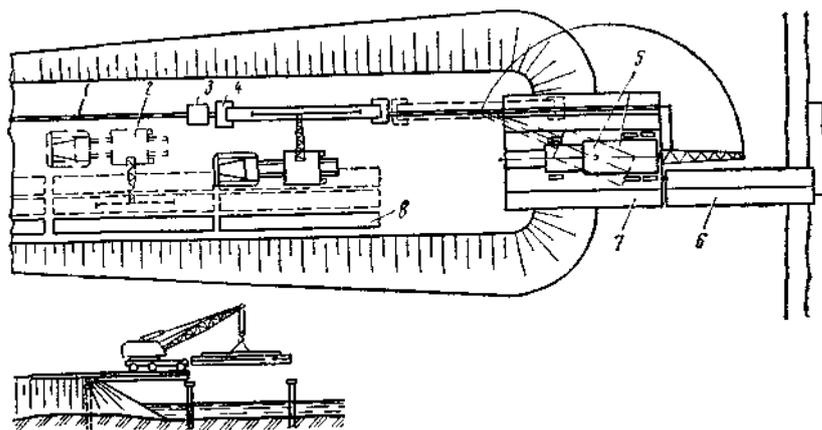


Рисунок. Схема монтажа пролетных строений «вперед себя»: 1 – рельсовый путь; 2 – кран для погрузочных работ 3 – мотовоз; 4 – вагонетки для перевозки балок, 5 – монтажный кран; 6 – монтируемое пролетное строение, 7 – собранное готовое пролетное строение; 8 – склад балок

Если прочность грунтов недостаточна, например, на заболоченных поймах, при наличии водотока и в других аналогичных условиях, не допускающих размещение крана внизу, балки устанавливают на опоры краном, расположенным на пролетном строении. В этом случае он с большим вылетом стрелы устанавливает балки вперед себя и затем перемещается на собранное пролетное строение для монтажа в следующем пролете. Здесь рабочий склад балок-блоков располагают на насыпи подхода так, чтобы свободная часть подхода была достаточна для передвижения крана и автомобилей с подвозимыми балками. Если высота насыпи невелика, можно расположить балки-блоки за ее пределами. В этом случае для погрузочно-разгрузочных работ на складе предусматривают самостоятельный кран. Этот кран работает на минимальных вылетах стрелы, и грузоподъемность его используется, как правило, полностью.

С промежуточного склада по рельсовому пути балки подают к монтажному крану вагонетками, перемещаемыми приводной лебедкой, а при больших расстояниях – мотовозом.

Балки широких пролетных строений можно монтировать и «с колес», подавая их к крану на автомобилях или трейлерах. Устанавливаемую балку краном снимают с вагонеток, затем, вращая стрелу (в плане), вводят балку в пролет и грузовым полиспастом плавно опускают на опорные части. В этих случаях кран работает с выносными опорами (аутригерами), располагаясь вдоль оси моста. Если с одной стоянки невозможно установить в пролете все балки, то кран перемещают поперек моста в новое положение.

Монтаж балок краном, установленным на пролетном строении, требует большого вылета стрелы и, следовательно, значительной грузоподъемности крана. Обычно этим способом устанавливают балки длиной до 16 м и массой до 14–15 т.

Для монтажа пролетных строений в пределах русла реки удобны плавучие краны.

Тема 34. Установка балок козловыми кранами

Для монтажа железобетонных пролетных строений многопролетных мостов и особенно эстакад высотой до 15–20 м с пролетами до 33 м удобны козловые краны, используемые для всего комплекса работ по сооружению опор и пролетных строений. Козловые краны заводского изготовления имеют грузоподъемность до 65 т, а собираемые из элементов УИКМ – до 100 т. Недостаток таких кранов большой срок их монтажа (до 10–15 дней), достоинство – большая грузоподъемность и возможность установки крупных элементов на большую высоту, в любое место по ширине между опорами крана.

Балки-блоки длиной до 18–21 м можно устанавливать одним краном, а длиной 24 м и больше – двумя или одним с применением траверсы. Для перемещения кранов вдоль строящегося моста укладывают пути по земляному полотну, а при слабых грунтах устраивают низкие подмости (рабочие мосты) с подкрановыми рельсовыми линиями. Одну из эстакад иногда делают более широкой для подачи балок-блоков непосредственно под кран автомобилями с прицепами, трайлерами, вагонетками или железнодорожными платформами. Ригель крана устанавливают такого размера, чтобы он охватывал конструкцию моста и пути подачи элементов блоков.

Козловыми кранами можно поднимать элементы-блоки вертикально и перемещать вдоль моста непосредственным движением самих кранов, а также, поперек с помощью грузовых кареток по их ригелям. Установка балок с этими кранами выполняет звено в составе шести – восьми рабочих с производительностью до четырех-пяти балок за рабочую смену. Обычно при строительстве средних и больших мостов, расположенных на широких водотоках, такой способ требует большого расхода материалов на устройство подкрановых эстакад. Кроме того, на реках с большой глубиной или каменистым дном, на судоходных реках, а также при работе в период паводка, ледохода или корчехода применение козловых кранов становится затруднительным, а иногда и невозможным. Устройство подкрановых эстакад удорожает монтажные работы и значительно удлиняет сроки строительства. Стоимость таких эстакад на отдельных стройках достигает до 20% общей стоимости монтажа.

Тема 35. Монтаж балок стреловыми кранами

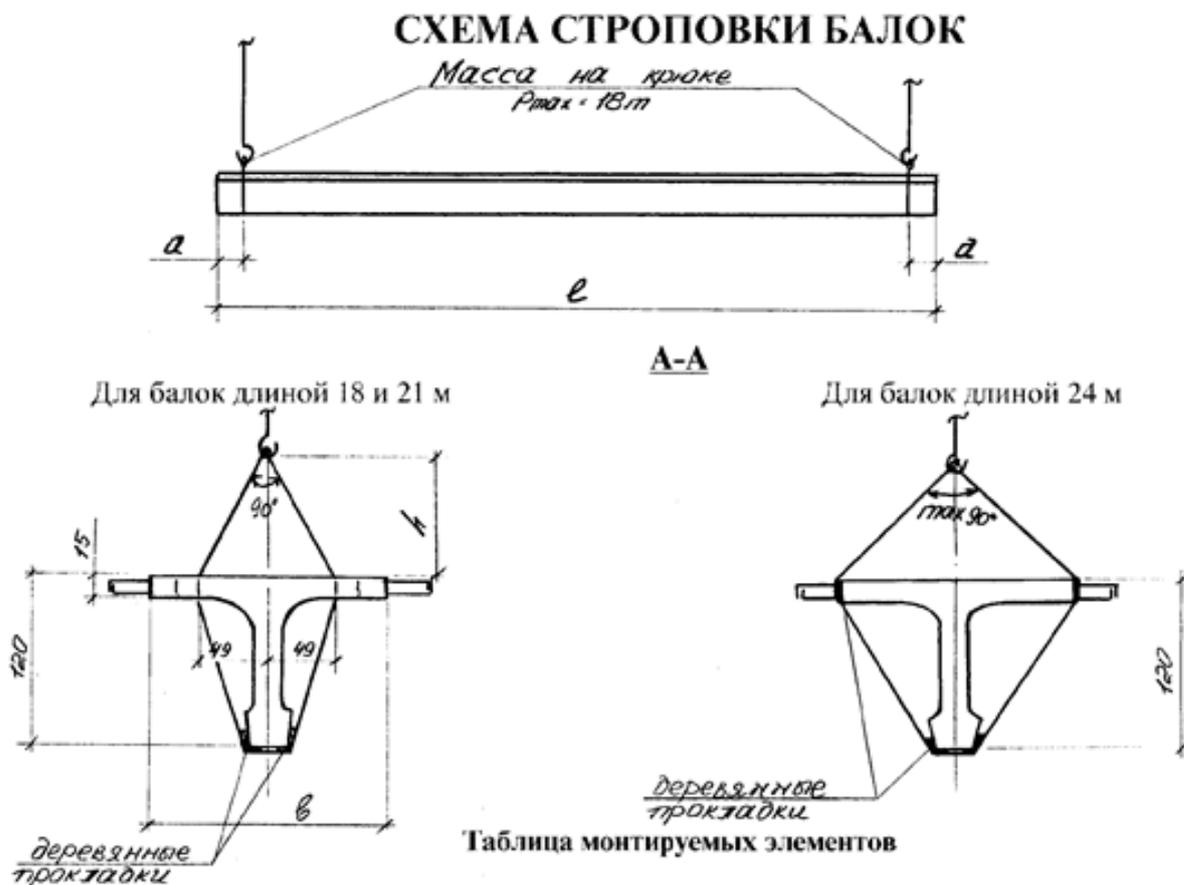


Рисунок. Схема строповки балок

При выполнении монтажных работ необходимо заполнять акты на выполненные работы.

МОНТАЖ БАЛОК ПРОЛЕТНЫХ СТРОЕНИЙ ДЛИНОЙ 18 И 21 М 2-МЯ КРАНАМИ «СВЕРХУ»

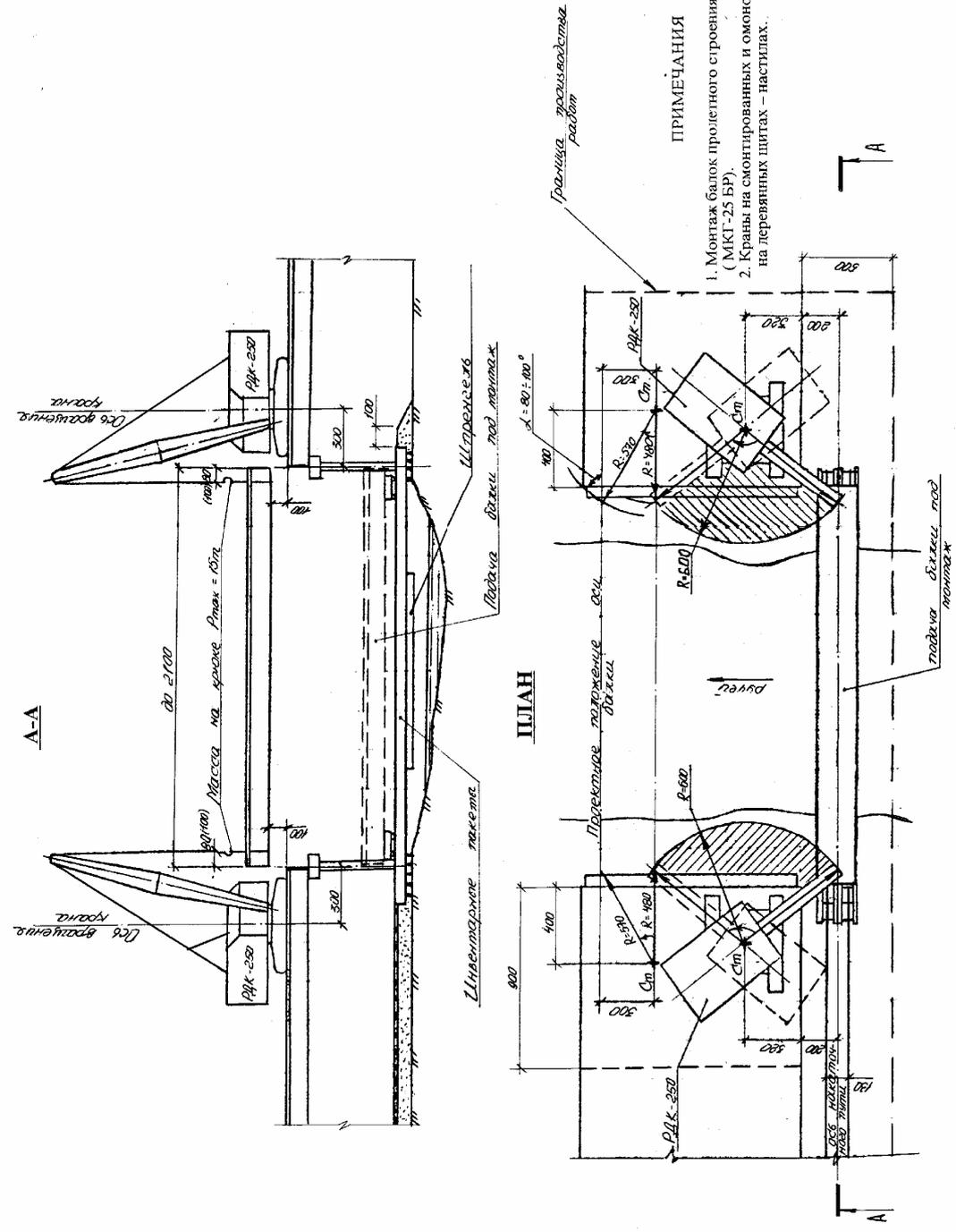


Рисунок. Схема монтажа балки двумя кранами с пролетных строений

**МОНТАЖ БАЛОК ПРОЛЕТНЫХ СТРОЕНИЙ ДЛИНОЙ 18,2-МЯ КРАНАМИ РДК-250 (МКГ-25 БР) «СВЕРХУ»
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИНВЕНТАРНЫХ ПОДКОПРОВЫХ ПАКЕТОВ**

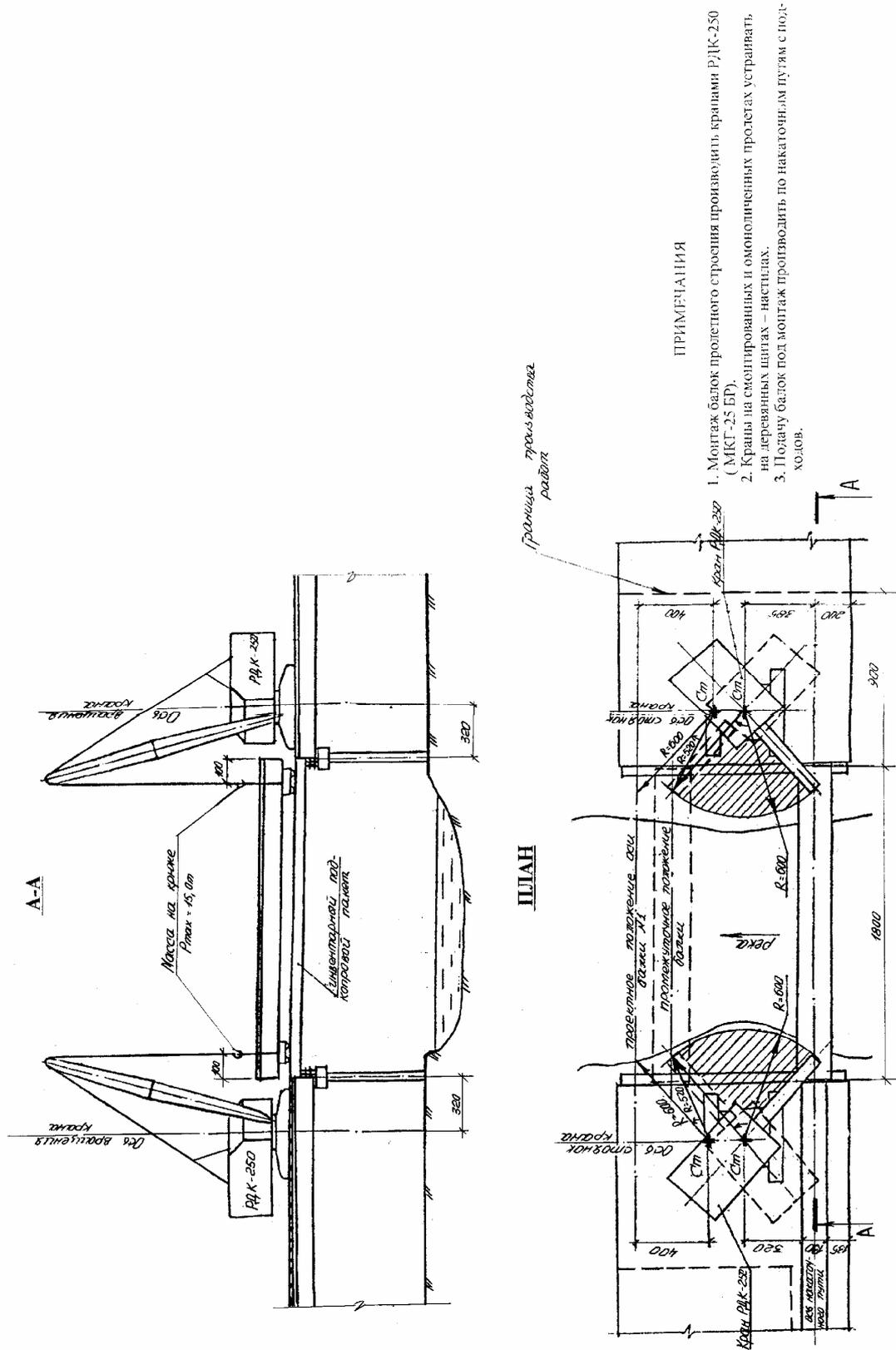


Рисунок. Схема перестановки балки двумя кранами с пролетных строений

МОНТАЖ БАЛОК ПРОЛЕТНОГО СТРОЕНИЯ ДЛИНОЙ ДО 21 М «С КОЛЕС» 2-МЯ КРАНАМИ КС-5363, УСТАНОВЛЕННЫМИ В РАЗНЫХ УРОВНЯХ

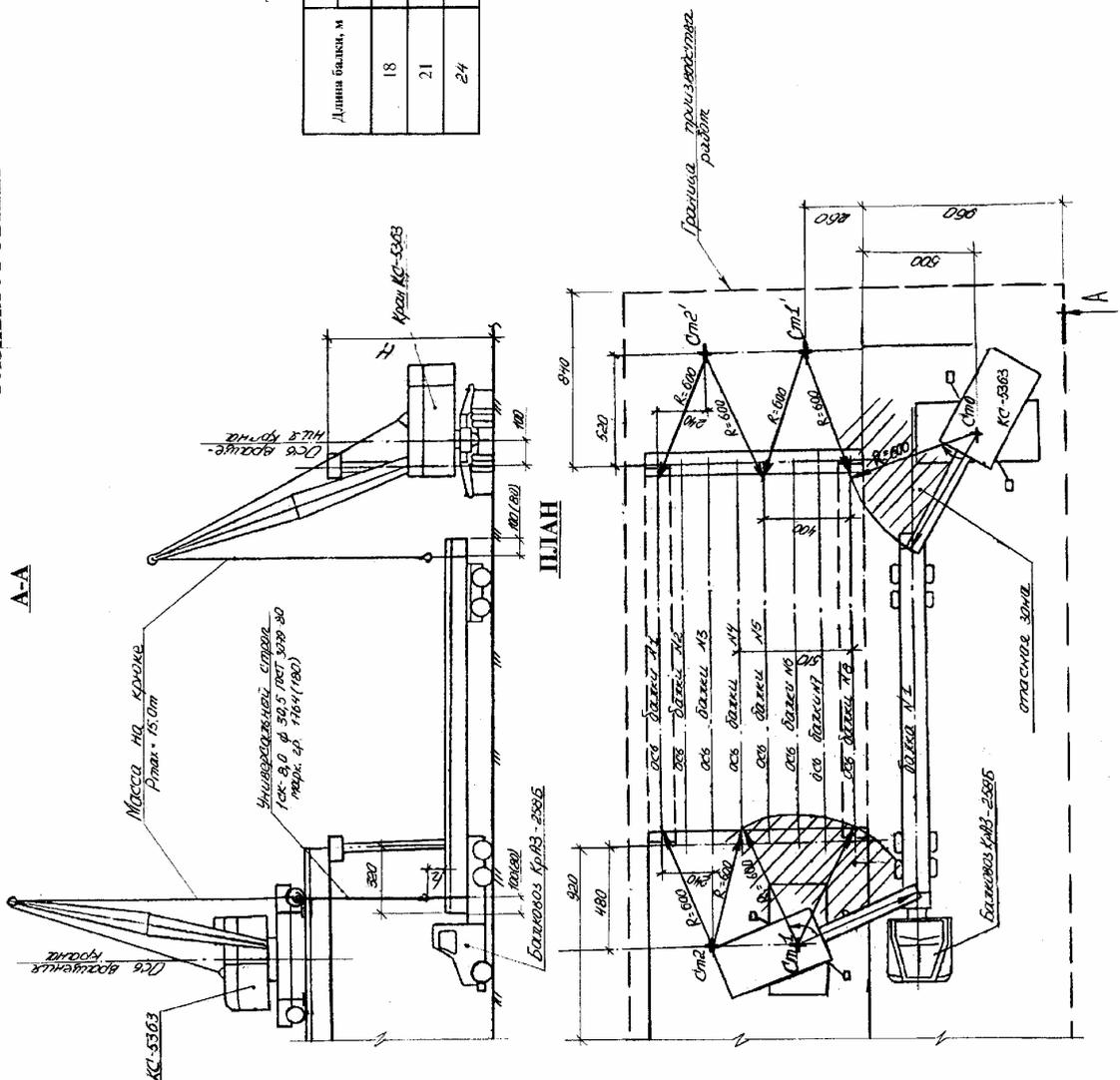


Таблица допустимых монтажных характеристик кранов.

Длина балки, м	КС-5363		РПК-250		МКТ-2551Р	
	H, м	$\alpha, ^\circ$	H, м	$\alpha, ^\circ$	H, м	$\alpha, ^\circ$
18	10,9	70-110	9,0	50-120	9,2	45-180
21	11,0	90	9,3	50-90	9,8	90
24	-	-	9,6	90	10,0	90

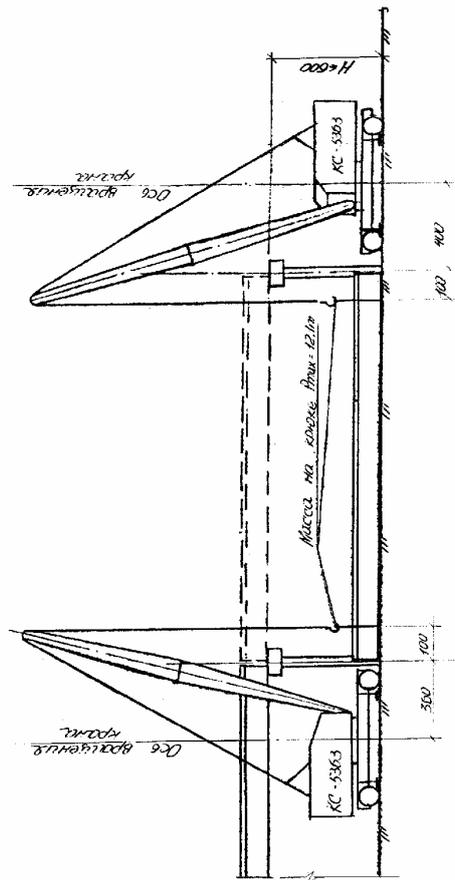
ПРИМЕЧАНИЕ

1. Аналогичным образом производить монтаж балок длиной 18, 21 и 24 м кранами РПК-250 и МКТ-2551Р
2. Высота опоры Н (м) и угол α (°) оси опоры приведены в таблице.
3. Пролетное строение, на котором устанавливается кран КС-5464, должно быть омонтировано.
4. Высота $\frac{1}{2}$ статора таблички на рис. 5.

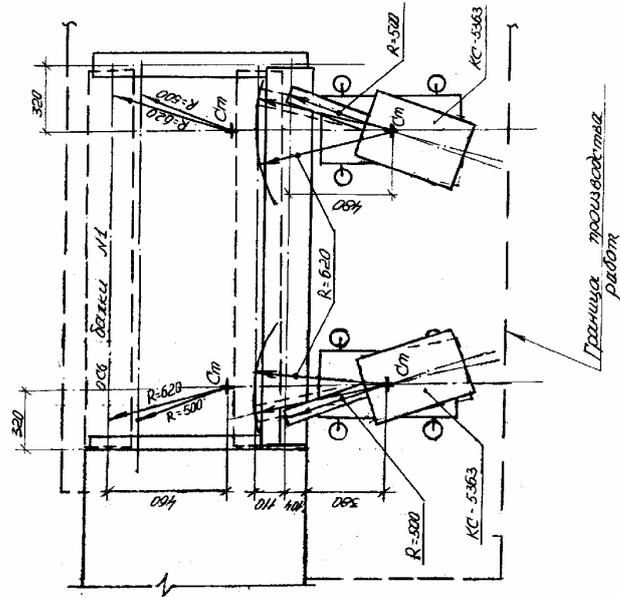
Рисунок. Схема монтажа балки с балковоза двумя кранами, расположенными в разных уровнях

**МОНТАЖ БАЛОК ПРОЛЕТНОГО СТРОЕНИЯ ДЛИНОЙ 18 М 2-МЯ КРАНАМИ КС-5363 «СНИЗУ» ПРИ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОМ
СООРУЖЕНИИ ПРОЛЕТОВ**

A-A



**ПЕРЕСТАНОВКА БАЛКИ В
ПРОЕКТНОЕ ПОЛОЖЕНИЕ**



Границы полезной работы

ПЛАН

(Установка балки из отороч)

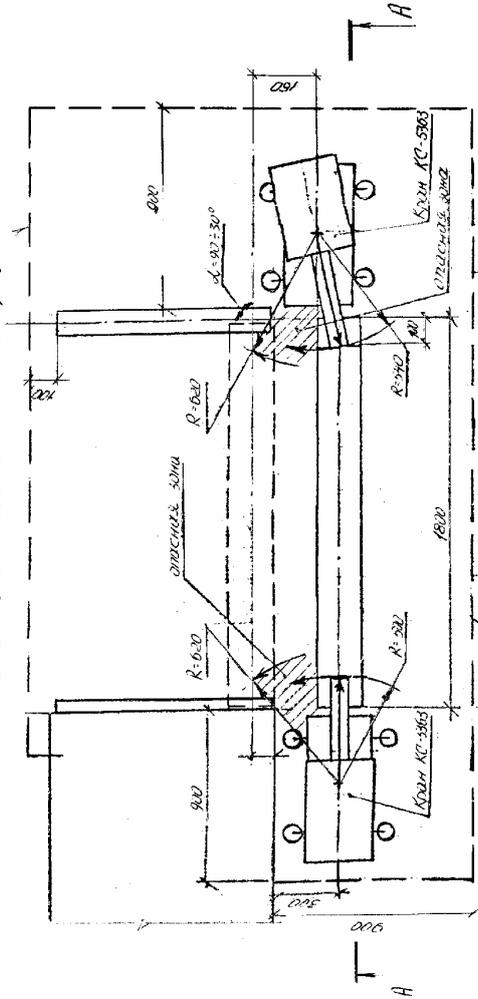
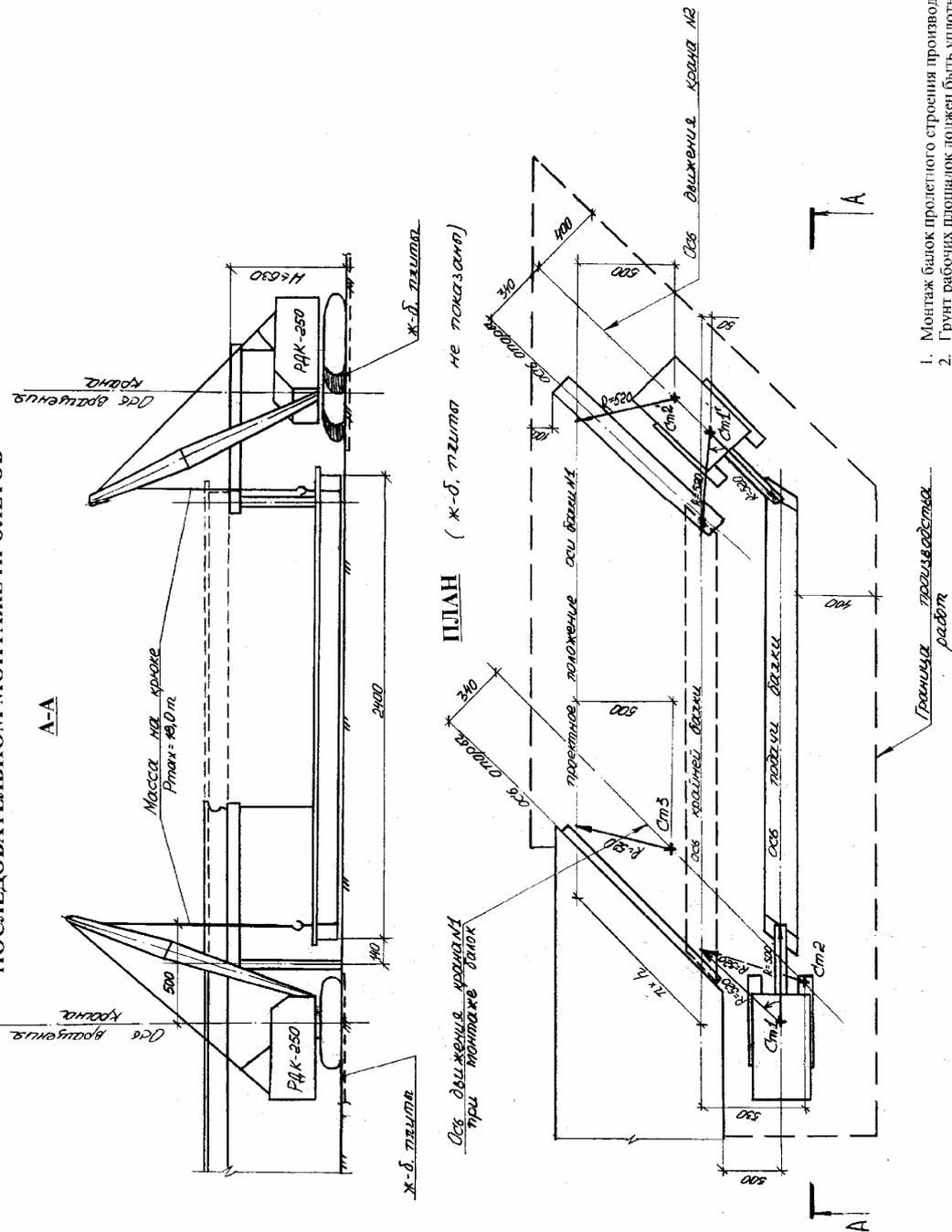


Рисунок. Схема монтажа балки двумя пневмоколесными кранами

**МОНТАЖ БАЛОК ПРОЛЕТНОГО СТРОЕНИЯ ДЛИНОЙ ДО
24 М 2-МЯ КРАНАМИ РДК-250 (МКГ-25БР) «СНИЗУ» ПРИ
ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОМ МОНТАЖЕ ПРОЛЕТОВ**



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

Рисунок. Схема монтажа балки двумя гусеничными кранами с колес

Тема 36. Установка балок монтажными агрегатами

Монтажными агрегатами называют комплекты специального оборудования, состоящие из монтажных ферм или балок и перемещающихся по ним козловых кранов, вагонеток, тележек или блоков собираемых конструкций пролетного строения. Рельсовые пути под козловые краны, проложенные на монтажных мостах, соединяют с путями на подходе, создавая тем самым возможность подвозить балки-блоки со склада или снимать с транспортных средств и доставлять непосредственно в монтируемый пролет.

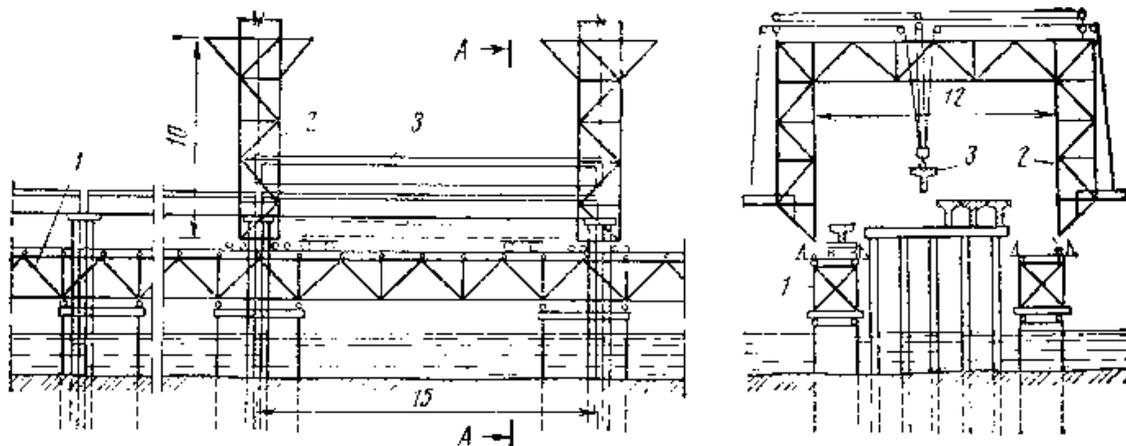


Рисунок. Схема установки балок на опоры козловым краном: 1 – подкрановая эстакада из инвентарных конструкций; 2 – козловой кран из УИКМ; 3 – устанавливаемая балка

Для установки плит и балок длиной от 12 до 42 м и массой до 90 т, широко применяемых на строительстве автодорожных и городских мостов, используют специальные шлюзовые краны-агрегаты различных типов; так для установки балок:

- 1) длиной до 24 м и массой до 40 т – краны средней грузоподъемности АМК-20, МКШ-40 и КШК-2×20;
- 2) длиной до 33 м и массой до 60 т – краны выше средней грузоподъемности 2×30 и КШК-2×32;
- 3) длиной до 42 м и массой до 100 т – краны большой грузоподъемности МКШ-100/60, МСШК-2×50 и др.

Большинство монтажных кранов-агрегатов перевозят со стройки на стройку отдельными элементами. Широко применяют мобильные краны типа КШМ-35 (КШМ-40), грузоподъемностью 35 т (40 т), перевозимые без

разборки на элементы. И кран КШМ-63, грузоподъемностью 63 т, перевозимый в виде двух основных элементов.



Рисунок. Монтаж балок пролетных строений краном КШМ-63



Рисунок. Подача балки пролетного строения для монтажа краном КШМ-63



Рисунок. Подача балки монтируемого пролетного строения со смонтированным пролетным строением



Рисунок. Узел крепления балки на балковозе



Рисунок. Крепление балки к грузовой тележке крана



Рисунок. Монтаж балки пролетного строения краном КШМ-63

**Тема 37. Примеры актов и журналов на строительные работы и их за-
полнение**

Форма журнала работ по монтажу строительных конструкций

ЖУРНАЛ

работ по монтажу строительных конструкций

№ _____

Наименование организации, выполняющей работы _____

Наименование объекта строительства _____

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

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

Шифр проекта _____

Предприятие, изготовившее конструкции _____

Шифр заказа _____

Заказчик (организация), должность, фамилия, инициалы и подпись руководи-
теля (представителя) технического надзора _____

Основные показатели строящегося объекта _____

Объем работ: стальных конструкций, _____ т

сборных железобетонных конструкций, _____ м³

Журнал начат « _____ » _____ 20__ г.

Журнал окончен « _____ » _____ 20__ г.

Первая страница журнала

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

Фамилия, имя, отче- ство	Специальность и образование	Занимаемая должность	Дата начала работы на объекте	Отметка о прохожде- нии аттестации и дата аттестации	Дата оконча- ния работы на объекте

ПЕРЕЧЕНЬ АКТОВ

освидетельствования скрытых работ и актов промежуточной приемки
ответственных конструкций

№ п.п.	Наименование актов	Дата подписания акта

ВЕДОМОСТЬ РЕЗУЛЬТАТОВ ОПЕРАЦИОННОГО КОНТРОЛЯ

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

Вторая и последующие страницы журнала

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

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

В журнале пронумеровано и прошнуровано

_____ страниц

« ____ » _____ 20__ г.

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

Место печати

АКТ
освидетельствования скрытых работ

по устройству _____
(наименование работ)

выполненных при _____
(наименование и место расположения объекта)

« ____ » _____ 20__ г.

Комиссия в составе:
представителя организации-исполнителя работ _____

_____ (фамилия, инициалы, должность, организация)
представителя технического надзора _____

_____ (фамилия, инициалы, должность, организация)
представителя проектной организации (при необходимости или наличии указаний в проектной документации) _____

_____ (фамилия, инициалы, должность, организация)
произвела осмотр, выполненных _____

_____ (наименование организации, выполняющей работы)

и составила настоящий акт о нижеследующем:

1. К освидетельствованию предъявлены: _____

_____ (наименование скрытых работ)

2. Работы выполнены по проектной документации, разработанной

_____ (наименование проектной организации, номера чертежей, дата их составления)

3. При выполнении работ применены _____

_____ (наименование материалов, конструкций, изделий со ссылкой на сертификаты или другие документы, подтверждающие

качество)

4. При выполнении работ отсутствуют (или допущены) отклонения от проектно-сметной документации _____

_____ (при наличии отклонений указывается, кем согласованы, номера чертежей и дата согласования)

5. Дата: начала работ _____

окончания работ _____

Решение комиссии

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

_____ (наименование работ и конструкций)

Члены комиссии:

_____ (подпись)

_____ (Ф.И.О.)

[оглавление](#)

Тема 38. Омоноличивание сборных балочно-разрезных пролетных строений. Устройство проезжей части

Собранное из отдельных железобетонных балок пролетное строение омоноличивают, соединяя по швам поперечные выпуски арматуры в плитах соседних балок и, бетонируя продольные швы. Соединять арматуру можно как сваркой, так и устройством петлевых стыков. Перед сваркой арматурные выпуски выправляют и подтягивают, а затем сваривают с помощью накладок или ванным способом. Для бетонирования продольного шва между плитами балок подвешивают снизу щиты опалубки. В зимнее время для свежееуложенного бетона часто применяют электропрогрев.

Вслед за омоноличиванием балок устраивают проезжую часть с бетонным сточным треугольником, укладывают тротуарные блоки и перила.

Тротуары и перила на мосту собирают как до, так и после устройства сточного треугольника. Элементы-блоки тротуаров и перил имеют обычно небольшую массу и малые габаритные размеры, что позволяет погружать и разгружать, а также устанавливать их в проектное положение автомобильным краном малой грузоподъемности.

Блоки тротуаров устанавливают на слой цементного раствора, добиваясь хорошего и ровного прилегания их постелей к верхним плитам балок пролетного строения, а бортовые ребра дополнительно закрепляют сваркой закладных частей. Устанавливают блоки обычно от концов пролетного строения к его середине. Способ монтажа перил зависит от их конструкции. Перильные стойки можно устанавливать на стальные анкеры или в гнезда, предусматриваемые вдоль наружной стороны тротуаров. После сборки всех элементов-блоков перил, проверки их профиля и плана перильные стойки монолитно связывают с тротуарами приваркой закладных частей и укладкой в гнезда бетонной смеси. Перед установкой блоков перил и тротуаров строповочные петли срезают автогеном или отгибают.

Водоотводные трубки устанавливают в отверстия плиты проезжей части до устройства сточного треугольника. Перед установкой трубки должны быть тщательно очищены от ржавчины и покрыты внутри битумным лаком.

Сточный треугольник в виде цементного или бетонного слоя со смазкой служит для выравнивания поверхности бетона, особенно в местах сопряжения балок пролетного строения. Поверхность цементной смазки выравнивают под правило, придавая ей проектный уклон, и выдерживают в течение двух-трех дней. Цементный раствор для смазки подают к месту укладки автомобилями.

В состав работ по устройству проезжей части с гидроизоляцией входят:

- 1) установка водоотводных трубок;

- 2) устройство деформационных швов;
- 3) укладка гидроизоляционных слоев;
- 4) устройство защитного слоя;
- 5) установка бордюрного камня;
- 6) устройство покрытия проезжей части и тротуаров.

Возле тротуарного блока изоляцию поднимают вверх и приклеивают к боковой поверхности бортика. По первому слою рулонного материала, наносят второй слой гидроизоляции. Стыки второго слоя гидроизоляционного материала смещают по отношению к стыкам первого слоя наполовину ширины полотна. При укладке гидроизоляции возле водоотводных трубок обязательно устраивают сточные уклоны к водоотводящему отверстию. Особенно тщательно нужно укладывать гидроизоляцию возле тротуарных блоков и бордюров.

В местах сопряжения пролетных строений размещают 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. Положение бордюрного камня в плане и профиле контролируют геодезическими приборами. Поверх защитного бетонного слоя обычно устраивают двухслойное асфальтобетонное покрытие; эту работу, как правило, выполняют одновременно на мосту и на подходах к нему.



Рисунок. Устройство накладной плиты

Тема 39. Монтаж балочно-неразрезных пролетных строений. Особенности способов монтажа конструкций

Балочно-неразрезные железобетонные мосты возводят обычно сборными, а за рубежом монолитными, применяя пролетное бетонирование на подмостях различного типа.

Сборные балочно-неразрезные пролетные строения путепроводов сооружают тремя способами. По одному способу используют отдельные разрезные балки-блоки длиной 24–33 м, стыкуемые у опор или возле зоны минимальных моментов и превращаемые в неразрезную конструкцию. Получили распространение температурно-неразрезные конструкции, которые собирают из обычных разрезных балок и плит заводского изготовления, а при монтаже их торцы соединяются тонкой железобетонной плитой. Все опорные части таких конструкций за исключением одной, подвижные. Соединительную железобетонную плиту изготавливают одновременно с бетонированием продольных швов между балками. Монтируют пролетные строения стреловыми или козловыми кранами с применением при необходимости вспомогательных поддерживающих опор. Другим способом является сборка балок из коробчатых блоков на насыпи подходов, с последующей продольной надвижкой крупных секций пролетного строения на опоры. Таким способом построено несколько мостов с пролетами от 33 до 63 м. По третьему способу балочно-неразрезные пролетные строения составные по длине собирают из блоков-секций плитно-ребристой или коробчатой конструкции, с максимальной заводской их готовностью; конструкции монтируют попролетно на перемещающихся стальных подмостях.

Тема 40. Сборка балочно-неразрезных пролетных строений на стационарных подмостях и временных опорах

Балочно-неразрезные железобетонные пролетные строения, собираемые из отдельных блоков в виде балок и плит, можно монтировать на стационарных подмостях с помощью стреловых, козловых и консольно-шлюзовых кранов, перемещающихся как внизу по грунту, так и поверху собираемой конструкции с применением временных опор. Отдельные блоки могут поступать с завода преднапряженными. Стыки между крупными блоками обычно устраивают в местах минимальных изгибающих моментов неразрезной конструкции. Блоки поддерживают временными опорами, собираемыми из конструкции УИКМ. Основание этих опор может быть, как лежневое, так и свайное.

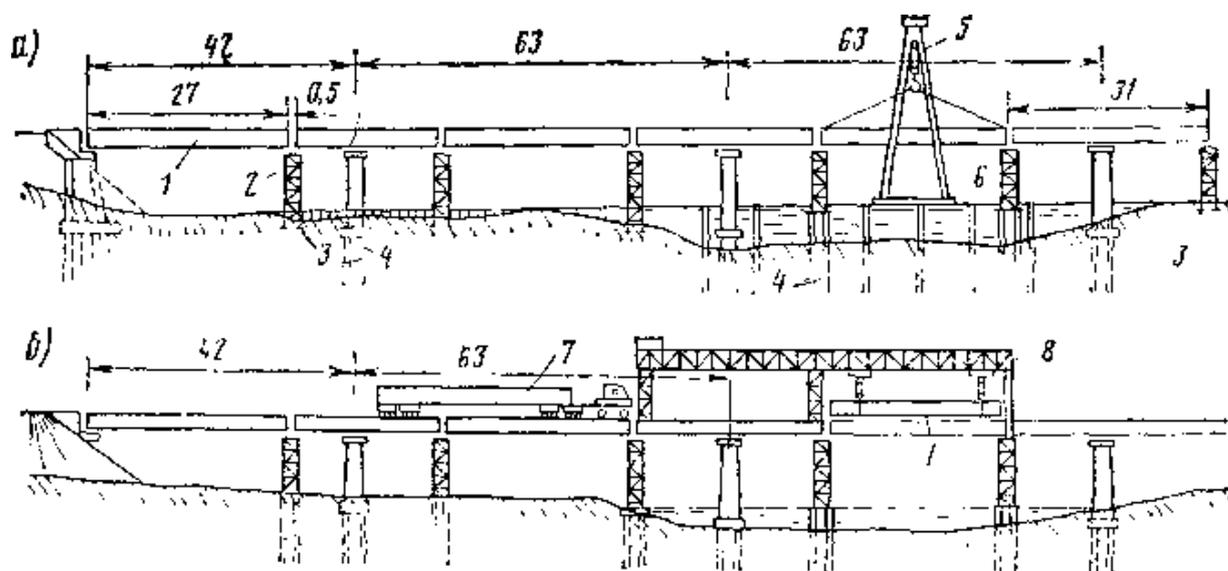


Рисунок. Схема монтажа балочно-неразрезного пролетного строения из крупных блоков-балок: а – козловым краном грузоподъемностью 45 т; б – консольно-шлюзовым агрегатом грузоподъемностью 2×30 т; 1 – блок; 2 – башенные временные опоры, 3 – лежневые основания под временной опорой; 4 – свайные основания под временной опорой. 5 – козловой кран, 6 – подкрановая эстакада, 7 – блок, подаваемый трейлером, 8 – консольно-шлюзовой кран

При работе козловыми кранами, перемещающимися по путям, уложенным на грунте, монтируемые конструкции несут нагрузку только от собственного веса, а при сборке консольно-шлюзовым краном они оказываются дополнительно загруженными весом монтажного крана и трейлеров. В этом случае может потребоваться усиление блоков и устройство более мощных временных опор. Часть арматурных пучков монтируемого пролетного строения проходит как в закрытых, так и в открытых каналах. Пучки натягивают после омоноличивания поперечных швов между уложенными отдельными блоками. Учитывая это, замыкающие поперечные швы устраивают достаточно широкими (не менее 1,5 м) с учетом размещения домкратов для натяжения. Широкие швы бетонируют вслед за созданием преднапряжения в конструкции. Сборные и омоноличенные конструкции пролетного строения опускают на постоянные опоры с помощью гидродомкратов, включая этим его в работу.

Недостаток приведенного способа монтажа – значительный объем работ, связанный с затратой большого труда и средств на постройку временных опор и с необходимостью укладки бетонной смеси при монтаже. Объем такого бетона доходит до 20–25% от всего объема пролетного строения. В связи с этим такой способ монтажа применяется в редких случаях.

Тема 41. Монтаж пролетных строений продольной движкой

Способ продольной движки заключается в следующем. Железобетонные конструкции (секции) постоянной высоты собирают из блоков, доставляемых с полигона, или бетонируют на насыпи подхода к мосту, а затем движут на опоры. Пролетное строение монтируют по мере его движки секциями, наращиваемыми с тыловой стороны, т. е. выполняют работы конвейерно-тыловым способом. Для повышения точности сборки конструкции на насыпи подхода устраивают, специальный металлический или железобетонный стенд длиной около 0,6–0,7 пролета. К головной части движимой конструкции закрепляют металлический аванбек длиной не менее половины наибольшего пролета моста.

Каждое поперечное сечение сборного пролетного строения, находясь на разных стадиях продольной движки, претерпевает дополнительные усилия, которые по размерам и по знаку не совпадают с расчетными значениями, определенными для стадии эксплуатации моста. Во избежание появления больших растягивающих напряжений в бетоне его конструкцию до движки обжимают временными монтажными пучками. Монтажные пучки укладывают на верхней и нижней плитах коробчатого сечения на сборочном стенде и наращивают число их по мере сборки пролетного строения п поэтапной движки. По окончании продольной движки эти пучки снимают. Число монтажных пучков зависит от размера пролетов, длины аванбека, наличия или отсутствия промежуточных временных опор, от весовых характеристик движимых конструкций.

Продольную движку тяжелых железобетонных пролетных строений выполняют путем скольжения конструкций по накаточным устройствам, располагаемым на опорах. Накаточные устройства состоят из прокладок из антифрикционного полимерного материала и полированных хромированных стальных листов. Коэффициент трения металла по фторопласту составляет не более 0,05–0,06, а возможное давление достигает 25–30 МПа. В состав накаточных устройств входят гидравлические домкраты, устанавливаемые на опорах для подъема аванбека, пролетных строений, перестановки хромированных стальных листов и смены изношенных пластин фторопласта. Продольное перемещение конструкции обеспечивают с помощью горизонтально расположенных толкающих гидравлических домкратов с большим ходом поршня.

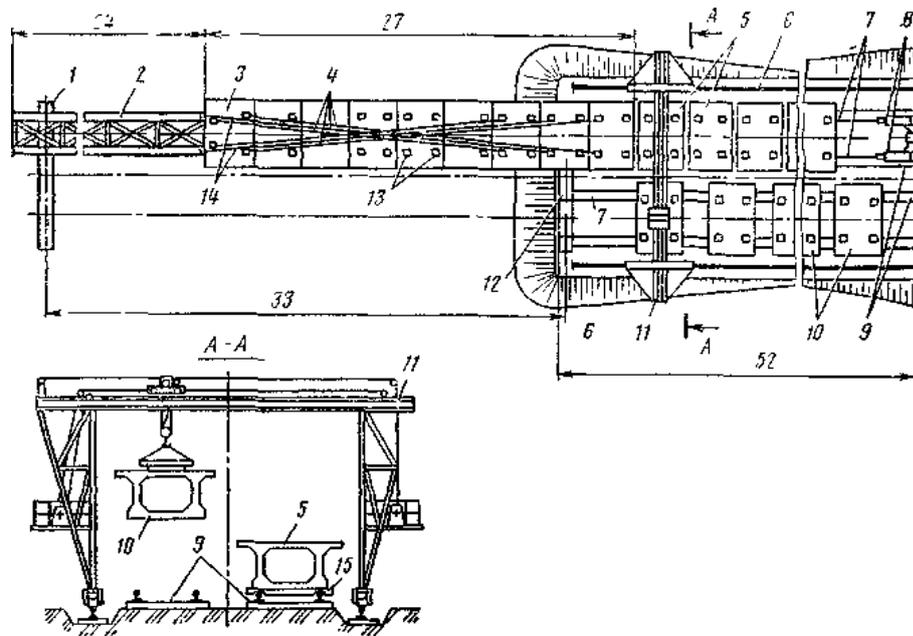


Рисунок. Площадка для укрупнительной сборки железобетонных балок: 1 – опора моста; 2 – аванбек; 3 – первая секция балки, 4 – верхние напрягаемые пучки балки; 5 – блоки второй секции, 6 – рельсовый путь крана; 7 – рельсовый путь станда; 8 – толкающий домкрат; 9 – сборочный станд; 10 – готовые блоки; 11 – козловой кран; 12 – береговая опора моста; 13 – анкерные упоры напрягаемых пучков; 14 – крепление авенбека к балке, 15 – салазки

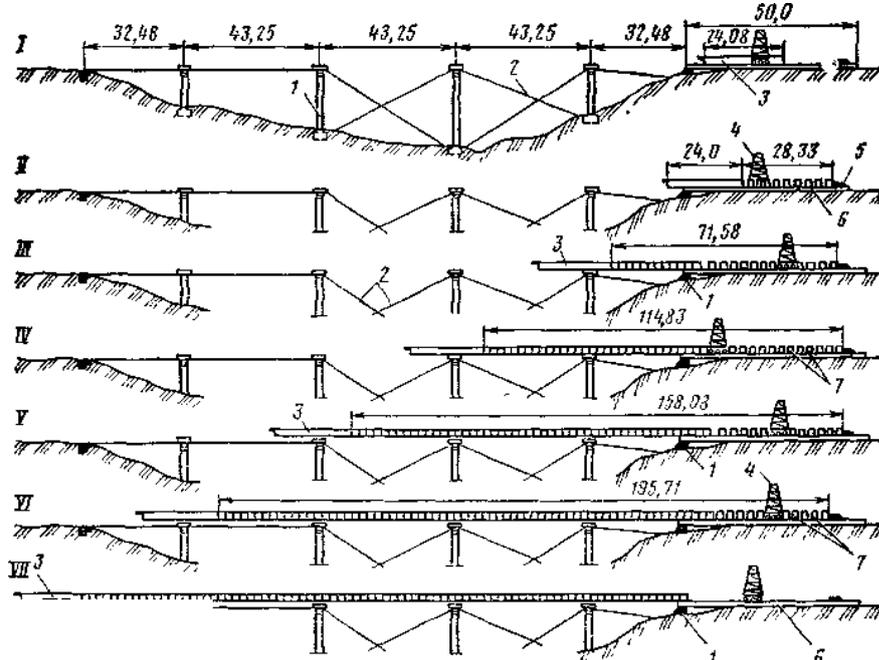


Рисунок. Схема (I–VII) конвейерно-тыловой сборки метолом продольной подвижки: 1 – опоры моста; 2 – тросовые оттяжки; 3 – аванбек; 4 – козловой кран; 5 – толкающая домкратная установка; 6 – сборочный станд; 7 – блоки собираемой секции балки

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

В отсеках стального блока накаточного приспособления было установлены домкраты. Во время надвигки они служили для подъема аванбека. В пределах надвигаемой части пролетного строения накаточные приспособления располагали на опорах. Здесь была устроена клетка из дубовых брусьев и даны две прокладки из фторопласта. Стальной лист перемещали после подъема конструкции одним гидродомкратом грузоподъемностью 200 т. В процессе надвигки листы фторопласта изнашивались и их заменяли. Движение вперед обеспечивали с помощью плунжеров гидравлических домкратов, установленных горизонтально на стенде.

Полное выдвижение плунжеров составляло 112 см. С учетом перезарядки домкратов и поддомкрачивания конструкции на опорах скорость надвигки достигала 1,4 м/ч.

Тема 42. Монтаж пролетных строений на перемещающихся подмостях

Осуществляемые на строительстве балочно-неразрезных пролетных строений автодорожных и городских мостов пролетами от 24 до 63 м конструктивно-технологические решения блоков максимальной заводской готовности позволяют на месте монтажа ограничить количество «мокрых» работ до 3–4% от всего объема бетона пролетного строения. Блоки с заводов или полигонов МЖБК могут поступать с уложенной на плите гидроизоляции и защитным слоем. Особенность такой составной конструкции – возможность изготовления блоков для широкого диапазона пролетов и габаритов с использованием ограниченного числа технологических оснасток. Ширина блока зависит от габарита пролетного строения и может колебаться от 11 до 15 м при длине его до 3 м. Масса блока от 30 до 50 т. Блоки составной железобетонной конструкции изготавливают способом отпечатка торцов. В широких городских мостах в поперечном сечении можно устанавливать 2–3 блока и более.

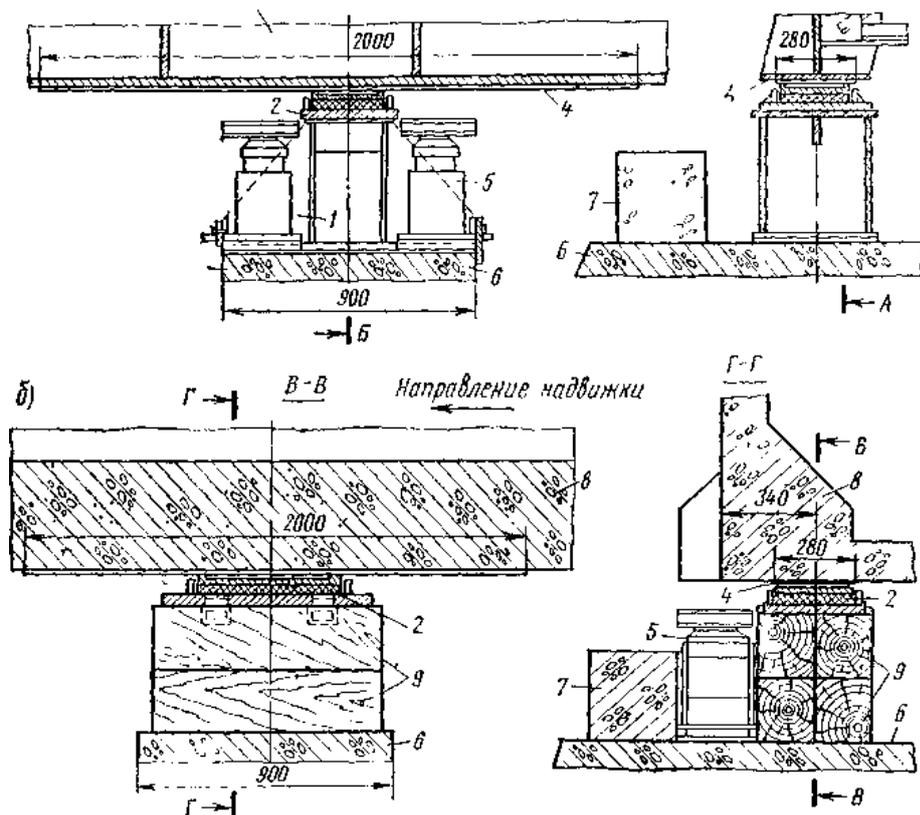


Рисунок. Накаточные приспособления: 1 – стальной блок; 2 – обойма с фторопластом; 3 – аванбек; 4 – стальной хромированный лист, 5 – гидравлические домкраты, 6 – ригель опоры; 7 – подферменник, 8 – балка, 9 – дубовый пакет

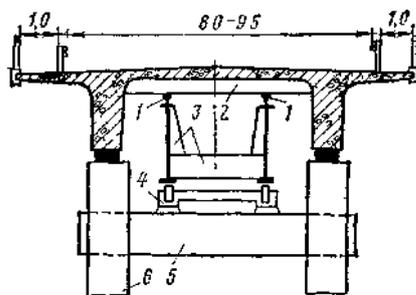


Рисунок. Схема расположения блоков составных плитно-ребристых пролетных строений на перемещающихся подмостях: 1 – рельсы на верхнем поясе подмостей; 2 – поперечное ребро блока, 3 – перемещающиеся подмости, 4 – перекаточные ролики подмостей, 5 – вспомогательная металлическая балка для опирания подмостей, 6 – столбчатые опоры

Монтаж пролетных строений выполняется поперлетно с помощью стальных перемещающихся подмостей инвентарного типа. Подмости для монтажа пролетных строений пролетом от 33 до 63 м представляют собой две сварные двутавровые широкополые балки высотой 230 см. Балки расположены

параллельно на расстоянии 260 см друг от друга и связаны между собой поперечными и продольными связями. Конструкция подмостей по длине состоит из транспортабельных секций размером от 9 до 13,5 м. Соединения между секциями даны на стыковых накладках с высокопрочными болтами.

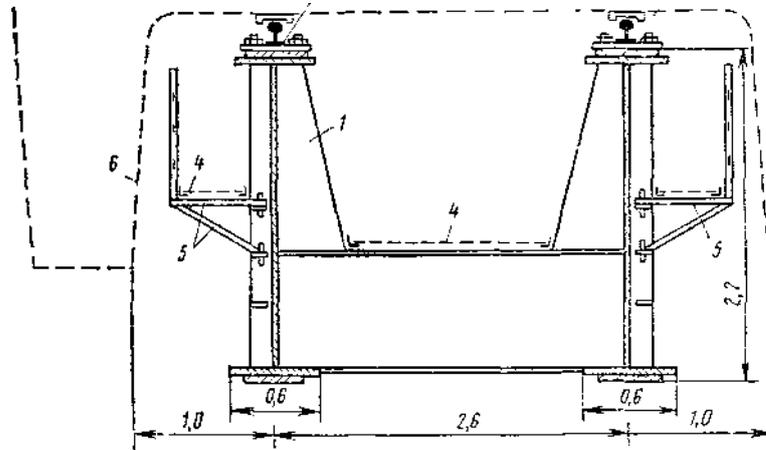
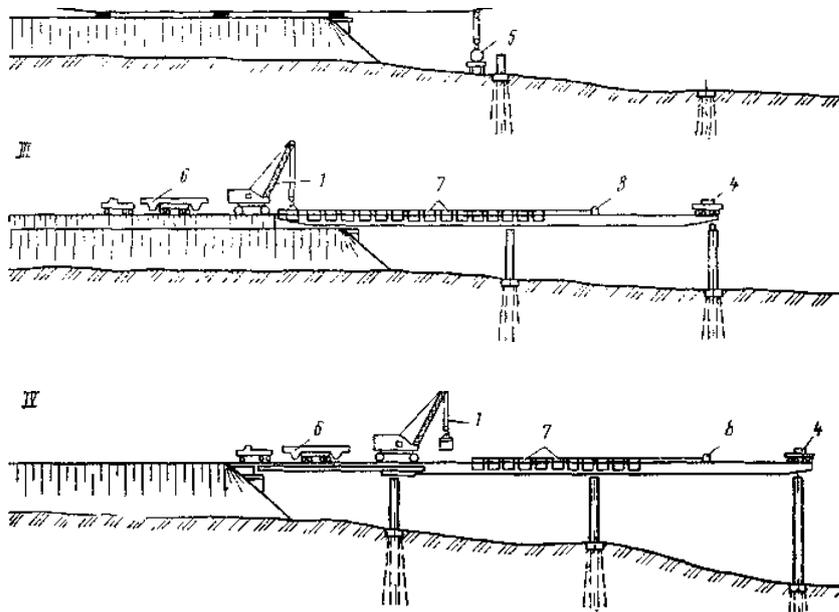


Рисунок. Схема и поперечный разрез перемещающихся металлических подмостей: 1 – блок подмостей; 2 – стык на высокопрочных болтах; 3 – рельс на верхнем поясе, 4 – сетчатые настилы подмостей; 5 – консоль рабочих проходов, 6 – контур низа пролетного строения



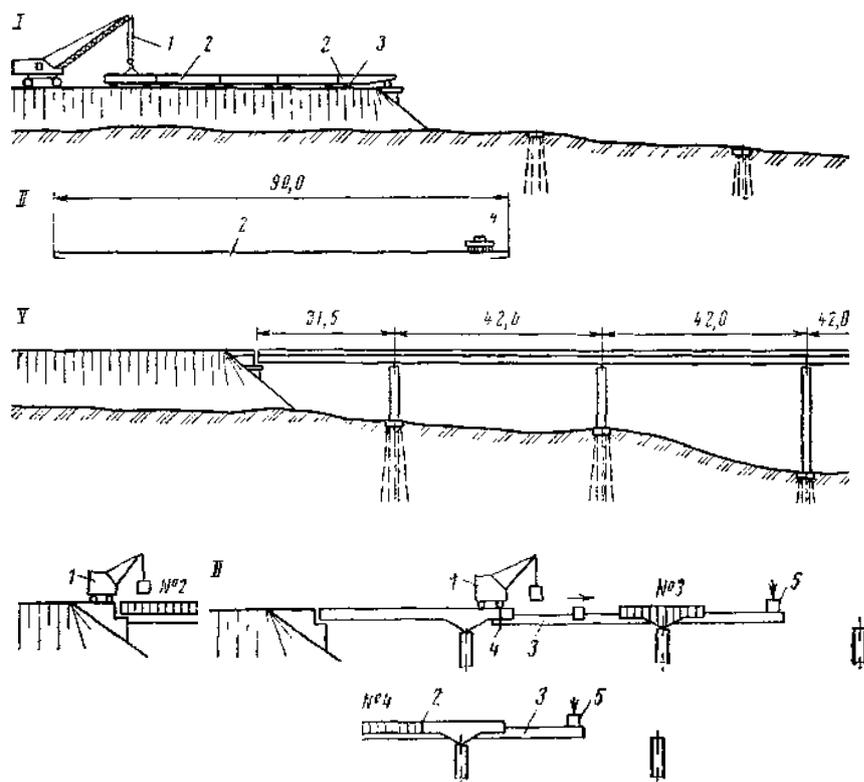


Рисунок. Последовательность (I—V) монтажа балочно-неразрезного моста со схемой пролетов 31,5+х42,0+31,5 м: 1 – 60 тонный стреловой кран; 2 – перемещающиеся подмости, 3 – перекаточные устройства для подмостей, 4 – тележка для сборки опор, 5 – поданный снизу блок опоры, 6 – блок пролетного строения; 7 – блоки на подмостях, 8 – лебедка

На стальных подмостях с аванбека можно монтировать впереди стоящую опору моста. С этой целью на конце аванбека располагают грузоподъемную тележку, позволяющую поднимать снизу блок опоры, транспортировать и укладывать его на место; наращивая опору. Такой способ монтажа при сооружении высоких эстакад и виадуков существенно облегчает и ускоряет сборку опор. Масса блоков опор при пролетах моста в 42 м составляет до 20 т, а при пролетах в 33 м – до 25 т.

Последовательность монтажа железобетонных балочно-неразрезных мостов с пролетами 33 и 42 м складывается из ряда стадий.

Первая стадия включает работы:

- 1) планировку насыпи подхода, отсыпанной на уровне верха подферменной площадки устоя;
- 2) устройство монтажных клеток и передаточных приспособлений;
- 3) монтаж (на насыпи) подмостей из отдельных секций с помощью стрелового самоходного крана грузоподъемностью 25 т.

На верхних поясах подмостей закрепляют рельсовые пути, которые необходимы для перекатки по ним блоков сборных конструкций опор и пролетного строения.

На второй стадии собранные подмости выкатывают вперед на длину первого пролета и в таком положении их поддомкрачивают на верху устоя и монтируют первую промежуточную опору моста. После твердения раствора швов собранной опоры подмости продвигают вперед на длину второго пролета, а насыпь подхода досыпают до проектного профиля. Привезенные на трейлерах с завода или со склада блоки пролетного строения с помощью упрощенного шевр-крана или самоходного стрелового крана поочередно устанавливают на подмости. Далее блоки подают на свои места скольжением по рельсовому пути, уложенному на подмостях. При этом блоки опираются на подмости через свои поперечные ребра. Рельсовому пути на подмостях заранее придают выгнутый профиль, равный прогибу от действия постоянных нагрузок. После загрузки блоками подмостей собранная конструкция становится горизонтальной. С помощью домкратов, расположенных на опорах, обеспечивают более точную установку подмостей и переходят к другой стадии работ. Протаскивают через закрытые каналы напрягаемые пучки и объединяют между собой блоки на клеевых стыках. Для удобства нанесения клея на торцы блоков оставляют зазоры в 20 см между ними.

После смазывания торцов блоков клеем швы обжимают натяжением напрягаемых пучков с помощью гидродомкратов, расположенных со стороны торца собранной первой секции пролетного строения.

В такой же последовательности монтируют следующие опоры и секции пролетного строения. Между ранее собранной и очередной монтируемой секцией оставляют широкий шов (до 70–100 см) для размещения в нем анкеров стыкуемых здесь пучков. Этот шов располагают в зоне минимальных моментов. После сборки очередной секции и натяжения ее напрягаемых пучков бетонируют широкий шов, применяя инвентарную опалубку. Заполняют каналы инъекционным раствором последовательно в каждой собираемой секции через отверстия, устроенные в анкерах, или же после сборки всех секций через специальные инъекционные трубки. Для выполнения вспомогательных работ обычно используют подвесную передвигаемую по пролетному строению легкую рабочую тележку.

Достоинство сборных неразрезных пролетных строений из плитно-ребристых конструкций – (ПРТС), заключается в возможности их применения для большого диапазона пролетов (от 24 до 84 м), которые можно перекрывать по единой технологии.

С завода блоки пролетного строения поступают с уложенной гидроизоляцией и защитным слоем. На месте монтажа требуется лишь изолировать клеевой шов между соседними блоками полосой изоляционной ленты. После завершения монтажа всех пролетных строений моста укладывают асфальтобетонное покрытие.

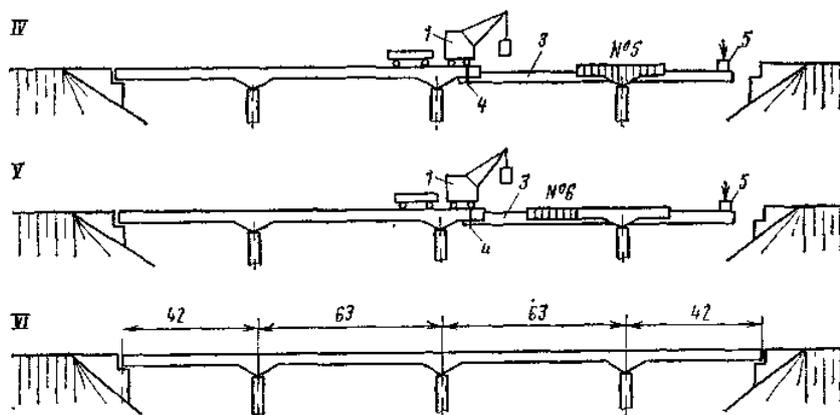


Рисунок. Последовательность монтажа плитно-ребристых неразрезных пролетных строений со схемой 42+2×63+42 м на перемещаемых подмостях: 1 – монтажный кран, 2 – монолитные стыки между собранными секциями, 3 – перемещаемые подмости, 4 – подхват; 5 – противовес

За рубежом монтаж балочно-неразрезных сборных пролетных строений на перемещающихся подмостях применяют наряду с поперлетным бетонированием на месте. Для монтажа конструкций блоки подают с помощью кранов, передвигающихся по подмостям тяжелой конструкции.

Тема 43. Инъекцирование каналов составных конструкций

При монтаже составных (члененных по длине) балок железобетонных пролетных строений с натяжением высокопрочной арматуры на бетон ответственная работа – заполнение (инъекцирование) раствором закрытых и открытых каналов, в которых располагаются арматурные напрягаемые пучки. От качества инъекцирования, обеспечивающего защиту арматуры от коррозии, в значительной мере зависит долговечность сооружения. До недавнего времени каналы заполняли цементными растворами специального приготовления. Исследования, выполняемые в нашей стране и за рубежом, показали эффективность применения и полимеррастворов.

Растворы и способы их инъекцирования должны обеспечивать хорошее и полное заполнение каналов и пустот между проволоками и прядями

напрягаемого пучка, надежное сцепление арматуры с бетоном стенок канала, достаточную прочность при сжатии, морозостойкость, а также хорошую подвижность (текучесть) и проницаемость при инъецировании. Для цементных растворов необходимо также обеспечение высокой водоудерживающей способности и малой усадки. Составы раствора для инъецирования нужно подбирать в каждом отдельном случае, проверяя прочность раствора испытанием на сжатие кубиков размером 7×7×7 см. Прочность раствора, указанная в проекте моста, в нормальных условиях должна быть не менее 20 МПа, в возрасте 7 суток и не менее 30 МПа через 28 дней.

Цементные растворы готовят с применением портландцемента марок 400 и выше, с введением пластифицирующих добавок, а также мелкого природного или молотого песка (до 50–55% от массы цемента).

Инъекционный раствор готовят в специальных механических мешалках. Ручное приготовление не разрешается. Готовят раствор порциями, необходимыми для заполнения длинного канала или на 1 ч инъецирования.

Свойства растворов для инъецирования существенно зависят от интенсивности и продолжительности перемешивания. Лучшая продолжительность перемешивания 5–10 мин. Оседание раствора уменьшается с увеличением продолжительности перемешивания и скорости вращения мешалки. Время хранения приготовленного раствора не должно быть более 1 ч. В период хранения раствор нужно тоже перемешивать. Температура раствора должна быть в пределах от +10 до +30 °С.

Технология инъецирования складывается из подготовки каналов, приготовления раствора и нагнетания его в каналы. Подготавливают каналы промывкой их водой под давлением 0,6–0,7 МПа. При этом удаляются песок и пыль, а также смачивается внутренняя поверхность каналов. Кроме того, при заполнении каналов водой легко обнаруживаются трещины, пористость и другие дефекты бетона. Крупные дефекты после спуска воды тщательно заделывают быстротвердеющим цементным раствором. Мелкие трещины можно не заделывать, так как они будут заполнены раствором при нагнетании. Раствор нагнетают в канал, заполненный водой. При наклонных каналах нагнетание ведут с нижнего конца. После того как из противоположного конца канала вытечет вода и около 10 л раствора, выходное отверстие закрывают пробкой и давление в канале поднимают до 0,4–0,5 МПа. Такое давление поддерживают в течение 5 мин, затем нагнетающий шланг отключают и входное отверстие закрывают пробкой.

Инъецирование цементного раствора возможно и зимой при температурах воздуха не ниже –25 °С с подогревом нагнетаемого раствора и каналов.

Инъецируемый раствор можно нагревать, пропуская переменный электроток с напряжением до 50 В по арматурным пучкам. Температура раствора при электропрогреве не должна быть выше +40 °С, раствор при этом должен поступать в канал с температурой не ниже +10 °С. Каналы предварительно промывают теплой (до 40–50 °С) водой.

Замена водных цементных растворов безводными полимерными составами упрощает зимние работы. По данным исследований, выпускаемые промышленностью полимерные смолы различного вида позволяют применять их для получения безводных нерасширяющихся растворов. Обладая высокими прочностными и адгезионными свойствами, они обеспечивают и необходимую морозостойкость, не увеличиваются в объеме при замерзании незатвердевшего раствора. Подвижность раствора обеспечивается введением в его состав разбавителей.

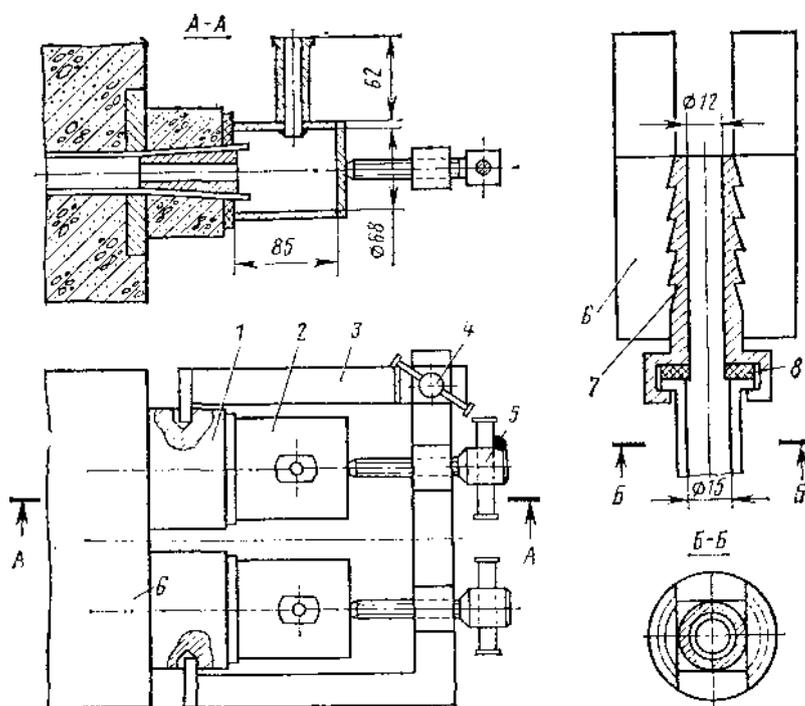


Рисунок. Групповое крепление стаканов для нагнетания раствора к анкерам напрягаемых пучков (штуцера иньектора не показаны) и деталь крепления штуцера иньектора к патрубку стакана: 1 – анкерная колодка; 2 – стакан; 3 – скоба; 4 – стопорный винт; 5 – установочный винт; 6 – нагнетающий шланг иньектора; 7 – штуцер иньектора; 8 – резиновая прокладка

Тема 44. Монтаж железобетонных пролетных строений больших пролетов. Особенности навесного монтажа конструкций больших пролетов

Сборные железобетонные пролетные строения с пролетами от 63 м и больше монтируют различными способами. Широко применяется навесная сборка, а также монтаж на подмостях и кружалах, продольные и поперечные перекатки, установка собранных на берегу пролетных строений на капитальные опоры путем перевозки конструкций на плаву и т. д. Способ монтажа (сборку) выбирают на основании технико-экономического сравнения вариантов с учетом местных условий производства работ и возможности использования инвентарного технологического и монтажного имущества.

Наиболее распространена в мостостроении навесная сборка пролетного строения, при которой постепенно наращивается пролётное строение отдельными консолями от опор моста без устройства подмостей или временных вспомогательных опор.

Навесная сборка целесообразна для мостов тех систем, в которых главные несущие конструкции как в процессе монтажа, так и в стадии эксплуатации работают на усилия одного и того же знака. В наибольшей степени этому условию удовлетворяют консольные схемы пролетных строений, которым свойственны отрицательные изгибающие моменты на большей части длины пролетного строения и соответствующее расположение напрягаемой арматуры по верху консоли. Железобетонную консоль монтируют из отдельных монтажных элементов – блоков, объединяемых поперечными стыками.

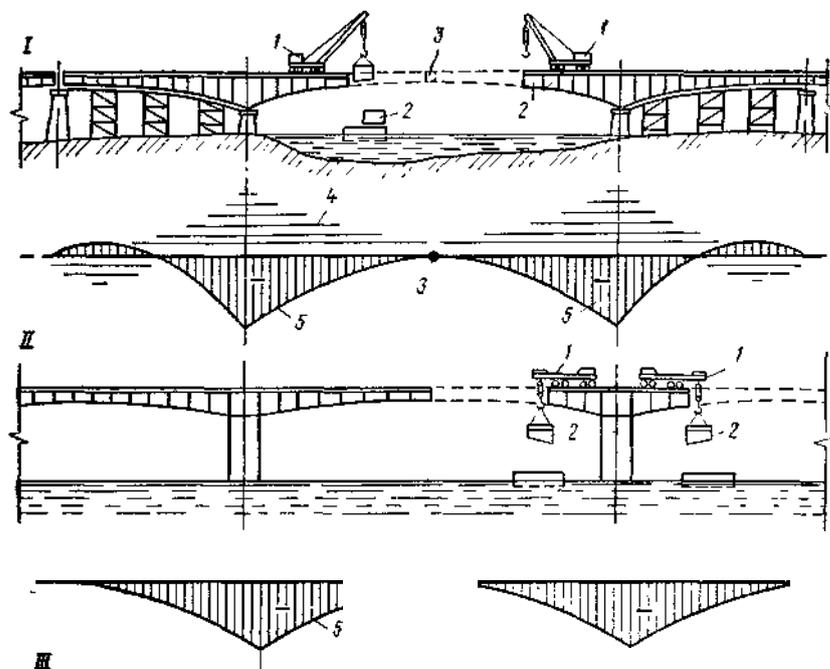
Изготовленные на заводе или строительной площадке блоки такой составной конструкции доставляют к месту сборки, поднимают и устанавливают кранами в проектное положение, а затем натяжением напрягаемой арматуры в виде пучков или канатов закрепляют очередной блок в проектном положении. Напрягаемая арматура, расположенная на верхней поверхности блоков в открытых или закрытых каналах, после натяжения воспринимает возникающие растягивающие усилия от постоянной и временной нагрузок, действующих на консоль. После установки очередного блока омоноличивают шов между ним и ранее поставленным.

В балочно-консольных и рамно-консольных системах пролетных строений их консоли собирают от постоянных опор навстречу друг другу с замыканием конструкции с помощью шарнира, располагаемого в середине пролета, или же устанавливают между смонтированными консолями подвесное пролетное строение, собираемое из отдельных балок-блоков. Второй способ целесообразен и освоен при пролетах до 150 м и подвесках длиной до 33 м. На

собранных таким способом пролетных строениях меньше отражается ползучесть бетона, создается более плавный профиль проезжей части.

В многопролетных мостах часто навесная сборка ведется от каждой промежуточной опоры одновременно в обе стороны. Такую сборку называют уравновешенной, так как консоли наращивают, не допуская возникновения больших односторонних изгибающих моментов в опорах моста. При уравновешенной сборке должна быть обеспечена устойчивость конструкции на всех этапах монтажа, Устойчивость проверяют с учетом возможных перегрузок за счет разных масс консолей, ветровой нагрузки и расположения на консолях монтажных кранов и других обустройств. Уравновешенная навесная сборка наиболее удобна для Т-образных рамных пролетных строений.

В балочно-консольных пролетных строениях, в которых консольные балки опираются на опоры через шарнирные опорные части, уравновешенная сборка несколько осложняется. Для уравновешенного монтажа таких систем требуются специальные меры по обеспечению устойчивости собираемой конструкции, например, временное уширение верха опоры или постройка вспомогательных временных опор. Эти временные конструкции воспринимают усилия, возникающие из-за неполного уравновешивания собираемых консолей, например, при неодновременном (с обеих сторон) подъеме очередных блоков или при перемещении монтажных кранов по собранной части консолей и т. п.



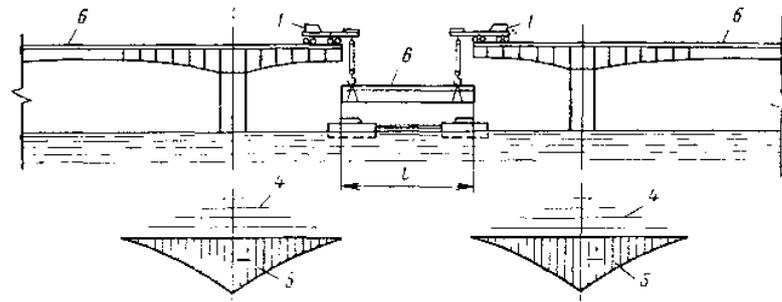


Рисунок. Схемы навесной сборки консольных пролетных строений: 1 – монтажные краны, 2 – блоки сборной конструкции; 3 – место положения шарнира пролетного строения; 4 – эпюра материалов (напрягаемой арматуры), 5 – эпюра изгибающих моментов; 6 – подвесная балка

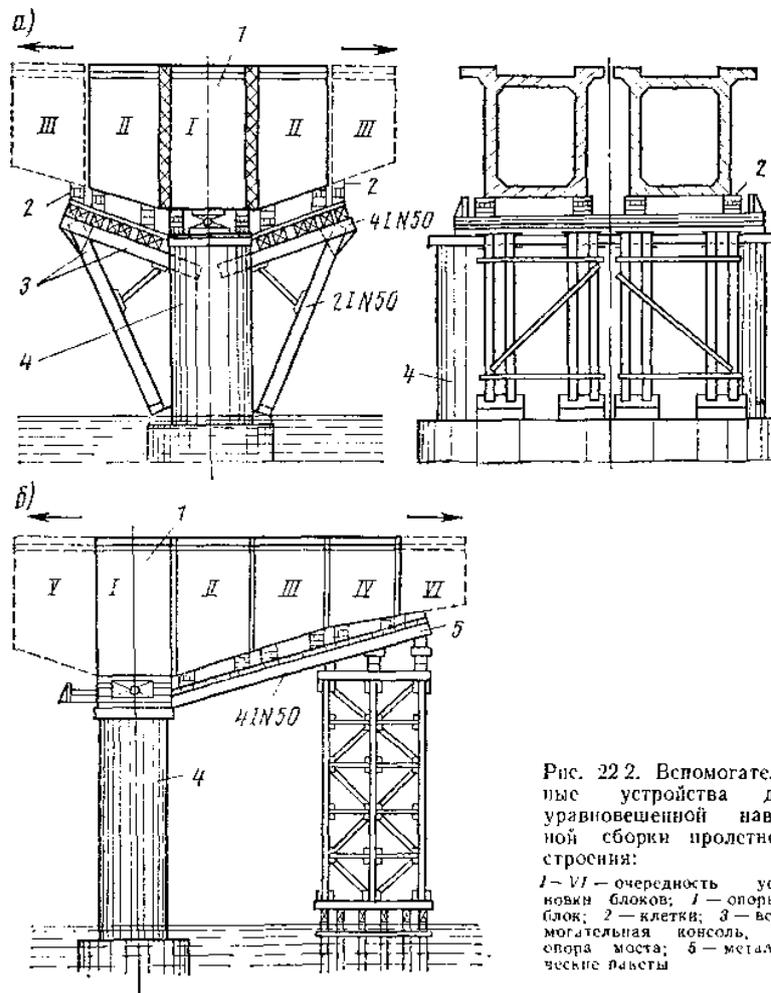


Рис. 22.2. Вспомогательные устройства для уравновешенной навесной сборки пролетного строения:
 I – VI – очередность установки блоков; 1 – опорный блок; 2 – клетка; 3 – вспомогательная консоль; 4 – опора моста; 5 – металлические рабеты

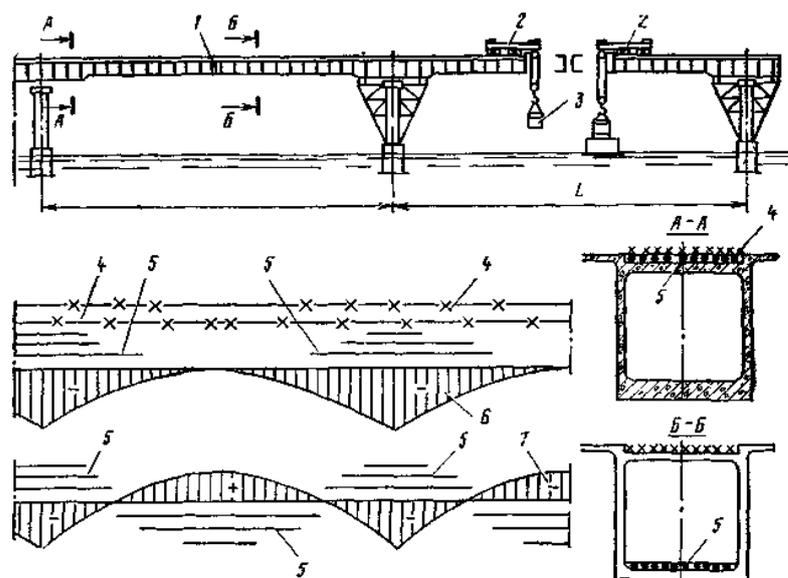


Рисунок. Схема навесной сборки балочно-неразрезных пролетных строений:

1 – шов между консолями; 2 – монтажный кран; 3 – блок конструкции; 4 – верхние монтажные пучки, 5 – основная напрягаемая арматура; 6 – эпюра моментов до регулирования, 7 – то же, после регулирования

Навесная сборка целесообразна также для монтажа балочно-неразрезных пролетных строений, особенно с пролетами от 84 м и больше. Участки пролетных строений, примыкающие к промежуточным опорам, где растянутая зона находится сверху, можно, например, собирать уравновешенным способом, а средние участки с растянутой зоной внизу устанавливать целыми балками-блоками аналогично подвесным пролетным строениям. Собранные в навес консоли и среднюю часть стыкуют с помощью напрягаемой арматуры.

Возможен и другой способ навесной сборки балочно-неразрезных пролетных строений. В этом случае после замыкания стыка двух противоположных консолей натягивают напрягаемую арматуру, расположенную в каналах внизу сечения, и одновременно освобождают временную монтажную арматуру сверху собранной конструкции. Такой прием позволяет отрегулировать усилия от постоянных нагрузок в балочно-неразрезной системе.

Элементы пролетных строений, собираемых навесной сборкой, изготавливают в виде цельных монтажных блоков или в виде сборных, имеющих стыки в продольном и поперечном направлениях. Массу монтажных блоков назначают с учетом грузоподъемности имеющихся транспортных средств и кранового оборудования. На построенных больших мостах масса монтажного блока составляла от 15 до 180 т. Оптимальная масса – не более 65 т. Габаритные размеры блоков устанавливают проектом в зависимости от способа их доставки и характера транспортных средств. При большой дальности подвозки

[оглавление](#)

размеры блоков определяются правилами их перевозок на железнодорожном и автомобильном транспорте. В мостах с большими пролетами (свыше 100 м) коробчатая форма блоков, расположенных у опор, по своим размерам становится непригодной для транспортирования на большие расстояния. В этом случае их делают сборными из легких плоских элементов-блоков (стенки, верхние и нижние плиты). Такие блоки используются на строительной площадке для монтажа коробчатых с бетонными стыками. А затем эти укрупненные коробчатые блоки устанавливаются в пролет. Укрупнительная сборка существенно увеличивает трудоемкость и стоимость монтажа.

При разработке проекта производства работ по навесному монтажу железобетонных пролетных строений необходимо проверять прочность и устойчивость сборных конструкций пролетного строения и опор моста на возможные монтажные нагрузки. Возникающие монтажные усилия могут превосходить усилия от эксплуатационных нагрузок. В таких случаях может потребоваться усиление конструкции пролетного строения или опор путем увеличения их размеров или дополнительным армированием.

Кроме того, при навесной сборке нужно определять расчетом возможные вертикальные деформации-прогибы консоли пролетного строения на разных стадиях сборки. Каждый монтажный блок должен быть установлен так, чтобы после окончания всех работ, включая устройство проезжей части, профиль пролетного строения соответствовал проектному. В процессе навесной сборки консолей изменяются действующие усилия в собранной части конструкции, а следовательно, изменяется и положение блоков по высоте. Поэтому их необходимо устанавливать с учетом монтажных прогибов.

Вертикальные деформации собираемых на весу консолей вызываются постоянными и временными нагрузками, а также другими факторами. К постоянным действующим нагрузкам и факторам, кроме собственного веса конструкции, относятся и прочие постоянные нагрузки, действующие на устанавливаемый блок и на сборную часть консоли, а также усилия от натяжения напрягаемой арматуры, осадки опор, деформации усадки и ползучести бетона и т. п.; к временным нагрузкам – вес монтажного оборудования и строительных материалов.

Прогибы консолей в разных их точках от постоянно действующих факторов определяют при составлении проекта пролетного строения. Прогиб от веса монтажного оборудования и строительных материалов определяют при составлении проекта производства работ, для этого линии влияния прогибов строят с учетом фактических данных качества и возраста бетона.

По отдельным сечениям прогибы консолей вычисляют для всех стадий монтажа и постоянно контролируют геодезическими инструментами во время навесной сборки, для чего на поверхности каждого блока должны быть заранее предусмотрены соответствующие геодезические марки.

Тема 45. Монтажные краны и агрегаты для навесной сборки

При навесной сборке железобетонные блоки устанавливают в проектное положение козловыми и плавучими кранами, перемещающимися понизу вдоль монтируемого моста, а также стреловыми и специальными крановыми агрегатами, перемещающимися поверху собранной консоли пролетного строения.

Учитывая, что козловые краны требуют устройства рельсовых путей и эстакад, их обычно применяют для сборки пролетных строений, расположенных в пределах поймы реки и на мелководье. Этими кранами можно монтировать пролетные строения, возвышающиеся до 25 м над рабочим уровнем реки. На период ледохода и половодья - эстакады и подкрановые пути разбирают, а монтаж прекращают. При достаточной глубине воды и в период, когда река свободна ото льда, можно применять стреловые деррик-краны или установленные на плавучих средствах самоходные краны, а также специальные плавучие. При монтаже козловыми и плавучими кранами масса блоков обычно не превышает 65 т.

Для навесного монтажа созданы и специальные крановые агрегаты. К ним относятся, например, СПК-35 и СПК-65 грузоподъемностью 35 и 65 т.

Кран-агрегат СПК-35 состоит из двухконсольных мощных балок (рабочих консолей) длиной 19,3 м, по которым перемещаются грузовые тележки с подвешенными на полиспасте траверсами. Двухконсольные балки могут также перемещаться в поперечном направлении по путям, расположенным на подставке-тележке крана. По собираемой консоли пролетного строения крановый агрегат передвигается по рельсовым путям, укладываемым вдоль консолей по мере их увеличения. Агрегат оборудован электролебедками для подъема блоков на высоту до 40 м, для продольного перемещения всего механизма и поперечного смещения верхней его части. Общая масса агрегата с двумя траверсами составляет 40 т. Для его сборки на верху опоры необходимо иметь площадку длиной по фасаду 7 м. Для подъема и установки такого крана целесообразен плавучий стреловой кран грузоподъемностью до 45 т.

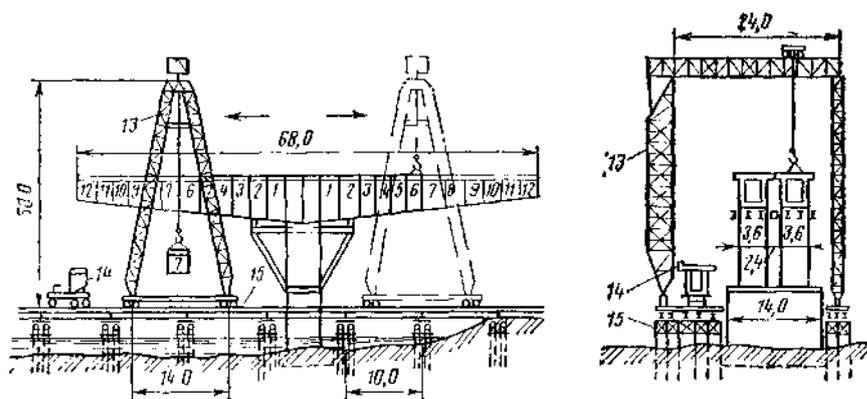


Рисунок. Схема навесной сборки консолей козловым краном: 1–12 – порядковые номера (последовательность установки) монтажных блоков; 13 – 45-тонный кран, 14 – доставленный на трейлере монтажный блок, 15 – подкрановая эстакада

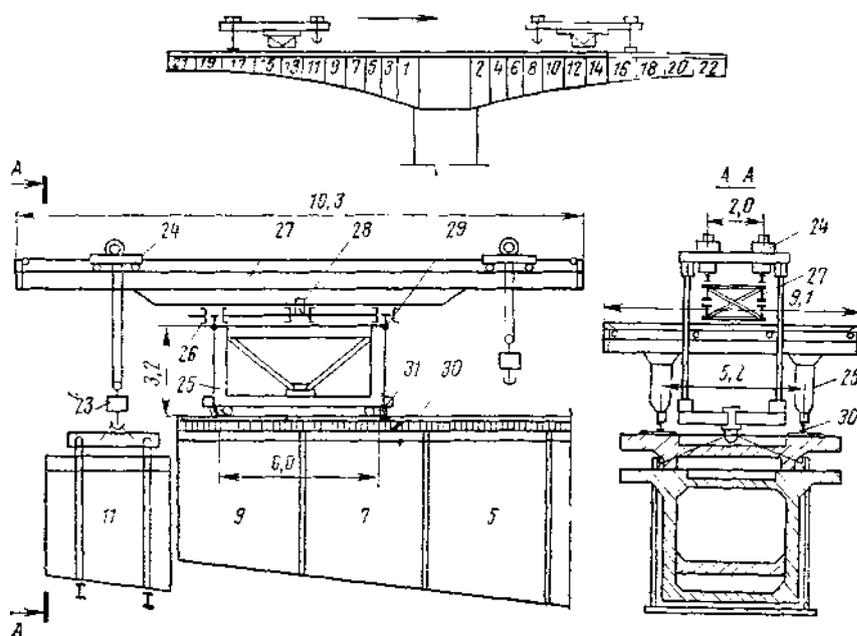


Рисунок. 22 6 Схема навесного монтажа пролетного строения агрегатом СПК 35: 22 – порядковые номера (последовательность установки) блоков; 23 – грузовая траверса, 24 – грузовая тележка; 25 – нижняя подставка-тележка, 26 – поперечные балки, 27 – основная рабочая консоль, 28 – механизм для поперечного движения рабочей консоли, 29 – путь поперечного перемещения рабочей консоли; 30 – путь продольного перемещения агрегата; 31 – захваты

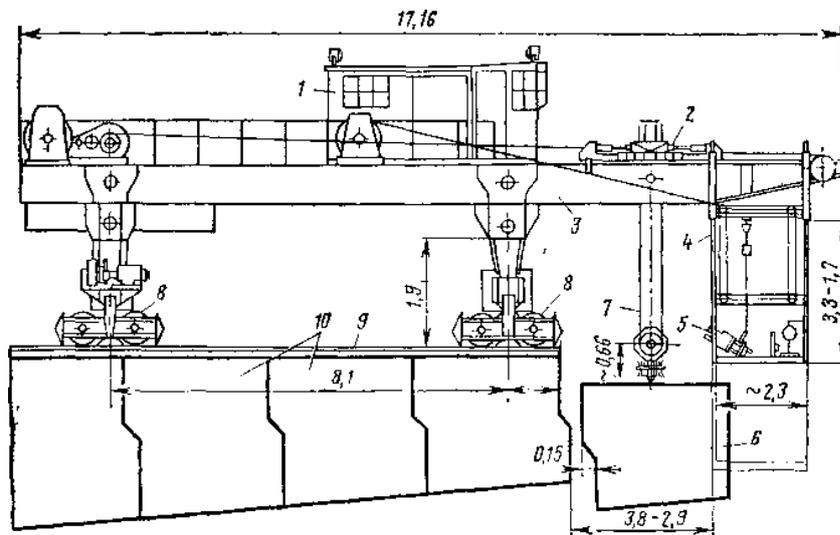


Рисунок. Схема монтажа краном-агрегатом СПК 65: 1 – пульт управления, 2 – гидравлический механизм для точной установки блоков; 3 – кран СПК 65, 4 – подвесные подмости, 5 – домкратная установка для натяжения напрягаемой арматуры, 6 – устанавливаемый блок; 7 – подъемный полиспаст, 8 – самоходная тележка крана, 9 – подкрановый путь, 10 – собранная консоль

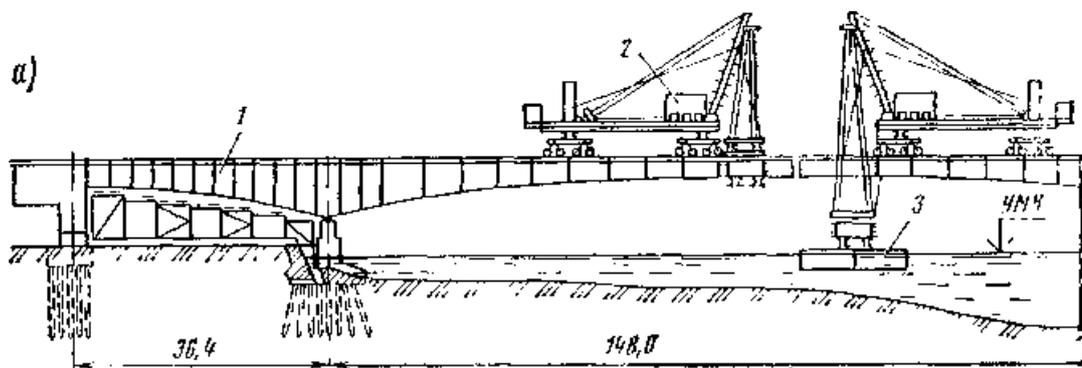


Рисунок. Схема навесной сборки шевр-краном: 1 – береговое анкерное пролетное строение, собранное на подмостях, 2 – шевр-кран, 3 – плашкоут из 12 понтонов КС 3; 4 – кондуктор для укрупнительной сборки блоков

Кран-агрегат СПК-65 выполнен в виде порталной тележки, перемещающейся по рельсовым путям. Наверху портала расположена мощная консольная балка-рама длиной 17,1 м. На одном рабочем конце рамы помещены грузовые лебедки с полиспастами и подвесная люлька для монтажников, а на другом расположены противовесы.

Тема 46. Технология навесной сборки пролетных строений

Навесная сборка железобетонных пролетных строений состоит из следующих технологических операций:

- 1) транспортирование блоков со склада под монтажный кран;
- 2) подъем и приведение блоков в проектное положение;
- 3) устройство поперечных швов;
- 4) установка и натяжение напрягаемой арматуры;
- 5) обетонирование или инъецирование напрягаемой арматуры, расположенной в продольных каналах.

Способ выполнения каждой операции и выбор необходимых механизмов зависят от конструкции всего сооружения, местных условий, оснащённости строительства монтажным оборудованием и от времени года, в которое строится мост.

Со склада или приобъектного полигона блоки обычно транспортируют в нижнем уровне на трейлерах или монтажных вагонетках. В речные пролеты блоки доставляют на плашкоутах из инвентарных понтонов; для погрузки на плашкоуты требуется причал и краны-перегрузатели (обычно деррик-краны и козловые краны). Доставленные в пролет блоки поднимают кранами с помощью строповочных устройств различного типа.

При навесной сборке пролетных строений швы между блоками устраивают как тонкие в 2–3 см, так и клеевые плотные. При тонких швах поднятый краном блок обычно временно подвешивают на металлических консолях из двутавровых или швеллерных балок, закрепленных одним концом на смонтированной части консоли.

К этим балкам блок подвешивают на строповочных болтах-тяжах, которые поддерживают его на период укладки и твердения цементного раствора в шве, установки и последующего натяжения продольной напрягаемой арматуры. При клеевых плотных швах поднятый монтажным краном блок приводят по высоте в положение, близкое к проектному, торцовые поверхности соединяемых смежных блоков смазывают клеем, а затем специальными устройствами плотно прижимают к ранее собранной части консоли. При этом по всей поверхности соприкосновения и особенно внизу блоков должно быть достигнуто обжатие клеевого слоя, обеспечивающее равномерное его распределение по шву.

Соединение блоков на клеевых швах – более надежный, быстрый и менее трудоемкий способ по сравнению с соединением бетонируемыми швами.

Для обеспечения точного и плотного соприкосновения торцовых поверхностей соединяемых блоков применяют специальные приспособления и

фиксаторы. Их рассчитывают на монтажные нагрузки, действующие от начала временного прикрепления блока и до полной передачи нагрузок на стык блоков. Закладные металлические части для монтажных соединений устанавливают при изготовлении блока. С их помощью очередной блок приводят в проектное положение при сборке.

Монтажные соединения выполняют из уголков, привариваемых к закладным частям, заделанным в блоках. Для соединения с накладками применяют чистые болты большого диаметра. На один присоединяемый блок обычно устанавливают два фиксатора сверху и два внизу в коробке блока.

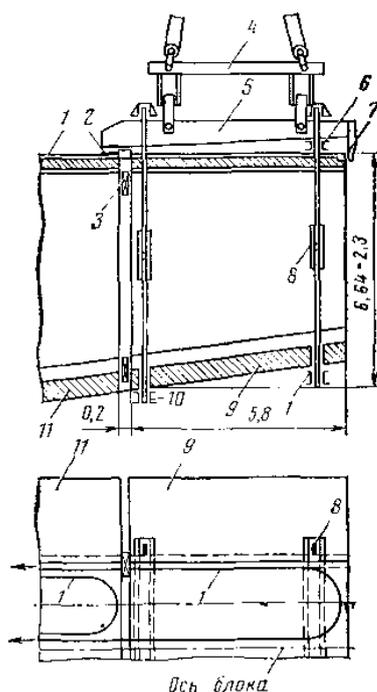


Рисунок. Строповочные устройства для подъема и временного закрепления монтажного блока: 1 – петлевая напрягаемая арматура; 2 – регулировочные металлические прокладки, 3 – железобетонные прокладки фиксаторы, 4 – полиспаст и траверса крана, 5 – консольная балка, 6 – опорная строповочная балка, 7 – фиксатор пролетного положения блока; 8 – тяжи со стыковыми накладками, 9 – устанавливаемый блок, 10 – нижние поддерживающие строповочные балки; 11 – смонтированная часть пролетного положения блока

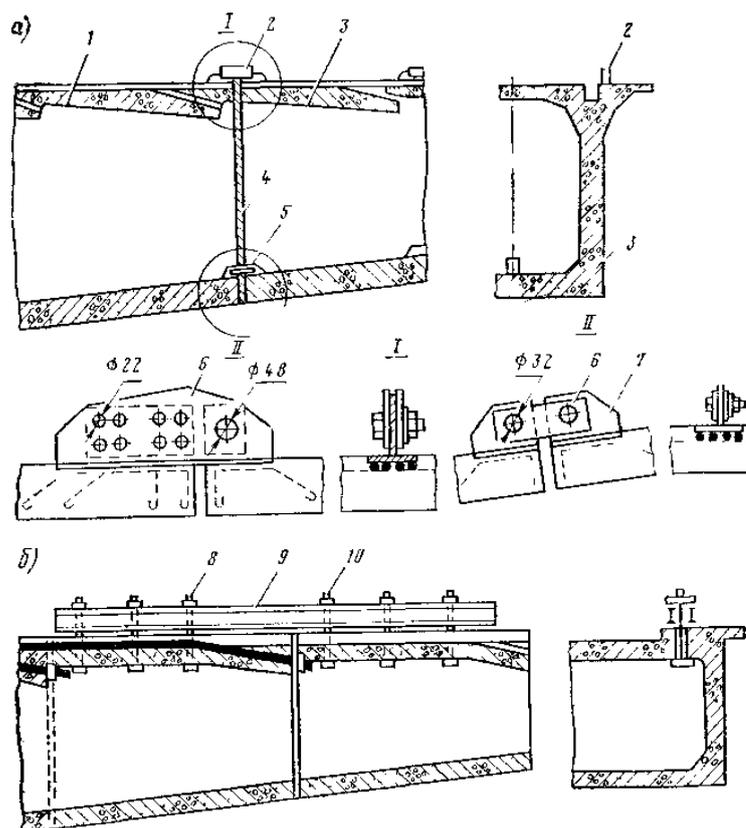


Рисунок. Крепление блока к консоли: а – на фиксаторах; б – на вспомогательных балках: 1 – собранная часть конструкции; 2 – верхний фиксатор, 3 – монтируемый блок; 4 – шов, 5 – нижний фиксатор, 6 – соединительная монтажная накладка 7 – укрепленная часть фиксатора; 8 – анкерные болты, 9 – вспомогательные металлические балки, 10 – болты тяжа

При навесной сборке применяют напрягаемые элементы в виде пучков из высокопрочных проволок диаметром от 5 до 7 мм, а также в виде витых прядей и тросов и располагают их по верху блоков консоли, как в открытых, так и закрытых каналах. Пучки и пряди натягивают гидравлическими домкратами. Для пучков из прямых проволок эффективно применение анкеров с высаженными головками. Напрягаемую арматуру из витых тросов натягивают одновременно за оба конца, на которых устанавливают анкеры – стальные стаканы с заливкой сплавом из цветного металла (цинка, свинца и др.). Стальные тросы натягивают батареей из гидравлических домкратов, имеющих захватную траверсу и закрепляющие винты с гайками. Концы напрягаемых пучков пропускают через открытые или закрытые каналы в торцах каждого устанавливаемого блока. Для натяжения напрягаемых элементов на монтажном консольном кране снаружи устанавливаемого блока подвешивают люльку для размещения не менее двух монтажников.

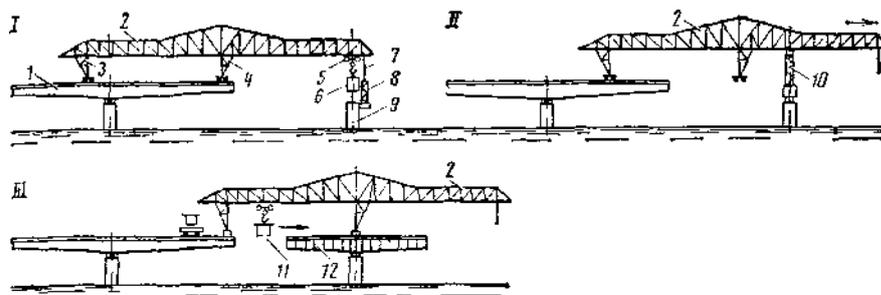


Рисунок. Последовательность навесной сборки моста шлюзовым краном агрегатом: 1 – собранная часть консоли; 2 – стальная решетчатая ферма крана; 3 – задняя нога крана, 4 – передняя нога крана; 5 – грузовая тележка; 6 – надопорный блок; 7 – передняя шарнирная стойка 8 – каркас для опирания шарнирной стойки 9 – собираемая опора, 10 – деревянная вспомогательная вышка; 11 – устанавливаемый блок пролетного строения, 12 – монтируемое пролетное строение

Тема 47. Сборка пролетных строений на подмостях

Сборка на подмостях железобетонных пролетных строений больших пролетов применяется как непосредственно в пролете моста с последующим опусканием собранной конструкции на постоянные опоры, так и в стороне в сочетании с другими монтажными операциями – перекаткой или перевозкой на плавучих опорах.

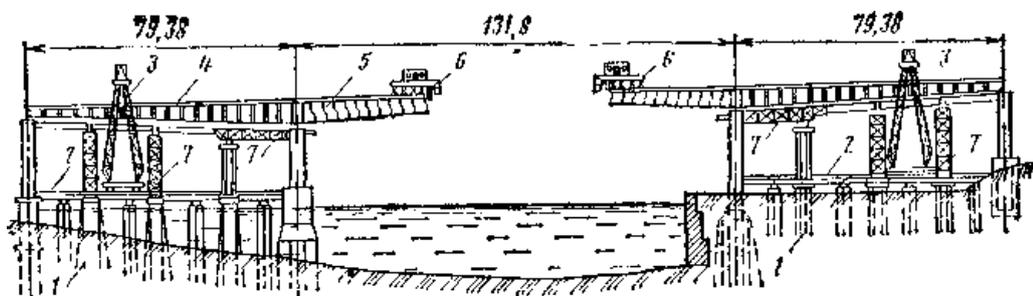


Рисунок. Схема сборки балочно-консольного пролетного строения: 1 – сети эстакады; 2 – эстакада, 3 – козловой кран; 4 – собираемая консоль анкерной части пролетного строения, 5 – речная консоль, собираемая навесным способом, 6 – консольные краны, 7 – подмости

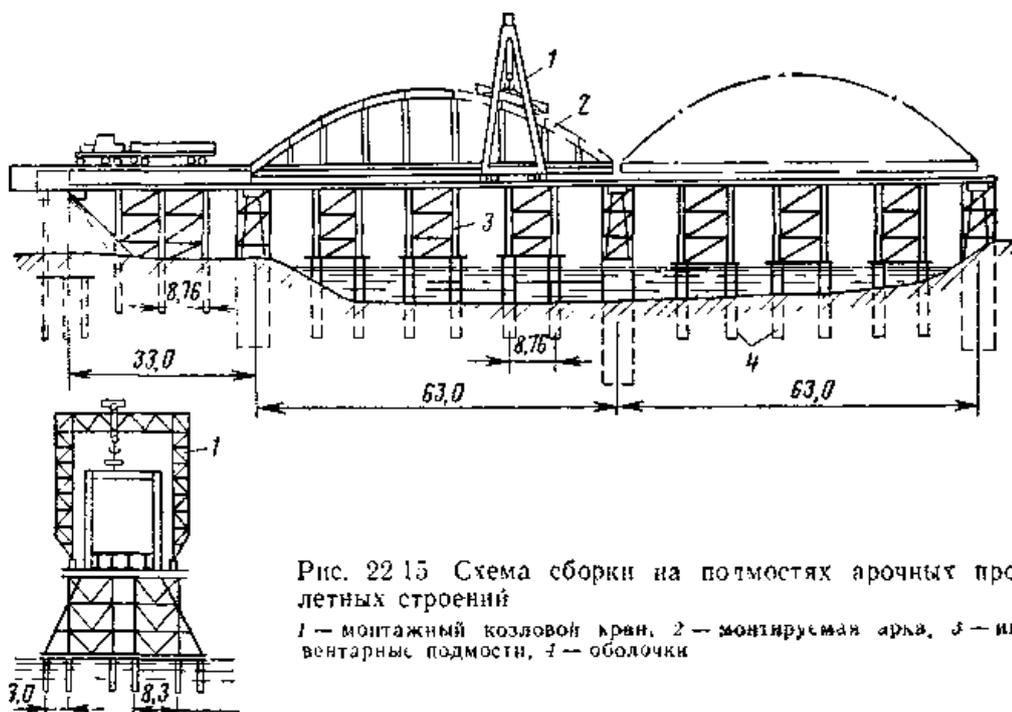


Рис. 22.15 Схема сборки на подмостях арочных пролетных строений

1 — монтажный козловой кран, 2 — монтируемая арка, 3 — инвентарные подмости, 4 — оболочки

Рисунок. Схема сборки арочных пролетных строений

Монтаж пролетных строений на подмостях в пролете целесообразен, когда устройство подмостей и их оснований не вызывает больших трудностей, а также когда судоходство по реке или высокие паводки и ледоход не создают опасности для подмостей и не осложняют монтажные работы. Для русловых пролетных строений обычно монтаж на подмостях малопригоден, так как большой вес железобетонных конструкций требует устройства сложных и дорогих подмостей и их оснований. Сборка на подмостях более применима для пролетных строений, расположенных возле берегов или на пойменных участках моста, например, для сборки анкерных участков пролетных строений балочно-консольных мостов. Часто на подмостях монтируют пролетные строения в стороне от оси моста с последующей их перекаткой по промежуточным опорам или перевозкой по воде на плавучих средствах. В этом случае один комплект подмостей многократно используется для сборки большого числа однотипных конструкций. Такая организация работ позволяет сократить затраты на устройство подмостей.

Подмости для сборки пролетных строений возводят с максимальным использованием металлических инвентарных конструкций.

При благоприятных местных условиях на сплошных подмостях можно, например, собирать железобетонные пролетные строения с ездой понизу в виде арок с затяжкой. Пролетные строения в данном случае монтируют объемлющим инвентарным козловым краном, перемещающимся по путям на

подмостях. Под рельсовые пути для перекачки крана укладывают прогоны из двутавровых балок.

Для монтируемого пролетного строения блоки подают на трейлерах или вагонетках по рельсовым путям, а в зимнее время – также и непосредственно по льду (при большой его толщине), усиленному лежневым настилом.

Схема и конструкции сборочных подмостей для монтажа железобетонных пролетных строений должна быть принята с учетом системы собираемой конструкции, размеров и массы блоков, а также кранового оборудования. Подмости, временные промежуточные опоры и их основания под действием веса собираемой конструкции и других монтажных нагрузок могут получить значительные деформации.

Подмости и промежуточные временные опоры, собираемые с широким использованием инвентарных конструкций, как правило, состоят из основания, обстройки основания (нижнего ростверка), башенной или рамной надстройки, верхнего ростверка, прогонов с настилом при сплошных подмостях или рабочих площадок на отдельных опорах.

Тема 48. Продольная и поперечная перекачка пролетных строений

Продольная перекачка железобетонных пролетных строений как самостоятельный способ установки их на опоры применяется при сооружении балочно-неразрезных пролетных строений больших пролетов. Продольную и поперечную перекачки (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.

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

При перекачке вдоль оси моста конструкцию собирают из монтажных блоков, доставленных с завода или полигоне, на насыпи подхода по возможности в уровне, несколько превышающем их проектное положение на оси моста. Это исключает последующую сложную работу по подъему тяжелых конструкций. Небольшое превышение в уровне перекачки собранной конструкции над своим проектным положением необходимо как запас на обмятие и деформацию перекаточных устройств, а также на потерю высоты при снятии конструкций с перекаточных тележек и установке их на постоянные опоры. Запас обычно принимают в пределах 20–30 см.

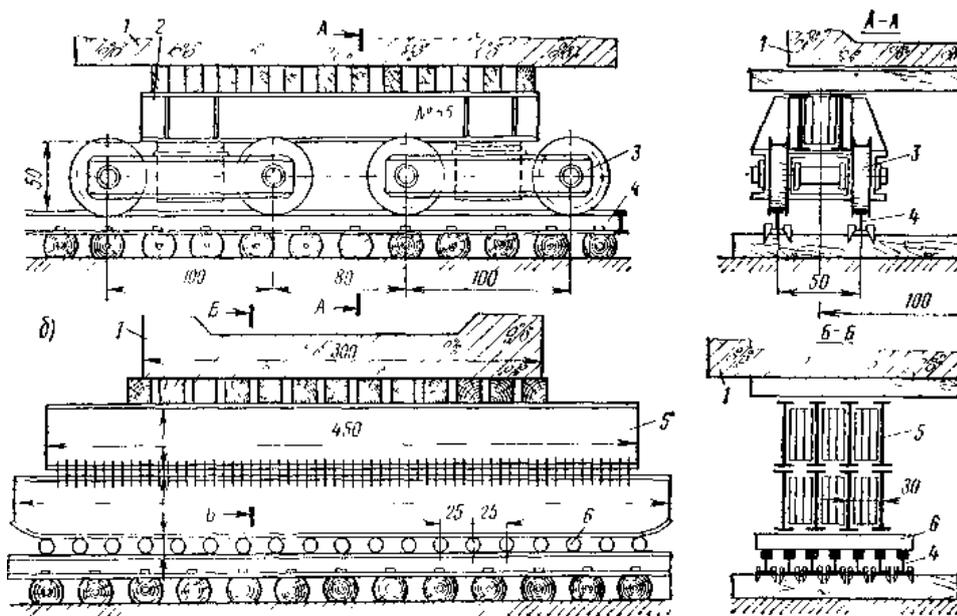


Рисунок. Перекаточные приспособления: 1 – железобетонная конструкция; 2 – металлический пакет для распределения давления; 3 – монтажные тележки, 4 – рельсовый путь (пакет), 5 – перекаточная каретка; 6 – стальные катки

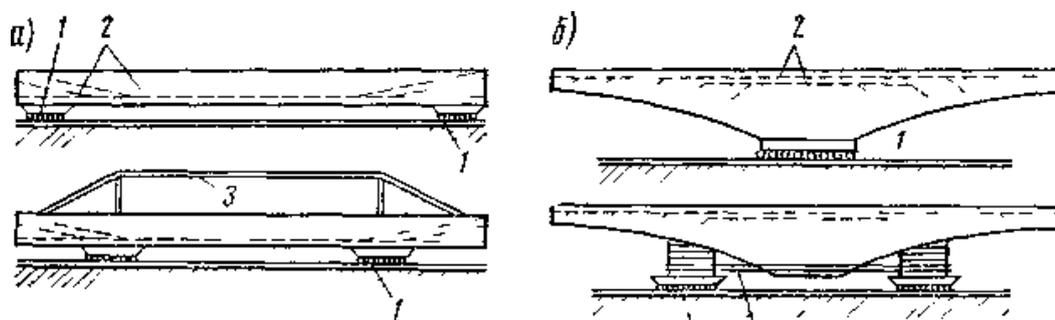


Рисунок. Схема расположения перекаточных устройств для конструкций парных систем: 1 – перекаточное устройство; 2 – напрягаемая арматура конструкции, 3 – верхний шпренгель, 4 – нижний шпренгель (затяжка)

Конструкции перекачивают на монтажных тележках на перекаточных каретках с катками или скольжением по фторопласту. Монтажные тележки пригодны для перекачки при относительно небольшом весе конструкции. Значительно большие нагрузки допускают при перекачках на стальных катках, объединенных в каретку. Катки размещают между нижними полками поясов балок каретки и пакетом рельсов. При недостаточно ровной нижней поверхности часто каретки устраивают на верхнем накаточном пути из рельсов.

Расположение перекаточных средств (кареток, тележек) необходимо увязывать со статической схемой пролетного строения, особенно при перекатках предварительно напряженных конструкций, в которых возникают значительные напряжения. В необходимых случаях на время перекатки (передвижки) железобетонные конструкции усиливают временными напрягаемыми пучками или тросами, располагаемыми в виде шпренгелей или затяжек.

Например, при перекатке предварительно напряженной балки с расположением тележек далеко от концов ее, необходимо вверху установить шпренгель для поддержания свисающих концов. В комбинированной системе при перекатке с каретками, установленными под основными опорными узлами, свисающие полуарочные консоли должны быть поддержаны верхним шпренгелем. При перекатке балок консольных конструкций, в которых напрягаемая арматура расположена вверху, перекаточные каретки следует расположить вблизи места постоянных опор, если же необходимо расположить их под консолями, требуется по низу балок поставить монтажную затяжку – шпренгель. При перекатке пролетного строения длиной 200 м, собранного на берегу, массой до 5000 т под каждым опорным узлом было поставлено две каретки длиной по 20 м. Каретка состояла из четырех рядов двутавровых прокатных балок № 55, расположенных в три яруса.

Для перекатки тяжелых железобетонных конструкций применяют стальные обточенные катки из ковanej стали диаметром 80–140 мм. Диаметр и число катков устанавливают расчетом в зависимости от числа мест пересечений катков с рельсами и допускаемой нагрузки на одно пересечение. 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 перекачки 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, она может достигать 60–80 см. Эстакадная конструкция из инвентарных элементов.

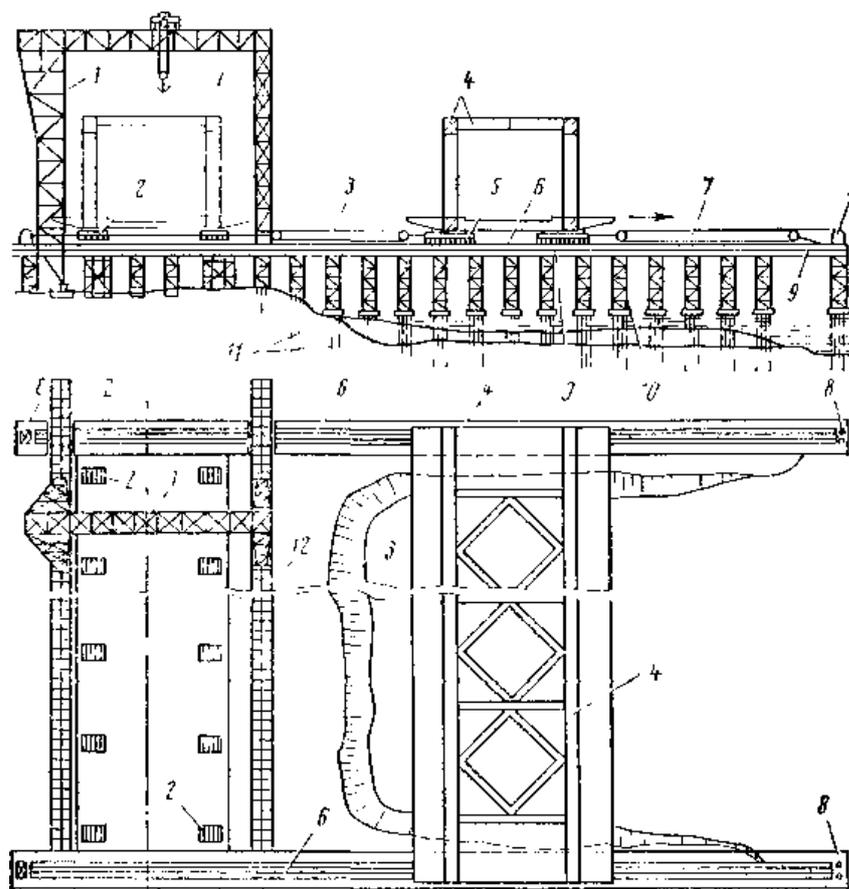


Рисунок. Схема береговых устройств для сборки и поперечной перекачки пролетных строений по пирсам: 1 – сборочный козловой кран, 2 – клетки на сборочных подмостях; 3 – тормозной полиспаст, 4 – собранное пролетное строение в процессе перекачки; 5 – перекаточная каретка на катках; 6 – накаточные рельсовые пути, 7 – тяговый полиспаст, 8 – лебедки полиспастов, 9 – прогоны эстакады, 10 – башни эстакады пирса, 11 – свайный ростверк, 12 – путь сборочного крана, 13 – углубление реки между пирсами (ковш)

Стоимость пирсов очень высока, ввиду большого расхода материалов и труда на их устройство. Она составляет примерно 20–40% от всех затрат на работу 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. Размеры ковшей в плане назначают с учетом запаса на свободный ввод и вывод плавучей системы, а по глубине – с учетом возможного понижения уровня воды в реке в период перевозок. Использование имеющихся у водных организаций на больших реках землечерпательных снарядов позволяет сравнительно просто устраивать такие ковши.

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

Необходимое число катков, а также тяговые и тормозные усилия определяют расчетом.

Тема 49. Перевозка конструкций пролетных строений на плавучих опорах

Пролетные строения, собранные на берегу, перевозят и устанавливают на опоры моста с помощью плавучей системы, состоящей из плашкоутов (из понтонов или барж), оборудованных системой балластировки, лебедками, якорями и другими устройствами. С помощью плавучих средств перевозят железобетонные пролетные строения балочных, арочных и комбинированных систем, прибегая 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 протраливании ее, ограждении вешками фарватера и при необходимости углубления 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.

Способ погрузки пролетных строений на плавучие опоры зависит от уровня перекатки собранной конструкции. Перекатывают 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 непосредственно плавучими опорами без применения подъемников. Для этого опоры, состоящие из плашкоутов и закрепленных па 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 на плавсредства пролетное строение должно находиться в уровне, несколько превышающем проектное положение для того, 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, преимущественно 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 от 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.

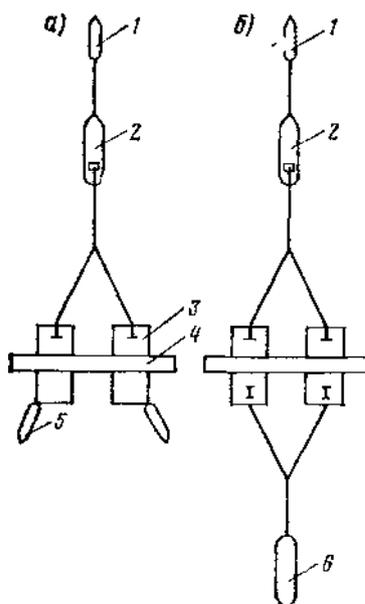


Рисунок. Схема транспортирования плавучей системы буксирами: 1 – вспомогательный буксир; 2 – главный буксир; 3 – плавучая система; 4 – перевозимая конструкция; 5 – кормовые катера; 6 – кормовой буксир

Транспортируют систему по реке буксирами. Для этой цели обычно применяют два буксира – основной и вспомогательный.

На больших реках, а также при скорости течения воды более 1 м/с дополнительно применяют катера, при меньших скоростях вместо катеров можно иметь один кормовой буксир.

Способ перемещения плавучей системы по воде выбирают в зависимости от ширины реки, интенсивности судоходства на ней, а также расстояния перевозки от места погрузки до места установки организаций речного флота пролетного строения. Обычно для транспортирования применяют мощные буксиры, арендуемые на короткие сроки у.

Подведенное близко к постоянным опорам по воде пролетное строение вводят на проектное место с установкой по оси моста обычно не усилием

буксиров, а 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 числом 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.

Перевозить на плавучих опорах можно железобетонные пролетные строения большинства систем, но при соблюдении определенных правил перекатки их по пирсам, погрузки и установки на плавучие опоры. Основное при этом учет напряженного состояния железобетонных элементов и наименьшее изменение их статических схем.

Балочно-разрезные пролетные строения, например, можно перевозить по воде отдельными балками-блоками или полностью собранными пролетными строениями. Предварительно напряженные балки нужно опирать на плавучие опоры возможно ближе к концам. Расстояние от конца должно быть таким, чтобы в бетоне верхнего пояса балки не возникло недопустимого растяжения от веса свисающих консолей. Вместе с тем смещение места опирания к концу балки будет затруднять проход плашкоутов в отверстие между боковыми гранями фундаментов постоянных опор моста. Для предохранения части балок от дополнительного растяжения в необходимых случаях поверху можно поставить монтажный шпренгель из стальных тросов или напрягаемых пучков.

При перевозке на плавучих опорах консольных пролетных строений сплошной и сквозной конструкции, учитывая наличие в таких системах растянутого верхнего пояса, места опирания назначают возможно ближе к середине, т. е. к оси постоянной опоры моста. Однако это может осложнять наводку плавучей системы. С целью облегчения такой операции обычно применяют два плашкоута, расставляя их так, чтобы свободное водное пространство между ними было достаточным для ввода плавучей системы в линию моста.

Безопасность перевозки тяжелых конструкций на плавучих опорах в большей степени зависит от состояния погоды. Поэтому строительная

организация должна иметь постоянную надежную 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 местными организациями речного флота.

Для устройства плавучих опор применяют плашкоуты, собранные из универсальных понтонов типа КС. Баржи экономически нецелесообразны для применения из-за необходимости сложного и дорогого их усиления и высокой стоимости аренды у организаций речного флота. Размеры плавучих средств должны обеспечивать достаточную грузоподъемность и устойчивость.

Обстройка плавучих опор состоит из нижнего жесткого ростверка и надстройки в виде продольно распределительных конструкций, обеспечивающих равномерную нагрузку по длине плашкоута. Для надстройки обычно используют металлические подмости с верхними опорными клетками, на которые опирают перевозимую конструкцию.

Плашкоуты, собираемые из универсальных металлических понтонов типа КС, не требуют особого усиления, так как имеется возможность значительную часть усилий передавать непосредственно на понтоны, особенно если устанавливать понтоны широкой их стороной вертикально. Это позволяет обойтись небольшим усилением или совсем отказаться от устройства продольных ферм, ограничиваясь укладкой на палубе распределительного ростверка из прокатных балок.

При перевозке тяжелых блоков массой до 4800 т балочно-неразрезных пролетных строений железобетонного моста через р. Неву каждая плавучая опора состояла из 90 понтонов КС с надстройкой из железобетонных оболочек диаметром 60 см и наклонных стальных подкосов. Оболочки и подкосы вверху были объединены железобетонной плитой, на которой располагались деревянные и металлические клетки. Понизу под дном плашкоутов были поставлены затяжки в виде пучков из проволок, что позволило создать необходимое предварительное обжатие нижней части плавучей опоры.

Эти конструктивные решения существенно уменьшили потребность в металле для надстроек плавучих опор.

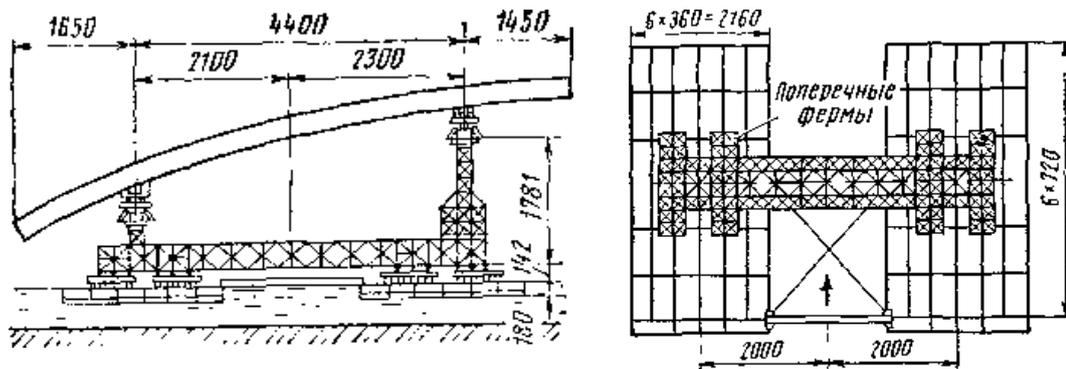


Рисунок. Схема размещения полусвода массой 1500 т на плавучей опоре

Для подъема и опускания плавучей системы применяют водный балласт, универсальные понтоны КС в плашкоутах служат балластными резервуарами. Балласт набирают перед снятием пролетных строений с пирсов и перед погрузкой их на плавучие опоры. Забалластированные плавучие опоры подводят под пролетные строения и после подклинивания опорных клеток удаляют из резервуаров водный балласт, заставляя плавучую опору поднять перевозимую конструкцию. После перемещения плавучей системы в пролет моста балласт снова набирают, благодаря чему пролетное строение опускается на капитальные опоры, а плавучие опоры освобождаются.

Наполняют и удаляют водный балласт плавучих средств с помощью большого числа 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. В систему балластировки входит компрессор, воздухоотборник и трубопроводы к понтонам. С помощью компрессора с воздухоотборником и системой воздухопроводных труб с вентилями можно значительно ускорить и упростить водную балластировку плавучей системы. Для балластировки через открытые отверстия в днище используют не более двух третей понтонов, оставляя остальные в качестве резерва на обеспечение незатопляемости всей системы.

Для точной установки в плане, раскрепления и перемещения плавучей системы на небольшие расстояния ее оборудуют лебедками, а также блоками и киповыми планками, предназначенными для отвода канатов в нужном направлении. Лебедки применяют ручные или приводные с дублирующим ручным приводом грузоподъемностью 5–8 т со скоростью намотки до 2 м/мин. Для зачалки буксирных канатов плавучие опоры снабжают упряжными приборами, а для предотвращения сноса ветром при перемещении буксирами – аварийными якорями, обычно адмиралтейскими.

Тема 50. Изготовление конструкций стальных мостов. Сырье и продукция заводов стальных мостовых конструкций

Технологический процесс изготовления стальных мостовых конструкций определяется, поступающими на завод-изготовитель, с металлургических заводов исходными материалами (сырьем) и отгружаемой с завода-изготовителя конечной продукцией. Для изготовления конструкций применяют прокатную сталь, которая разделяется по видам проката и его сортаменту, а также по видам и маркам.

В мостостроении, отличающемся преимущественным применением сварных конструкций, наиболее широко используют прокатную сталь листовую, широкополосную универсальную и полосовую. Для изготавливаемых в отдельных случаях клепаных конструкций применяют, помимо этого, угловую равнополочную и неравнополочную стали. При изготовлении инвентарных конструкций, мостостроительного оборудования и оснастки возникает необходимость в швеллерах, двутавровых балках и двутаврах с параллельными гранями полок (широкополочных двутаврах).

В мостовых конструкциях толщина стали обычно не превышает 40 мм. Наибольшая ширина листовой стали зависит от ее толщины, увеличиваясь с увеличением последней. Так, при толщине 12 мм предельная ширина составляет 2500 мм, что ограничивает высоту стенок главных балок пролетных строений, устраиваемых без продольных стыков. Градация размеров листовой стали по ширине значительна, она находится в пределах 50–150 мм, поэтому подобрать сталь нужной ширины для изготовления тех или иных элементов обычно не удается. В связи с этим прибегают к продольной разрезке (ропуску) листовой стали на полосы необходимой по проекту ширины.

В сварных пролетных строениях удельный вес листовых деталей составляет около 90%, в клепаных – около 65%, остальной объем составляет угловая сталь. В целях снижения затрат, в пролетных строениях применяют швеллеры и двутавры.

Для упорядоченного заказа металла на металлургических заводах, а также его хранения и расходования на заводе-изготовителе конструкций необходимо в проектах ограничивать сортамент проката. С этой целью заводами совместно с проектными организациями разрабатываются унифицированные сортаменты из 150–200 наименований с тем, чтобы в дальнейшем при проектировании и строительстве пролетных строений всех назначений не применялись профили, не входящие в унифицированный сортамент.

Технология изготовления конструкций при повышении прочности стали (в первую очередь, ее предела текучести) несколько усложняется ввиду

потребности в более мощном оборудовании. Браковочные минимумы предела текучести для углеродистых сталей близки 240 МПа, для низколегированных – 350 МПа, для низколегированных с термическим упрочнением – 400 МПа. Вследствие естественного разброса характеристик верхние значения могут значительно (в 1,3–1,5 раза) превышать браковочные минимумы.

Продукция мостовых заводов включает целые (цельноперевозимые) пролетные строения или же отдельные их элементы (отправочные марки), из которых пролетные строения собирают на строительстве. Цельноперевозимыми могут быть конструкции, удовлетворяющие по своим размерам габаритам погрузки, к ним относятся только железнодорожные пролетные строения с ездой поверху пролетами до 45 м включительно. Основные виды отправочных марок – это элементы главных балок и главных ферм, балки проезжей части пролетных строений с ездой понизу, элементы связей между балками и фермами, элементы ортотропных настилов, а также детали узлов и стыков – стыковые накладки, узловые фасонки и прокладки. Отправочные марки различают как по конструктивной форме, так и по типу соединений заводских и монтажных. Назначение заводских соединений (т. е. выполняемых на заводе) состоит, как правило, во взаимном закреплении деталей, образующих элемент, монтажных – во взаимном соединении этих элементов, образующих конструкцию. В случае болтовых или заклепочных соединений требуется образование отверстий в металле, а в случае сварных – не требуется.

Тема 51. Группы технологических операций и технологические схемы заводов

В соответствии с конечной продукцией и исходным сырьем необходимы следующие группы операций, входящих в технологический процесс изготовления конструкций:

1) разгрузка и приемка прокатного металла, его укладка в штабели, правка имеющихся деформаций в целях получения металла, пригодного для дальнейшей обработки;

2) наметка и разметка металла, резка, обработка кромок после резки, образование отверстий для заводских соединений (в результате операций этой группы получают детали элементов – горизонтальные и вертикальные листы балок и элементов ферм, листы и ребра жесткости ортотропных настилов и т. п., а также детали соединений – фасонки, стыковые накладки и прокладки);

3) сборка из отдельных деталей целых элементов пролетных строений и устройство заводских – сварных, заклепочных или болтовых – соединений, фрезеровка торцов элементов, образование отверстий для монтажных соединений по кондукторам;

- 4) общая и контрольная сборка пролетных строений для образования монтажных отверстий без кондукторов или же для проверки качества последних;
- 5) окраска и маркировка конструкций.

Каждую группу операций выполняют, как правило, в специализированном цехе завода-изготовителя конструкций. В их число входят цеха:

- 1) подготовки металла (склад металла);
- 2) обработки металла;
- 3) сборки и сварки элементов с заводскими сварными соединениями;
- 4) сборки и клепки элементов с заводскими заклепочными и болтовыми соединениями;
- 5) общей и контрольной сборки;
- 6) малярный.

Помимо этих основных на заводах имеются и вспомогательные цеха – ремонтный, инструментальный, кузнечный, транспортный, а также вспомогательные производства – кислородная и компрессорная станции, котельная и др.

Размещение основных цехов в главном корпусе завода подчинено технологической схеме изготовления конструкций. Мостовые конструкции изготавливают по поточной технологии с использованием специализированных поточных линий.

Специализация в цехе подготовки состоит в отдельной правке листового и углового проката, а в цехе обработки в их отдельной обработке, а также в отдельной обработке частей элементов с одной стороны и деталей узловых сопряжений (фасонок, накладок) с другой. Каждая технологическая линия оснащается оборудованием и оснасткой, необходимой для операций технологического процесса. Расстановка оборудования в цехе обработки подчинена продольному направлению потоков. Специализация в сборочных цехах состоит в отдельном изготовлении элементов со сварными и заклепочными заводскими соединениями, а также отдельным изготовлением разнотипных элементов (балок, элементов ферм, ортотропных конструкций), причем элементам каждого типа соответствует свое технологическое оборудование; направление потоков в сборочных цехах поперечное.

Изготовление конструкций характеризуется упрощением технологических процессов и схем заводов в связи с постепенным исключением заводской клепки и переходом к изготовлению одних только более прогрессивных сварных элементов; на ряде новых заводов цехи сборки и клепки элементов с заклепочными соединениями отсутствуют вообще. Обеспечиваемая при этом

унификация технологии создает большие организационно-технические преимущества.

Тема 52. Подготовка металла

Поступающий с металлургических заводов металл принимают на основании сертификатов, т. е. документов, удостоверяющих качество стали, главным образом, ее химический состав и механические свойства. При приемке устанавливают соответствие данных сертификатов с требованиями стандартов и технических условий на сталь для мостовых конструкций.

Основные подготовительные операции на заводском складе металла – правка металла, его очистка и консервация.

Назначение правки – доведение до допустимых значений деформаций прокатного металла, возникающих из-за его неравномерного остывания после прокатки, а также в результате силовых воздействий при транспортировании и погрузо-разгрузочных операциях.

Металл правят обычно в холодном состоянии. Процесс холодной правки сопровождается пластическими деформациями металла, снижающими работоспособность конструкций на стадии эксплуатации. Ввиду этого относительное удлинение волокон металла при правке не должно превышать 1%, что составляет сравнительно небольшую часть удлинения, отвечающего концу площадки текучести для углеродистых и низколегированных сталей (2,5–3%).

Различают механическую (машинную) правку и правку термическую.

Механическую правку выполняют многократным или однократным изгибом. Наиболее распространен первый способ, основанный на применении листопрямильных (для листов) и углопрямильных (для уголков) машин (вальцев). При правке металл, пропускаемый между двумя рядами расположенных в шахматном порядке валков или роликов, получает волнообразную деформацию, причем, для обеспечения в крайних волокнах металла пластических деформаций расстояние в свету между верхними и нижними валками назначают несколько меньше толщины металла.

Листопрямильные машины имеют 5, 7 и 9 рабочих валков; при этом число валков в верхнем ряду на один больше, чем в нижнем. Помимо рабочих имеются еще два вспомогательных крайних валка, обеспечивающие прямолинейность (предупреждение отгиба вверх) металла по его выходе из машины. Положение по вертикали верхних валков регулируют в зависимости от толщины металла; вспомогательные валки устанавливают независимо от рабочих. Вращение нижним валкам передается от электродвигателя через редуктор. Схема работы углопрямильных машин аналогична листопрямильным, но валки имеют фасонный профиль, соответствующий профилю уголка, а оси валков

закреплены консольно. Для обеспечения горизонтального перемещения выправляемого металла рабочие места у листо- и углоправильных машин оснащают столами с двумя рольгангами: загрузочным и приемным. Верх роликов рольгангов совпадает с верхом нижних роликов машины. Укладку металла на входной стол и его снятие с приемного стола выполняют с помощью мостовых кранов.

Следует отметить, что компоновка рабочих мест с двумя столами, оснащенными рольгангами, характерна и для других типов технологического оборудования.

Для механической правки однократным изгибом применяют горизонтально-гибочные (кулачковые) прессы. Это оборудование используют для правки прокатных двутавров и швеллеров, а также полос шириной до 300 мм при изгибе в плоскости полосы и полос толщиной свыше 40 мм из их плоскости. Выправляемые элементы, перемещаемые в горизонтальном направлении, подвергаются воздействию ползуна (толкача), совершающего возвратно-ступательные движения. Начальные усилия ползуна передаются на опоры прессы через элемент, работающий при этом по схеме балки на двух опорах. Расстояние между осями опор, а также расстояние между опорами и ползуном регулируют в зависимости от размеров выправляемых элементов так, чтобы в металле возникали пластические деформации.

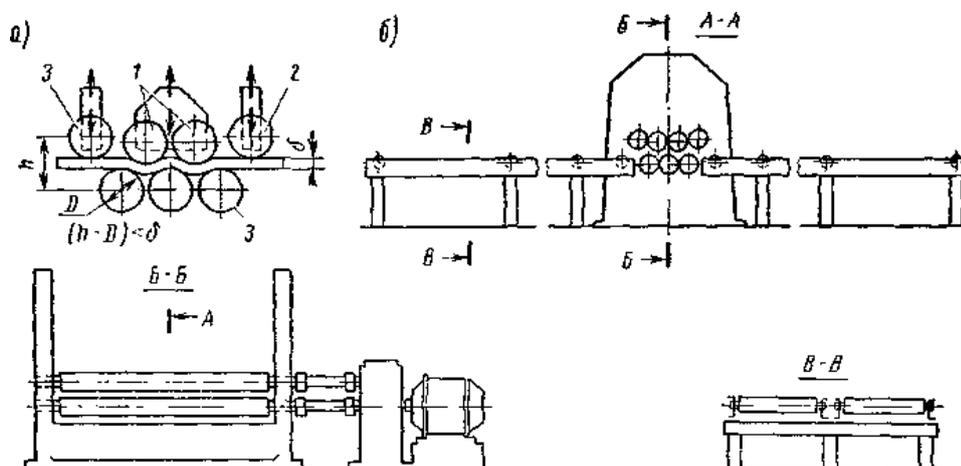


Рисунок. Схемы правки (а) и листоправильной машины (б): 1 – верхние рабочие (подвижные) валки; 2 – нижний рабочий (неподвижный) валок; 3 – направляющий подвижной валок

Термическую правку (или правку нагревом) применяют в случаях, когда по размерам профилей или вследствие их повышенной прочности машинная правка не может быть применена. Нагревают элемент со стороны выпуклой

кромки или грани, применяя для этого кислородно-ацетиленовые горелки. После перехода металла в зоне нагрева в пластичное состояние силовое взаимодействие этой зоны со смежными зонами, где металл обладает свойством упругости, практически прекращаются. При понижении температуры нагретой зоны упругие свойства металла восстанавливаются, и металл смежных зон, температура которых меньше, препятствует свободной усадке металла остывающей зоны, вследствие чего возникают стягивающие силы, создающие изгибающие моменты. При действии этих моментов деформации металла выправляются. В результате изгибных деформаций при правке нагревом в крайних волокнах возникают пластические деформации силового происхождения. По этому признаку правка нагревом не отличается от механической правки металла в холодном состоянии. Отсюда следует, что правка нагревом – это, в принципе, холодная правка, и на нее должны распространяться ограничения по радиусам кривизны и стрелкам прогиба.

Форма зон местного нагрева связана с характером выправляемых деформаций и типом профиля; зоны нагрева представляют сочетание клиньев и полос. Клинья располагают в плоскостях изгиба, а полосы – в плоскостях, перпендикулярных к ним. При назначении режимов и зон нагрева считают, что поперечная полоса шириной в одну-две толщины металла дает продольную усадку 0,5–1 мм. Такая же усадка происходит при нагреве клина с основанием 100 мм.

Температура нагрева для термоупрочненных сталей во избежание снижения их прочности не должна превышать 700°C; для нетермоупрочненных сталей эту температуру принимают в диапазоне 700–900°C.

Цель очистки и консервации металла состоит в повышении качества антикоррозионной защиты изготовленных конструкций, обеспечиваемой посредством нанесения лакокрасочных покрытий.

Поверхности металла покрыты слоем образующейся при прокатке окисной пленки – прокатной окалины. Наличие окалины резко снижает силы адгезионного взаимодействия грунтовок с поверхностью металла, качество антикоррозионной защиты получается невысоким, и окраска требует частого (раз в 4–5 лет) возобновления. Это, в свою очередь, резко повышает эксплуатационные расходы по содержанию мостов. Для удаления прокатной окалины поверхности металла перед запуском в производство подвергают дробеметной обработке стальной дробью размером 0,6–0,9 мм для углеродистых и 0,8–1,2 мм для низколегированных сталей. Под действием дроби, направляемой с большой скоростью в виде веерной струи на поверхность металла с лопаток колес дробеметных аппаратов, прокатная окалина удаляется.

Дробь в процессе ее циркуляции используется многократно. На каждом цикле ее очищают от окалины и осколков с помощью сепараторов, входящих в состав дробеметных установок.

Очищаемый металл продвигается через дробеметную установку со скоростью 0,6–4 м/мин, располагаясь при этом вертикально или горизонтально в зависимости от типа установки.

Поскольку на очищенных поверхностях металла вновь образуется окисная пленка, которая, хотя и не в такой степени, как прокатная окалина, но тоже уменьшает адгезию лакокрасочного покрытия, необходима немедленная защита поверхностей посредством нанесения консервирующего грунта. Для огрунтовки и последующей сушки металла используют специальные камеры, образующие в комплексе с дробеметными аппаратами поточную линию очистки и консервации металла. Консервирующие грунты должны обладать рядом свойств, в том числе хорошей адгезией к металлу и покрытиям, наносимым при окраске изготовленных конструкций, отсутствием неблагоприятных влияний на технологические операции газовой резки, сварки и правки стали, минимальным временем сушки, соблюдением санитарно-гигиенических норм. Известную трудность представляет необходимость местного восстановления консервирующего покрытия в зонах термического влияния при газовой резке, сварке и правке нагревом.

Обработка металла

Обработка металла включает операции резки, обработки кромок и образования отверстий. Для получения элементов и деталей заданных форм и размеров на металле предварительно наносят контурные линии, а также центры отверстий. Эту операцию выполняют или путем перенесения размеров с чертежа, и тогда она называется разметкой, или с заранее изготовленного шаблона, тогда это наметка. Разметкой называют также перенос размеров с чертежа на шаблон. Разметка требует применения высококвалифицированного труда рабочих-разметчиков, это малопроизводительная операция, связанная к тому же с повышенной вероятностью ошибок. Поэтому, уже при сравнительно небольшом (свыше 5–10) числе повторяющихся однотипных деталей целесообразно применение шаблонов. Повышение повторяемости – одна из важнейших задач, решаемая посредством унификации деталей и элементов в пределах одной конструкции, а также в пределах ряда однотипных конструкций.

При разметке деталей и шаблонов учитывают ширину разреза при газовой резке, а также припуски на обработку кромок и усадку от сварки. Припуски на усадку принимают в пределах 0,05–0,1 мм на 1 м углового шва, 1 мм на

каждый стыковой шов, 0,5–1 мм на каждую пару ребер жесткости. Припуск на обработку кромок назначают равным 2 мм при резке на гильотинных ножницах, 3 мм при автоматической и 4 мм при ручной газовой резке.

Для повышения производительности труда разметчиков устанавливают разметочные столы, на стальных листах которых имеется координатная сетка с размером ячейки 100 мм, а на окаймляющих стол уголках – деления через 10 мм. При разметке и наметке применяют следующие инструменты:

- 1) чертилки, с помощью которых наносят линии реза;
- 2) кернеры слесарные для фиксации положения центров отверстий и закрепления линий;
- 3) кернеры центровые для наметки центров отверстий через отверстия в шаблонах;
- 4) кернеры контрольные для нанесения контрольных отверстий диаметром на 1–2 мм больше проектного при последующем контроле точности положения отверстий.

Резут металл на мостовых заводах посредством газовой или механической резки.

Процесс газовой резки оказывает неблагоприятное влияние на механические свойства, химический состав и структуру стали в зонах термического влияния у разрезаемых кромок. Степень этого влияния относительно невелика для углеродистых сталей, но существенна для сталей низколегированных, имеющих склонность к закалке. Наличие на кромках закалочных структур в сочетании с возникающими от неравномерного нагрева внутренними напряжениями может служить причиной образования микротрещин, что недопустимо для свободных кромок, не переплавляемых при последующем наложении заводских сварных швов. Ввиду этого, свободные кромки деталей из стали повышенной прочности подвергают механической обработке на глубину не менее 2 мм.

По основному признаку – способу перемещения резака – различают резку автоматическую, полуавтоматическую и ручную. Автоматическую резку выполняют стационарными, а полуавтоматическую – переносными газорезательными машинами.

Гильотинные ножницы пригодны для резки листового металла толщиной до 32 мм и шириной до 3,2 м. Рабочие органы ножниц – неподвижный (нижний) и подвижной (верхний) ножи, а также пневматические прижимы для фиксации разрезаемого металла на станине машины. Резание начинается со смятия металла и заканчивается его скалыванием по плоскости реза.

Для резки крупных профилей – швеллеров и двутавров – применяют фрезерно-отрезные станки с зубчатыми дисковыми пилами. Режущий инструмент в них – стальной диск с зубьями, который по мере резания подается в сторону обрабатываемого профиля.

Механическую обработку кромок выполняют посредством строжки или фрезерования. Необходимость в этой операции возникает в следующих основных случаях:

- 1) после газовой резки, когда требуется удалить неровности по кромкам или, при сталях повышенной прочности, снять зону с закалочной структурой;
- 2) после резки на ножницах – для удаления зоны наклепа или исправления неровностей;
- 3) при изготовлении деталей (вертикальных листов сварных двутавровых балок, горизонтальных листов элементов Н-образного поперечного сечения и др.), когда требуемая точность размера детали по ширине не может быть обеспечена при резке и этот размер доводится обработкой кромок;
- 4) при подготовке (разделке) кромок под сварку.

Для обработки кромок применяют кромкострогальные (оснащенные резцами) или кромко-фрезерные (оснащенные фрезерными головками) станки. Обрабатываемый лист укладывают на стол станка и закрепляют пневматическими прижимами. Резец или фрезу закрепляют в суппорте каретки, совершающей возвратно-поступательные движения вдоль листа. При повороте суппорта в вертикальной плоскости резец или фреза принимает наклонное положение, что дает возможность разделки кромок под сварку.

В зависимости от особенностей технологического процесса изготовления конструкций и типа обрабатываемых деталей (из листа, из уголка) применяют следующие способы образования отверстий:

- 1) сверление на проектный (полный) диаметр;
- 2) сверление на неполный диаметр и последующее рассверливание на полный;
- 3) продавливание на неполный диаметр и последующее рассверливание на полный.

Различают машинное сверление с помощью радиально-сверлильных станков и ручное с помощью пневматических сверлильных машинок. Машинное сверление более производительное и качество отверстий при этом выше благодаря стабильному положению сверла и перпендикулярности его оси поверхности металла.

Ввиду большой длины элементов мостовых конструкций радиально-сверильные станки устанавливают на тележках или порталах и используют как перекатные.

Для сверления используют двухперые спиральные сверла с углом между режущими кромками $110\text{--}130^\circ$. Рассверливают отверстия с помощью конических четырехперых разверток (райберов) или трехперых зенкеров. Угол между режущими кромками зенкера равен $25\text{--}30^\circ$, благодаря чему оказывается возможным глубокий ввод сверла в уже имеющееся отверстие и постепенное снятие металла со стенок отверстия в процессе его рассверливания. Ввиду наличия четырех (у райбера) или трех (у зенкера) режущих граней сверло хорошо центрируется в отверстие, опираясь на его стенки в каждом поперечном сечении в четырех или трех точках.

Высокопроизводительный способ образования отверстий в металле – пробивка (продавливание, прокол) посредством пуансона (штемпеля) и матрицы. Под давлением пуансона металл вначале сминается, а затем скалывается по контуру штемпеля; при этом, как и при резке на ножницах, образуется зона пластически деформированного (наклепанного) металла, удаляемая рассверливанием. Соответственно, отверстия продавливают на неполный диаметр (например, на 19 мм при проектном диаметре 23 мм). Для продавливания отверстий применяют дыропробивные прессы, которые могут быть одно-, двух-, четырех- и многоштемпельные. На мостовых заводах обычно используют наиболее простые одноштемпельные прессы.

Тема 53. Сборка элементов сварных конструкций и устройство сварных соединений

Элементы конструкций собирают из деталей, изготовленных в цехе обработки металла. После сборки приступают к устройству заводских сварных соединений. Если сборка и сварка выполняются на различных рабочих местах и в разной технологической оснастке, то вводится дополнительная операция временного взаимного закрепления деталей с помощью прихваток, т. е. коротких (длиной 50–80 мм) сварных швов, накладываемых через 0,4–0,5 м в местах основных швов, при последующем наложении которых прихватки перевариваются. При сборке и сварке в одной оснастке необходимость во временном закреплении деталей исключается.

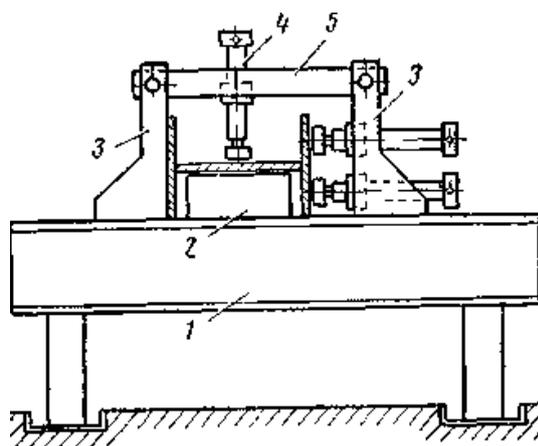


Рисунок. Сборочный кондуктор для Н-образных элементов: 1 – поперечные балки, 2 – подставки; 3 – упоры, 4 – прижимные винты; 5 – рамки

При раздельной сборке и сварке основным технологическим оборудованием служат сборочные кондукторы, позиционеры и кантователи, а при совместном – сборочно-сварочные кондукторы и кондукторы-кантователи.

В простейшем сборочном кондукторе для элементов Н-образного поперечного сечения и двутавровых балок элементы собирают в следующем порядке. Сначала устанавливают на подставки и прижимают винтами горизонтальный лист (или стенку балки), а затем – вертикальные листы (пояса балок). При этом точность соблюдения размеров элементов определяется точностью соблюдения ширины горизонтального листа. Затем накладывают прихватки, элемент извлекают из кондуктора и подают к месту сварочных работ.

Кондуктор, пригодный для сборки элементов одного только поперечного сечения, называют индивидуальным. Для сборки элементов различных сечений вместо ряда индивидуальных может быть применен один универсальный кондуктор. Один из упоров универсального кондуктора делают передвижным и обеспечивают возможность его закрепления в различных местах по длине, создавая тем самым условия для сборки элементов различной ширины. Возможность сборки элементов различной высоты обеспечивается путем регулирования положения подставки. Универсальные кондукторы сложнее индивидуальных, поэтому их применение оправдано при большом числе однотипных повторяющихся элементов.

Сварочные работы выполняют как до, так и после сборки. Перед сборкой устраивают стыковые соединения листов и полос, если их длина и ширина меньше размеров детали, для которой они предназначены. Основной объем сварочных работ, выполняемых после сварки, – это устройство угловых швов при взаимном соединении деталей, образующих элемент. Сварные соединения

устраивает автоматической, полуавтоматической и ручной электродуговой сваркой электродами из проволоки. Метод сварки выбирают в зависимости от положения, очертания и длины сварных швов.

Наиболее высокое качество швов и наибольшая производительность обеспечивается при автоматической сварке. Этот вид сварки применяют для наложения прямолинейных горизонтальных швов. Длина угловых швов, при которой такая сварка достаточно производительна, должна быть не менее 3–4 м. Для этого, в частности, целесообразно короткие элементы изготавливать путем разрезки более длинных после устройства сварных соединений.

При действии тепла сварочной дуги образуется сварочная ванна из расплавленного металла электродной проволоки (15–20%) и основного металла (80–85%). Контакт ванны с воздухом недопустим из-за образования химических соединений, приводящих к резкому ухудшению качества сварного шва. Поэтому автоматическую сварку ведут под слоем флюса – гранулированного порошка, который под действием сварочной дуги плавится и, будучи легче металла, плавают на его поверхности. После остывания флюс образует корку, легко отделяющуюся от сварного шва. Помимо защиты сварочной ванны, флюс обеспечивает также и легирование металла шва, в основном, кремнием и марганцем. Другой источник легирования – электродная проволока, имеющая соответствующий химический состав.

Автоматическую сварку стыковых соединений ведут с вертикальным электродом, а угловых соединений – тоже вертикальным при положении шва «в лодочку» или наклонным электродом при положении шва «в угол». При положении «в лодочку» металл сварочной ванны не растекается, что позволяет получать швы с большими катетами и более высокого качества; однако, это требует большего числа кантовок элемента и сопровождается повышенными сварочными деформациями. Для предупреждения растекания расплавленного металла при сварке в угол применяют режимы, обеспечивающие уменьшение объема сварочной ванны и, соответственно, уменьшение поперечного сечения сварных швов.

Возможны два варианта технологического процесса автоматической сварки: при неподвижных автоматах и перемещающихся изделиях или при неподвижных изделиях и перемещающихся автоматах. Сварку элементов мостовых конструкций, отличающихся повышенным весом и габаритами, выполняют обычно по второму варианту. Наиболее широко применяемое здесь оборудование – самоходные сварочные автоматы (сварочные тракторы). Эти аппараты пригодны для наложения как угловых, так и стыковых швов.

Основные узлы автомата – самоходное шасси, бункер с флюсом, механизм подачи электродной проволоки и вертушка для закрепления бухты. Скорости перемещения автомата и подачи проволоки поддаются регулировке, благодаря чему можно регулировать форму и размеры сварных швов. При этом основная задача – обеспечить полный провар, т. е. исключить зоны, свободные от шва по кромкам во всех стыковых швах, а также в тех угловых швах, для которых требование полного провара указано в проекте.

Нужно иметь в виду, что полный провар в угловых швах не только улучшает работу соединения, но и исключает в ряде случаев необходимость в механической обработке кромок ввиду повышения механических свойств металла в зонах наклепа при машинной и в зонах термического влияния при газовой резке, а также ввиду ликвидации неровностей на проплавливаемых кромках.

Для получения швов высокого качества необходимо соблюдать рекомендуемые технологическими нормами размеры разделок кромок и зазоров в стыковых и угловых швах. При сварке необходимо принимать меры против протекания расплавленного металла в зазор между листами. Для этого обычно применяют флюсовую подушку, размещаемую под стыком. В подушке предварительно создают канавку, обеспечивающую условия для формирования сварного шва снизу.

Наложение угловых швов «в лодочку» применяют при сварке элементов Н-образного поперечного сечения и двутавровых балок. Условия прохода автомата накладывают ограничения на размеры поперечных сечений элементов, что необходимо учитывать при проектировании конструкций. Так, минимальная ширина стенки составляет 380 мм, минимальный свес полки 100 мм и т. п. Наложение угловых швов «в лодочку» вызывает необходимость перекапывать элементы для приведения его в соответствующее положение при выполнении очередного шва. Для этой цели применяют сборочные козелки – позиционеры и кантователи. Кантователи – это более сложное оборудование, но их достоинство – элемент перед наложением очередного шва поворачивается без применения мостовых кранов.

Сборка и сварка в одной оснастке не только исключает необходимость в прихватках, но и в затратах времени и труда на перемещение элементов от мест сборки к местам сварки, а также необходимость в производственных площадях для установки технологического оборудования. Для наложения угловых швов «в лодочку» наиболее распространенной комплексной оснасткой служат полуповоротные и полноповоротные сборочно-сварочные кондукторы-кантователи. В сравнении с простыми сборочными кондукторами здесь

обеспечивается более высокий уровень механизации сборочных работ, в частности, вместо прижимных винтов применяются пневмоприжимы.

Значительные технологические трудности возникают при изготовлении коробчатых элементов (поясов и раскосов) сквозных главных ферм. Типовая конструкция коробчатых элементов отличается наличием восьми сварных угловых швов, из которых четыре расположены снаружи элемента и четыре – внутри. При сварке внутренних швов автомат перемещается внутри элемента, и для управления процессом сварки, а также для последующей окраски один из горизонтальных листов оснащается специальными смотровыми отверстиями. Поскольку наложение как наружных, так и внутренних швов в положении «в лодочку» в данном случае невозможно, сварку ведут наклонным или вертикальным электродом «в угол». Для этой цели разработаны двухдуговые автоматы, обеспечивающие возможность одновременного наложения двух угловых швов. Каждый автомат оснащен двумя бункерами с флюсом и двумя бухтами электродной проволоки; при одинаковых принципиальных схемах двухдуговые автоматы имеют различные конструктивные схемы, назначаемые с учетом взаимного положения ходовых колес и накладываемых швов.

При изготовлении коробчатых элементов применяют специальные сборочно-сварочные кондукторы. Технология сборки включает следующие операции:

1) устанавливают нижний горизонтальный лист коробчатого элемента и прижимают его к постели кондуктора специальными Т-образными прижимами через смотровые отверстия в листе;

2) устанавливают вертикальные листы и притягивают их к боковым упорам кондуктора болтами; для этого в листах предварительно сверлят временные отверстия, которые в дальнейшем заглушают заклепками или болтами (габаритные размеры элемента на этой стадии сборки обеспечивают посредством соблюдения проектных расстояний между упорами кондуктора, а также путем соблюдения проектной ширины горизонтального листа и применения, вставляемых внутрь элемента временных габаритных диафрагм);

3) накладывают прихватки для временного закрепления вертикальных листов к нижнему горизонтальному;

4) с помощью двухдугового автомата наклонными электродами накладывают два внутренних угловых шва;

5) устанавливают и закрепляют прихватками верхний горизонтальный лист;

6) отодвигая подвижной боковой упор после снятия временных болтов, освобождают элемент, извлекают его из кондуктора, перекапывают

верхним горизонтальным листом вниз и с помощью того же двухдугового автомата накладывают вторую пару внутренних швов;

7) с помощью двухдугового автомата вертикальным электродом накладывают пару наружных швов в прикреплении нижнего горизонтального листа к вертикальным, а затем перекапывают элемент и с помощью этого же автомата накладывают вторую пару угловых швов.

Как видно из перечня операций, сборка и сварка элементов коробчатого сечения представляют собой сложную и трудоемкую технологию, и с этой точки зрения коробчатые элементы менее целесообразны, чем Н-образные.

Нужно иметь в виду и эксплуатационный недостаток таких элементов – это сложность периодического возобновления антикоррозионного покрытия внутренних полостей элемента через смотровые отверстия.

Это вызывает необходимость в пересмотре конструктивных форм коробчатых элементов, одним из перспективных вариантов которых может служить элемент с замкнутой внутренней полостью. В этом случае отсутствуют внутренние сварные швы и, соответственно, смотровые отверстия. Для того, чтобы обеспечить антикоррозионную защиту внутренней полости, ее герметизируют, предотвращая тем самым возможность попадания водяных паров внутрь элемента. Герметичность внутренней полости создается путем устройства по концам элемента специальных заглушек или диафрагм.

Коробчатый элемент с четырьмя наружными швами по трудоемкости изготовления близок к Н-образному, превосходя последний по эксплуатационным показателям, – в частности, по меньшей площади наружных поверхностей, нуждающихся в антикоррозионной защите, более легкой очистке от загрязнений, а также по более эффективной работе при действии сжимающих нагрузок.

Технологически целесообразный принцип одновременного наложения двух угловых швов двухдуговым автоматом распространяется и на другие виды элементов. В частности, двухдуговые автоматы применяют при наложении швов прикрепления ребер жесткости к стенкам двутавровых балок. Автомат при этом перемещают поперек балки по направляющим, уложенным на пояса. Аналогично приваривают ребра жесткости к листам при изготовлении элементов ортотропных конструкций.

Необходимость в специальной технологии сварки возникает при изготовлении стальных пролетных строений с ортотропными настилами (плитами). Конструктивно плита образуется из стального листа и системы подкрепляющих его продольных и поперечных ребер жесткости. Наиболее сложные технологические проблемы при изготовлении плит возникают из-за

необходимости соединения на монтаже отдельных отправочных элементов, на которые плиту расчлняют в соответствии с условиями габарита погрузки. Стыки листа устраивают обычно на сварке, стыки ребер жесткости – на высокопрочных болтах. При этом возникает необходимость точного соблюдения геометрической схемы элемента (формы и размеров листа, расстояний между ребрами жесткости), чтобы при монтаже соблюдалось требуемое совмещение плоскостей и кромок стыкуемых деталей. Это требует не только точной сборки деталей, но и тщательного учета и компенсации сварочных деформации, вызывающих линейную усадку и изгиб плит.

Трудоемкость изготовления снижается при применении кондуктора для сборки и сварки ортотропных плит. Основные элементы кондуктора – жесткое основание, фиксаторы для ориентации продольных и поперечных ребер по длине и ширине листа, передвижной портал для поджатия ребер к листу и листа к основанию перед наложением прихваток, прокладок и прижимов для создания предварительного (обратного) выгиба плиты перед сваркой.

Сборка и сварка блоков ортотропных плит в кондукторе включает следующие операции:

- 1) укладку листа на основание и ориентация его по упорам кондуктора;
- 2) установку на лист с ориентацией по длине и ширине продольных ребер жесткости;
- 3) прижатие ребер к листу и наложение прихваток (прижимают ребра поочередно в местах наложения прихваток с помощью гидроцилиндра тележки портала; в процессе наложения прихваток тележка перемещается по portalу поперек плиты, а портал по основанию вдоль плиты);
- 4) приварку продольных ребер жесткости двухдуговым автоматом;
- 5) освобождение плиты от предварительного выгиба;
- 6) установку с ориентацией по длине и ширине поперечных ребер жесткости и прикрепление их к листу прихватками;
- 7) приварку поперечных ребер к листу полуавтоматами;
- 8) извлечение плиты из кондуктора и устройство сварных соединений в пересечениях продольных и поперечных ребер.

Для наложения коротких криволинейных швов – стыковых и угловых – применяют полуавтоматическую сварку. При этом электродную проволоку подают в зону сварки автоматически, а электрод перемещают вдоль шва вручную. Чтобы вес установки, поддерживаемый рукой сварщика, не был чрезмерным, механизм подачи электродной проволоки устанавливают стационарно (иногда на переносной площадке), а проволока поступает по гибкому шланговому проводу. При этом сварщик перемещает держатель с бункером

для флюса. Конструкция шлангового провода дает возможность сварщику включать и выключать механизм подачи электродной проволоки, а также подключать к проволоке и отключать от нее сварочный ток. Для этого голая электродная проволока движется по оси, а голые токоведущие провода располагают в изолированной полости по периферии шлангового провода. Кнопка для подключения сварочного тока к электроду, а также включатель механизма подачи даны на держателе.

Технология полуавтоматической, так же, как и автоматической сварки, связана с ограничениями, обусловленными положением швов, так как при наклонных и вертикальных швах сварка под флюсом невозможна, – обычный флюс на поверхности не удерживается. В этом случае сварку ведут в среде углекислого газа, выполняющего функцию защиты металла сварочной ванны от контакта с кислородом воздуха. Углекислый газ подают от баллона к держателю. Чтобы обеспечить надежную защиту шва, сопло держателя должно находиться в 1,5–2,5 см от поверхности изделия.

Полуавтоматическую сварку в среде углекислого газа можно вести электродной проволокой сплошного сечения или же трубчатой порошковой проволокой. Плавящиеся при горении дуги компоненты заключенного в трубчатом электроде порошка образуют облачко защитного газа, а содержащиеся в порошке легирующие примеси улучшают качество наплавленного металла. Поэтому качество сварного шва при сварке порошковой проволокой выше, чем при проволоке сплошного сечения.

В связи с применением полуавтоматической сварки в среде углекислого газа область ручной сварки при изготовлении стальных конструкций мостов существенно сузилась. Вручную накладывают прихватки, а также короткие стыковые и угловые швы, свариваемые в неудобных для полуавтоматической сварки положениях. Для сварки применяют качественные электроды с толстой обмазкой, обеспечивающей устойчивое горение сварочной дуги, а также защиту металла сварочной ванны, его раскисление (восстановление окисленного металла) и легирование. Режимы ручной сварки отличаются от автоматической и полуавтоматической значительно меньшей силой сварочного тока (до 250–300 А), а, следовательно, и меньшими тепловложениями, меньшим объемом расплавленного металла (сварочной ванны), глубиной проплавления и сечения сварных швов. Поэтому ручную сварку ведут при большем числе проходов, причем электрод перемещают не только вдоль, но и поперек шва.

Способ сварки назначают по указаниям проекта сварной конструкции. Допускается без согласования замена менее совершенного способа на более

совершенный, т. е. ручной сварки на полуавтоматическую и полуавтоматической на автоматическую.

Режимы сварки назначают с учетом температурных условий, так как она связана с нагревом металла и его последующим остыванием. Повышенные скорости остывания приводят, в особенности при сварке низколегированных сталей, к возникновению закалочных структур металла, т. е. к его переходу в хрупкое состояние. Поэтому большие скорости остывания допускать нельзя. Эти скорости возрастают с уменьшением начальной (до сварки) температуры металла и с увеличением его толщины, а также с уменьшением тепловложений при сварке. Последнее означает, что при ручной и полуавтоматической сварке скорости больше, чем при автоматической.

Основной регулируемый параметр – начальная температура, на которую по правилам изготовления стальных мостовых конструкций есть ограничения. Для ручной и полуавтоматической сварки эти ограничения более жесткие из-за меньших тепловложений. Если ограничения не удовлетворяются, то перед сваркой металл подвергают местному (в зоне сварного шва) нагреву газовыми (кислородными) горелками до температуры 100–150°С. При автоматической сварке скорость остывания металла можно понизить не только посредством подогрева, но и подбором режимов с повышенными тепловложениями.

Большую опасность представляют дефекты сварных соединений, создающие возможность хрупких разрушений конструкций. Поэтому, с одной стороны, необходимо обеспечивать высокое качество сварки, а с другой выявлять дефекты в процессе контроля качества и затем их устранять. Дефекты сварных соединений:

- 1) трещины наружные и внутренние;
- 2) непровары во всех стыковых швах, а также в тех угловых швах, которые по проекту должны быть выполнены с полным проваром;
- 3) поры (пузырьки в затвердевшем металле) и шлаковые включения – наружные и внутренние;
- 4) подрезы основного металла.

Особенность норм контроля сварных соединений состоит в том, что регламентируются не только уровни допустимых дефектов и способы их исправления, но и методы контроля. Соответственно, сварные швы разделяют по степени ответственности на три категории. К первой категории относят наиболее ответственные стыковые швы растянутых поясов балок, ортотропных плит и элементов ферм, ко второй – угловые (соединительные) швы в растянутых зонах балок и в растянутых элементах ферм, к третьей – стыковые и угловые

швы в сжатых зонах балок и в сжатых элементах ферм. Категории швов указывают в проекте.

Качество сварки контролируют наружным осмотром, ультразвуковой дефектоскопией, просвечиванием и осмотром макрошлифов на торцах стыковых швов. Цель наружного осмотра – проверить размеры швов и выявить наружные дефекты.

Ультразвуковой дефектоскопией выявляют внутренние дефекты, контролируя 100% швов первой категории и часть швов второй и третьей категорий. Посредством ультразвуковых приборов электрические колебания преобразуются в ультразвуковые, последние с помощью перемещающихся вдоль шва искательных головок вводятся в изделие под углом $45-70^\circ$ к поверхности металла. Распространяясь внутри металлического элемента, ультразвуковые волны последовательно падают и отражаются от внутренних поверхностей металла. При наличии дефектов, представляющих нарушение сплошности среды, волны отражаются от поверхности металла в месте дефекта, при этом направление волны меняется, происходит интерференция волн, фиксируемая в виде сигналов на экране осциллографа после обратного превращения ультразвуковых колебаний в электрические. По характеру сигналов судят о виде дефектов. Размеры дефектов и расстояния между ними определяют по длине пути перемещения искательной головки. Ультразвуковая дефектоскопия обеспечивает быстроту, удобство и оперативный характер контроля, однако тип и размеры дефектов определить надежно удастся не всегда. В необходимых случаях результаты ультразвуковой дефектоскопии уточняют просвечиванием швов с применением рентгеновских или гамма-излучений. Лучи воздействуют на накладываемую по другую сторону шва фотопленку, фиксируют на ней имеющиеся в шве дефекты. Просвечивание применяют и при контроле качества сварки при толщине металла менее 8 мм, так как ультразвук в этом случае применять нельзя.

При осмотре макрошлифов на торцах стыковых швов выявляют главным образом такой дефект как непровар.

Наружные и внутренние трещины, являясь острыми концентраторами напряжений, резко снижают выносливость и хладостойкость конструкции и поэтому представляют собой недопустимые дефекты. Исправление сварного шва с трещиной сводится к его вырубке или, что чаще – к удалению дефектного участка посредством воздушнодуговой строжки. В последнем случае металл шва расплавляют с помощью электрической дуги между металлом и перемещающимся вдоль шва угольным электродом, а расплавленный металл выдувают из шва струей сжатого воздуха. В той же мере недопустимы и

непровары, уменьшающие поперечное сечение и прочность швов в сравнении с проектной.

Остальные дефекты допустимы, если они по своим размерам и числу на единицу длины шва не превосходят предельных значений, устанавливаемых СНиПом дифференцированно по категориям швов. Недопустимые по размерам и числу дефекты исправляют.

Участки с порами и шлаковыми включениями удаляют воздушно-дуговой строжкой, подрезы недопустимых размеров заваривают с последующей зачисткой; при допустимых размерах подрезы зачищают, создавая плавные переходы.

Важнейшие условия получения сварных соединений нужного качества:

- 1) применение сталей и сварочных материалов, удовлетворяющих требованиям стандартов;
- 2) назначение режимов сварки (силы и напряжения тока, скорости сварки, скорости подачи электродной проволоки), соответствующих заводским нормам с учетом толщины металла, его начальной температуры, типа и сечения шва и других факторов;
- 3) тщательная очистка металла в зонах сварки;
- 4) соблюдение геометрии кромок при их разделке.

Начало и конец каждого стыкового и углового шва располагают вне изготавливаемого элемента, на специальных выводных планках, закрепляемых к элементу прихватками и удаляемых после сварки. При этом, в пределах элемента обеспечивается ровный шов, без кратеров, образующихся при возникновении и прекращении горения сварочной дуги. Конечная цель предупреждения сварочных деформаций или их правки состоит в соблюдении установленных СНиПом допускаемых (предельных) отклонений действительных размеров элементов от проектных значений.

Допускаемые отклонения для отдельных основных конструктивных элементов:



Рисунок. Изготовление каркаса на строительной площадке



Рисунок. Арматурные работы на строительной площадке

Тема 54. Сварочные напряжения и деформации

Процесс сварки сопровождается возникновением в свариваемом изделии внутренних напряжений, а также искажением начальной формы изделий. Учитывая это, технологический процесс разрабатывают так, чтобы сварочные деформации и напряжения минимальными.

Механизм возникновения сварочных напряжений уясняется на примере наплавки валика вдоль стальной полосы. Локальный нагрев зоны шва при сварке приводит к удлинению металла этой зоны и переходу его в пластичное состояние. В период остывания после сварки к металлу возвращаются его упругие свойства, поэтому укорочению средней части полосы препятствуют ее крайние, менее нагретые участки. В результате, средняя часть полосы, оказывается растянутой, крайние – сжатыми, и в сечении возникает уравновешенная эпюра внутренних напряжений. По данным измерений пиковые напряжения в месте сварного шва достигают предела текучести. При приложении внешней растягивающей нагрузки полоса удлиняется, и эти удлинения распределяются по сечению равномерно. Поскольку напряжения в середине полосы находятся на пределе текучести, их дальнейшее увеличение для строительных сталей, имеющих развитую площадку текучести, не происходит. По краям полосы влияние внешней растягивающей нагрузки проявляется сначала в уменьшении сжимающих, а затем в возрастании растягивающих напряжений. После достижения последними предела текучести напряжения по сечению выравниваются.

Причиной возникновения сварочных напряжений служит также и стеснение свободных деформаций отдельных частей элемента. Так, остывание металла в зоне стыкового шва приводит к сближению незакрепленных листов, образующих стенку двутавровой балки; нормальные напряжения вдоль оси балки при этом не возникают. Если же сварной стык стенки устраивать после присоединения листов стенки к поясам, то перемещения свариваемых листов будут стеснены и в стыке возникнут значительные продольные нормальные напряжения. По той же причине повышенные продольные напряжения возникнут и при сварке из отдельных листов стенок высоких балок, если продольные стенки сваривать раньше поперечных.

Радикальная мера борьбы с внутренними напряжениями от сварки состоит в отжиге изделий; соответствующий отжигу переход металла в пластическое состояние снимает напряжения. Однако ввиду больших размеров элементов мостовых конструкций этот способ оказывается малопригодным и наибольшее распространение в изготовлении стальных конструкций получила такая технология сварки и, в первую очередь, установление такой

последовательности наложения сварных швов, при которых напряжения оказываются наименьшими.

Основная причина сварочных деформаций – усадка сварных швов во время остывания и возникновение при этом стягивающих сил, которые создают изгибающие моменты относительно нейтральной оси элемента или отдельной его части. Схема возникновения деформаций, в известной мере, подобна схеме термической правки исходного проката. Различают общие деформации, характеризующиеся общим перемещением элемента (в частности, перемещением его оси), и местные, связанные с искажением формы поперечного сечения.

Примерами общих деформаций служат изгиб элементов в одной или двух плоскостях и закручивание элементов, приводящее к так называемой винтообразности, а также искривления плоскостей ортотропных плит. К числу общих деформаций относятся также укорочение элементов вследствие усадки сварных швов. Местные деформации двутавровых и Н-образных элементов могут быть расчленены с выделением грибовидности полков, перекоса полков и выпучивания стенок. В коробчатых элементах возникают перекосы поперечных сечений, приводящие к изменению длин диагоналей.

Элементом несимметричного сечения (тавровым элементам, ортотропным плитам) свойственны повышенные деформации, поскольку сварные швы в них расположены по одну сторону от нейтральной оси или нейтральной плоскости.

Основное неблагоприятное последствие сварочных деформаций значительное усложнение монтажа конструкций и, в частности, повышение трудоемкости устройства узловых соединений. Поэтому техническими условиями на изготовление предъявляются жесткие требования к соблюдению проектных размеров элементов, с учетом установленных нормами допускаемых отклонений. Отсюда возникает необходимость в специальных мерах, обеспечивающих уменьшение сварочных деформаций до допустимых пределов. Такие меры сводятся к предупреждению сварочных деформаций или к последующей правке.

Для предупреждения деформаций на элемент или его части накладывают перед сваркой жесткие связи. Наложение связей должно сопровождаться обратным выгибом, который назначают опытным путем с таким расчетом, чтобы после снятия связей элемент принял форму, близкую к проектной. При отсутствии обратного выгиба связи не обеспечивают предотвращения упругих деформаций, проявляющихся после освобождения элемента.

Если предусматривается правка тех или иных деформаций после сварки, то связи для предупреждения деформаций данного вида не накладывают, предоставляя элементу в процессе сварки деформироваться свободно. Так, в случаях, когда технологический процесс включает последующую правку грибовидности Н-образного элемента, при сварке элементу придают только общий обратный выгиб. Методы, применяемые на заводах стальных мостовых конструкций, включают операции по механической, термической и термомеханической правке.

Механическая правка заключается в приложении к элементу внешних усилий, вызывающих требуемые перемещения деформированных частей с возникновением в металле зон пластических деформаций. По принципу своего осуществления такая правка сварочных деформаций аналогична механической правке деформаций исходного проката.

Термическая правка сварочных деформаций (правка нагревом) также подобна правке исходного проката и происходит путем нагрева деформированных элементов и их частей со стороны выпуклых кромок или поверхностей.

Термомеханическую правку применяют в случае конструкций повышенной жесткости, когда только один нагрев не приводит к необходимой степени устранения деформаций или требует чрезмерных затрат времени. При этом методе нагрев деформированных участков сочетают с механическим воздействием домкратов или грузов.

Тема 55. Особенности сборки клепаных элементов и устройства заводских заклепочных и болтовых соединений

Элементы клепаных конструкций собирают двумя способами: с помощью сборочных кондукторов, подобных кондукторам для сборки сварных элементов, или без кондукторов, с взаимной ориентацией деталей, составляющих элемент, по заранее просверленным отверстиям. Первый способ, когда предварительного образования отверстий в элементах не требуется, получил названия бездырной сборки, а второй – сборки по отверстиям. Выбор способа сборки связан, в основном, с серийностью продукции: при большом числе одновременно изготавливаемых элементов целесообразно изготовление кондукторов, при недостаточном объеме изготовления эффективнее сборка по отверстиям.

После кондукторной сборки в элементе сверлят на полный диаметр с помощью пневматических сверлильных машинок небольшое число отверстий, которые заполняют цилиндрическими пробками и стяжными (сборочными) болтами, обеспечивая тем самым временное взаимное соединение деталей, образующих элемент. Пробки, имеющие диаметр цилиндрической части, близкий к диаметру отверстия, препятствует взаимному сдвигу деталей; болты,

диаметр которых на 3 мм меньше диаметра отверстий, необходимы для стягивания пакета деталей.

Собранный элемент извлекают из кондуктора и транспортируют в зону действия радиально-сверлильного станка, с помощью которого сверлят остальные отверстия, затем устанавливают дополнительное число пробок и болтов с заполнением не менее 35% отверстий. Число болтов должно обеспечивать достаточно плотное стягивание пакета, когда зазоры между деталями, образующими пакет, не превышают 0,3 мм. Зазоры проверяют плоским щупом указанной толщины, который не должен входить между деталями — при несоблюдении этого ставят дополнительные стяжные болты.

При втором способе сборки отверстия сверлят в отдельных деталях в процессе обработки металла. Положения центров отверстий устанавливают по шаблонам или по разметке. Поскольку как в одном, так и в другом случаях возможны заметные отклонения от проектного положения отверстий, приводящие в дальнейшем к черноте (несовпадению) отверстий в собранном элементе, отверстия сверлят или продавливают на неполный диаметр (на 4–5 мм меньше проектного).

Элемент из деталей с отверстиями собирают, ориентируя взаимное положение деталей по отверстиям и обеспечивая временное соединение деталей с помощью конических оправок и сборочных болтов уменьшенного диаметра. Собранный элемент отправляют к радиально-сверлильному станку, где свободные от оправок и болтов отверстия рассверливают на полный диаметр. В рассверленные отверстия устанавливают цилиндрические пробки и болты нормального диаметра. Затем снимают оправки и болты уменьшенного диаметра и соответствующие отверстия также рассверливают.

Заводские соединения устраивают посредством горячей клепки с предварительным нагревом заклепок. На заводах применяют преимущественно заклепки с цилиндрическим стержнем и полукруглой головкой. Диаметр стержня на 1 мм меньше диаметра отверстия, что обеспечивает свободную заводку, нагретой заклепки; плотное заполнение отверстия достигается за счет осаживания стержня и увеличения его диаметра в процессе клепки. Головку непоставленной заклепки называют закладкой, а образуемую в процессе клепки — замыкающей.

При общих толщинах соединяемых пакетов, превышающих 2,5 диаметра заклепки, и ручной клепке плотное заполнение отверстий может быть затруднено. В этом случае применяют заклепки с повышенными закладными головками и коническим стержнем. При клепке закладная головка приобретает

обычное полукруглое очертание, а избыточный металл переходит в стержень, способствуя плотному заполнению отверстия.

Тема 56. Образование отверстий для монтажных соединений элементов

Образование монтажных отверстий представляет сложную задачу, связанную с необходимостью строгого соблюдения их проектного положения. Несовпадение отверстий при монтаже конструкции вызывает повышение трудоемкости сборки, а отклонение расстояний между группами отверстий – к искажению геометрической схемы сооружения, которая на месте строительства уже не может быть подвергнута исправлению.

На заводах стальных мостовых конструкций нашли применение два метода образования отверстий – сверлением в собранной конструкции или сверлением в отдельных элементах с помощью кондуктора.

Общую сборку ведут отдельными плоскими системами, входящими в состав пролетного строения. Так, в случае пролетного строения со сквозными главными фермами и ездой понизу, поочередно собирают одну и другую главные фермы, конструкцию проезжей части вместе с нижними поясами ферм и горизонтальными связями между ними, горизонтальные связи и верхние пояса, элементы порталного заполнения вместе с опорными раскосами, каждую из систем поперечных связей вместе со стойками (или подвесками) главных ферм. Все плоские системы собирают в горизонтальном положении на специальных стеллажах. При общей сборке строго соблюдают проектную геометрическую схему конструкций (для главных ферм – с учетом строительного подъема) и проектное положение отдельных элементов, которые ориентируют по их осям и центрам узловых соединений.

Затем переходят к сверлению монтажных отверстий. Положение центров отверстий устанавливают заблаговременно, при разметке или наметке. Возможно также предварительное образование отверстий на неполный диаметр в отдельных деталях узловых соединений (узловых фасовках, накладках и т. п.).

Установленные по разметке или наметке положения центров монтажных отверстий могут иметь отклонения от проектного положения. Эти отклонения носят индивидуальный характер, поэтому действительное размещение отверстий в одноименных узлах и на концах одноименных элементов оказывается различным. Отсюда возникает необходимость монтировать конструкцию в пролете со строгим соблюдением того взаимного положения элементов, которое они занимали при общей сборке. Иначе говоря, одинаковые элементы в данном случае невзаимозаменяемы. Невзаимозаменяемость элементов требует их индивидуальной маркировки.

Рисунок. Объемный кондуктор: 1 – торцевой упор, 2 – плоский кондуктор; 3 – прижимная рамка; 4 – боковой упор, 5 – сверлильная машинка, 6 – элемент; 7 – прижимной винт

По второму способу на специальных станках или по кондуктору-эталону сверлят отверстия в кондукторных планках, которые после запрессовки втулок ориентируют по осям на листе кондуктора для фасовок и закрепляют к листу прихватками. Затем планки снимают и используют для изготовления других кондукторов. Этот способ несколько экономичнее, поскольку втулки, допускающие до своего износа до 500 проходов сверла, используются более полно и поэтому требуются в меньшем количестве.

При обоих способах для того, чтобы уменьшить число кондукторов-эталонов и типоразмеров кондукторных планок, прибегают к унификации разбивки монтажных отверстий. По принятой унификации, расстояния между отверстиями назначают равными 120 мм в стыках, а также по осям элементов в случае расположения здесь горизонтальных листов сечения (при Н-образных элементах); во всех же остальных местах эти расстояния принимают равными (или кратными) 80 мм. Это необходимо учитывать при проектировании пролетных строений, так как иначе использование имеющегося на заводах парка кондукторов окажется невозможным.

Образование отверстий при общей сборке применяют только для изготовления индивидуальных конструкций при малой серийности заказа, когда относительная стоимость кондукторов оказывается чрезмерной.

По техническим условиям на изготовление проводят контрольную сборку каждого пятого однотипного пролетного строения, изготавливаемого с применением проверяемого комплекта кондукторов. Объем контрольной сборки включает две панели одной из главных ферм, такое же число панелей проезжей части и горизонтальных связей, одну плоскость portalного заполнения и т. д. Качество кондукторов считают удовлетворительным, если при контрольной сборке достигается хорошее совмещение монтажных отверстий. При проверке совмещения калибр диаметром на 0,5 мм менее номинального диаметра отверстия должен пройти не менее чем в 85% отверстий данной группы.

Если сжимающие нагрузки в монтажных соединениях передаются через пригнанные торцы элементов, геометрическая схема определяется положением торцов. В этих случаях (главным образом при изготовлении пилонов висячих и вантовых мостов) торцы элементов для обеспечения надежной передачи усилий и соблюдения проектного положения подвергают фрезеровке с

помощью торцефрезерных станков. Наиболее удобны двусторонние станки, дающие возможность одновременно обрабатывать оба торца элемента.

Фрезерование торцов наряду с точным положением опорных плоскостей обеспечивает также и точную длину элементов, отклонение от проектных размеров даже для весьма длинных элементов не превышает 2–3 мм.

Тема 57. Допускаемые отклонения размеров стальных конструкций

Фактические размеры конструкций и их элементов (расстояния между осями, габаритные размеры, расстояния между отверстиями) не соответствуют в точности проектным (номинальным), а имеют те или иные отклонения. Эти отклонения обусловлены большим числом не поддающихся учету технологических факторов и поэтому представляют собой случайные величины. Факторы, поддающиеся учету, должны быть исключены корректированием технологии или проектных размеров стальных элементов. Случайные отклонения размеров можно характеризовать вероятностью реализации конкретного отклонения при изготовлении той или иной конструкции, ее элемента или детали. Опытным путем установлено, что чем отклонение больше, тем вероятность его реализации меньше, а наиболее вероятны малые отклонения, при которых фактические размеры близки к проектным. Отсюда следует, что вероятности отклонений размеров зависят от значений отклонений или, иначе говоря, вероятности распределены по отклонениям.

Один и тот же элемент или деталь конструкции могут быть изготовлены различными методами, каждому из которых свойственна та или иная точность соблюдения проектных размеров. Например, стенка двутавровой балки может быть изготовлена с применением газовой резки и резки на гильотинных ножницах, а также посредством резки с последующей строжкой на кромкострогальных станках. Первому методу изготовления соответствует наименьшая, а последнему – наибольшая точность.

При назначении допускаемых отклонений (допусков) размеров исходят из точности соблюдения размеров, обеспечиваемой при том или ином методе изготовления в условиях нормального технологического процесса.

Принципиальная основа назначения допускаемых отклонений состоит в том, что все изделия, изготовленные в условиях нормального технологического процесса, должны быть приняты без брака. Если же получаемая точность не удовлетворяет требованиям монтажа или эксплуатации, то нужно переходить на другую, более совершенную технологию изготовления.

Имея систему допускаемых отклонений размеров и требуемую проектом или техническими условиями точность соблюдения размеров деталей и элементов данной конкретной конструкции, назначают соответствующую

технологии изготовления. При этом выполняют соответствующие расчеты, связанные с тем, что отклонения размеров элементов и конструкции в целом определяются отклонениями размеров отдельных элементарных частей, каждая из которых имеет свою кривую распределения. Отклонения размеров целого элемента представляют собой случайную величину, распределение которой определяется неизвестным стандартом. Этот стандарт можно выразить по известным значениям стандартов.

Точность соблюдения проектных размеров конструкций и отдельных ее частей оказывает, как правило, большое влияние на трудоемкость и качество монтажных работ, а в ряде случаев и на условия эксплуатации. Учет этого влияния представляет важную задачу проектирования сооружений. Выявляемые при проектировании требования к размерам сооружения составляют основу для разработки технологии изготовления его элементов.

Тема 58. Монтаж стальных пролетных строений. Состав монтажных работ

К монтажным работам относят:

- 1) транспортирование конструкций от завода-изготовителя до приобъектного склада металла;
- 2) подготовку элементов на складе и их подачу к месту монтажа;
- 3) собственно монтаж – сборка пролетных строений и установка их в пролет.

Если пролетные строения доставляют с завода в целом виде (цельноперевозимые пролетные строения), то монтаж сводится к установке в пролет. При сборке конструкций в проектном положении в пролете операция установки исключается. Необходимость в двух этих операциях, т. е. в сборке и установке возникает в случае сборки пролетных строений на берегу (в частности, на насыпи подхода).

Пролетные строения собирают на сплошных подмостях, полунавесным и навесным способами. Основные способы установки в пролет – это продольная и поперечная передвижка, а также перевозка на плавучих опорах. В случаях, когда уровень сборки, передвижки и перевозки пролетных строений отличается от проектного уровня их установки на мосту, возникает необходимость в подъеме конструкций и их опускании. Пролетные строения со сплошными главными балками и ездой поверху обычно собирают на насыпях подходов и устанавливают в пролет продольной надвижкой; значительно реже (и только при больших пролетах) для этих конструкций применяют полунавесной или навесной способ в пролете. Для сквозных пролетных строений, напротив,

характерна полунавесная и навесная сборка в пролете, в то время как надвижку применяют относительно редко.

Выбор способа монтажа зависит от многих факторов. К основным относятся: система пролетных строений и их размеры, объем и сроки выполнения монтажных работ, наличие тех или иных видов монтажного оборудования, а также местные условия, такие как гидрологический режим реки, геологические и климатические условия в районе перехода, расположение строительной площадки, способ подачи конструкций и др. Заметное влияние на технологию монтажных работ оказывают вид и технология устройства монтажных соединений элементов конструкций.

Все эти факторы учитывают при разработке вариантов монтажа и их технико-экономического обоснования для выбора оптимального решения.

Тема 59. Транспортирование и складирование конструкций

В связи с тем, что число заводов, выпускающих стальные мостовые конструкции, невелико, дальность перевозки готовой продукции значительна. Если строительство моста располагает подъездными железнодорожными путями, целесообразно использовать железнодорожный транспорт. В других случаях используют смешанный транспорт. Необходимость соблюдения габаритов перевозки накладывает ограничения на размеры перевозимых конструкций. Так, при перевозке по железной дороге высота конструкции не должна быть более 3,4 м, а ширина 3 м, причем для длинномерных элементов эти размеры должны быть уменьшены ввиду возможности их выхода за пределы габаритов на кривых участках пути.

Поступающие на строительную площадку конструкции размещают на складах, где выполняют ряд технологических операций, предшествующих монтажу:

- 1) элементы принимают, проверяя соответствие их марок и числа заводским спецификациям;
- 2) выявляют и выправляют деформации, возникающие при перевозке и погрузочно-разгрузочных работах;
- 3) на видных местах наносят на элементы дополнительную марку, облегчающую проведение последующих монтажных операций;
- 4) очищают элементы от ржавчины и загрязнений;
- 5) производят их укрупнительную сборку.

Выявленные деформации в зависимости от их размера правят холодном или горячим способом. Для правки применяют винтовые или гидравлические домкраты в сочетании с приспособлениями в виде скоб, хомутов и струбцин.

Отклонения размеров элементов после правки не должны превышать допустимых, установленных Строительными нормами и правилами.

В результате очистки элементов должно быть обеспечено соответствие состояния их поверхностей в зоне монтажных соединений правилам устройства соединений, а в остальных местах – правилам окраски. Под окраску подготавливают элементы, очищая загрунтованные на заводе поверхности от случайных загрязнений с помощью проволочных щеток.

Цель выполняемой на складе металла укрупнительной сборки конструкций – уменьшение объемов монтажных работ в пролетах моста. Схему укрупнительной сборки назначают в соответствии с типом пролетных строений, видом монтажных соединений и схемой членения конструкций на заводские отправочные марки, а также с типами и параметрами монтажного оборудования. Укрупненные элементы называют монтажными марками.

Так, отправочные марки стальных коробчатых пролетных строений ортотропной конструкции включают обычно двутавровые главные балки, элементы ортотропного настила проезжей части и элементы нижних плит. В данном случае возможны две принципиально различные схемы укрупнения. По первой схеме, применяемой при последующем поэлементном монтаже пролетных строений монтажными кранами, укрупнение состоит в сборке и соединении элементов главных балок с увеличением их длины и веса, а также в сборке и соединении элементов настилов и плит. Длину и массу элементов назначают с учетом грузоподъемности кранов. По второй схеме, применяемой при последующей перевозке секций пролетных строений в пролеты моста на плавучих опорах или с помощью плавучих кранов, укрупнение состоит в сборке и соединении отправочных марок в коробчатые элементы значительной длины, измеряемой десятками метров, и массы, измеряемой сотнями тонн.

Находят применение комбинированные решения по монтажным соединениям. Так, при укрупнительной сборке элементы можно соединять на сварке, а затем при монтаже применять технологически более простые соединения па высокопрочных болтах.

В случае пролетных строений со сквозными главными фермами укрупнительная сборка состоит в присоединении к поясам ферм фасонки и стыковых накладок, соединении балок проезжей части в блоки с устройством связей и пр. Назначая схемы укрупнительной сборки, имеют в виду принятую последовательность сборки пролетного строения с таким расчетом, чтобы устанавливаемый элемент можно было завести свободным концом между фасонками, закрепленными к элементу, установленному ранее. При этом монтажные соединения элементов устраивают частично на складе металла и

частично – при сборке пролетного строения. В результате укрупнительной сборки упрощается технология взаимного соединения устанавливаемых элементов, так как сложные работы по устройству монтажных соединений выполняются частично в более благоприятных условиях на складе металла. Повышается также производительность транспортных средств и монтажных кранов вследствие уменьшения числа подач элементов и их подъемов.

Завершающая операция на складе – обстройка элементов рабочими подмостями и страховочными приспособлениями, облегчающими работу монтажников и обеспечивающими ее безопасность. Для обслуживания складов металла применяют стреловые полноповоротные (пневмоколесные, гусеничные, железнодорожные) или козловые краны. Большие объемы монтажных работ оправдывают повышенные расходы на сборку козловых кранов и устройство для них подкрановых путей.

Конструкции складывают по принципу совместного хранения одноименных элементов. Если склад обслуживается полноповоротным краном, то более тяжелые элементы укладывают ближе к подкрановым путям, соблюдая грузоподъемность крана. При применении козлового крана это ограничение исключается, поэтому он представляет собой более удобное оборудование.

Работу на складе нужно организовывать так, чтобы уменьшить число подъемно-транспортных операций. Этому соответствует схема склада, при которой очистку и укрупнительную сборку элементов выполняют в местах их хранения. Такая схема требует свободного размещения элементов с оставлением между ними достаточных (не менее 1 м) проходов, укладки элементов в один ярус и сравнительно высоких (не менее 0,7–0,8 м) стеллажей для возможности обработки элементов снизу. Установку для пескоструйной очистки элементов оборудуют в виде передвижного поста на трейлере или железнодорожной платформе. Поскольку при свободном размещении элементов увеличиваются размеры склада, обработку металла в местах хранения применяют в тех случаях, когда склад имеет достаточно свободной площади.

Тема 60. Технология устройства монтажных соединений

Наиболее широкое применение в мостостроении получили монтажные соединения на сварке, на высокопрочных болтах и комбинированные болтосварные. Заклепочные соединения теперь на монтаже применяют исключительно редко.

Область применения сварных соединений – это стыки сплошностенчатых главных балок и элементов ортотропных плит. Стык главной балки двутаврового поперечного сечения, разработанной Институтом электросварки (ИЭС) им. Е. О. Патона с учетом наложения всех стыковых швов автоматами под

слоем флюса, выполняют в следующем порядке. Выверяют с применением геодезического контроля положение монтажных элементов балок в плане и профиле, добиваясь совмещения кромок нижних поясов в стыке и заданного (по кривой строительного подъема) угла перелома осей элементов в профиле, а также прямолинейности их в плане. Затем по месту уточняют размеры вставок, изготавливаемых на заводе с припуском на последующую обрезку при подгонке. Приваривают выводные планки и с помощью сварочного автомата накладывают горизонтальный шов в стыке нижнего пояса; поперечные размеры автомата диктуют ширину проема в стейке, т. е. ширину вставки 1 (около 400 мм). После этого устанавливают и закрепляют вставку и заваривают два вертикальных стыковых шва стенки. Сварку вертикальных стыков ведут по методу принудительного формирования шва, его сущность состоит в том, что сварочная ванна, образуемая в 10–12 мм зазоре между соединяемыми листами, ограждается медными накладками, с одной стороны шва неподвижной, а с другой – подвижной; причем для ускорения процесса сварки во внутренних полостях накладок циркулирует охлаждающая вода. Сваривают под слоем флюса автоматом, перемещающимся вертикально вместе с ползуном с помощью зубчатой рейки. После наложения вертикальных швов подгоняют по месту вставку 2 и автоматом заваривают два стыковых шва верхнего пояса. Угловые швы накладывают по верхнему и нижнему поясам в местах вставок 1 и 2 посредством полуавтоматической сварки в среде углекислого газа.

При монтаже пролетных строений отличительная особенность устройства сварного стыка балки – необходимость выверки монтажных элементов, т. е. приведения их в проектное положение. Для этой операции применяют домкраты, устанавливаемые по концам элементов на вспомогательные опоры или подмости.

Сложная и наименее освоенная из перечисленных операций – это сварка вертикальных стыков; возникновение дефектов в швах при этом наиболее вероятно. Для обеспечения качества сварки нужны тщательный подбор сварочных материалов и режимов сварки, а также обеспечение контроля соединений.

Технологический процесс устройства фрикционных соединений на высокопрочных болтах включает операции обработки контактных поверхностей, сборки соединений, постановки и натяжения.

Цель обработки контактных поверхностей состоит в обеспечении нормативных коэффициентов трения. Значения тем выше, чем больше степень удаления прокатной окалины. Полное ее удаление достигается при пескоструйной (дробеструйной, дробеметной) обработке, а частичное – при газопламенной. При необработанных поверхностях с прокатной окалиной коэффициент

трения имеет наиболее низкое значение, причем для его обеспечения необходимо очистить поверхность от возможных загрязнений стальными проволочными щетками с электроприводом, растворителями и пр. Значения и способ подготовки поверхностей указывают в проекте сооружения.

При пескоструйной обработке на поверхность металла воздействуют струей песчано-воздушной смеси, подаваемой под давлением. В качестве абразивного материала используют кварцевый или металлический песок, а при дробеструйной обработке – стальную дробь.

Огневую очистку контактных поверхностей выполняют пламенем кислородно-ацетиленовой горелки с последующим удалением продуктов сгорания мягкими проволочными щетками

В результате обработки с поверхности металла удаляются загрязнения и ржавчина, а также (частично) прокатная окалина, приводящая к некоторому повышению шероховатости поверхности.

Наиболее полная очистка достигается при восстановительном характере пламени, поэтому для работы горелки кислород подают в наибольшем возможном количестве, пока пламя еще не гаснет.

Очищенные поверхности нужно тщательно предохранить от загрязнений во избежание снижения коэффициентов трения. Поэтому срок хранения элементов от очистки контактных поверхностей до сборки соединений не должен превышать 3 сут. В случае загрязнения контактные поверхности должны быть очищены повторно. Это требование не распространяется на налет ржавчины, который может образоваться на поверхностях после их очистки. Не требуется также удалять с поверхностей влагу при попадании атмосферных осадков или конденсации водяных паров. Все эти правила основаны на результатах исследований, которые показали, что корродирование металла по контактными поверхностям происходит и в собранных соединениях при затянутых болтах вследствие проникновения водяных паров через остающиеся зазоры. Однако процесс корродирования здесь носит затухающий характер ввиду постепенного уплотнения зазоров продуктами коррозии, объем которых превышает объем исходного металла. Коррозия металла приводит к переработке прокатной окислы в ржавчину и повышению шероховатости; коэффициенты трения при этом становятся такими же, как и после пескоструйной обработки.

Поэтому развитие коррозии приводит к повышению коэффициентов трения, если поверхности были подвергнуты огневой обработке или очистке щетками; в случае же пескоструйной обработки коэффициенты трения остаются на том же уровне.

При наличии на контактных поверхностях влаги коэффициент трения будет несколько ниже (в среднем на 15 %), что должно быть принято во внимание в расчете соединений на действие монтажных нагрузок. Поскольку в дальнейшем влага химически связывается, образуя продукты коррозии, коэффициенты трения при расчете на эксплуатационные нагрузки не снижаются.

Перед сборкой соединений на высокопрочных болтах удаляют с помощью пневматических наждачных машин заусенцы у монтажных отверстий и другие дефекты, препятствующие плотному прилеганию деталей. Сборку начинают с совмещения монтажных отверстий с помощью конических отправок. Затем положение соединяемых элементов фиксируют путем заполнения отверстий цилиндрическими пробками, номинальный диаметр которых равен диаметру отверстий, а число должно составлять не менее 10% от числа отверстий в соединении. Далее свободные отверстия заполняют высокопрочными болтами, натягивают болты на нормативные усилия, после чего заменяют болтами ранее поставленные пробки.

Сравнивая монтажные соединения на сварке и высокопрочных болтах, можно отметить преимущество первых, состоящее в экономии металла, ввиду отсутствия стыковых накладок и ослабления сечений болтовыми отверстиями.

Компромиссное решение представляют комбинированные болтосварные соединения, когда стыки поясов балок выполняют па сварке, а стыки стенок – на высокопрочных болтах.

В связи с тем, что пояса стыкуются на сварке и ослаблений не имеют, расход металла на конструкции с болтосварными соединениями лишь ненамного больше, чем при сварных соединениях. В то же время по технологии монтажа болтосварные соединения обладают преимуществами болтовых. В частности, они применимы при навесных методах монтажа. Благодаря сочетанию преимуществ сварных и болтовых соединений, болтосварные стыки представляют весьма рациональное решение.



Рисунок. Устройство болтового соединения

Тема 61. Соединение и усиление пролетных строений при монтаже

Разрезные балочные стальные пролетные строения соединяют в балочно-неразрезную систему для обеспечения устойчивости при навесной сборке и продольной подвижке. Применяемый здесь стык главных балок со сплошной стенкой устраивают подобно монтажным стыкам элементов балок на горизонтальных и вертикальных накладках с использованием высокопрочных болтов или совместно пробок и болтов. Пролетные строения со сквозными главными фермами соединяют посредством верхних и нижних соединительных элементов. Как сами элементы, так и их крепления имеют конструкцию, подобную конструкции элементов и креплений поясов ферм.

Конструктивное оформление опорных узлов ферм в связи с примыканием нижних соединительных элементов имеет следующие особенности. Из-за недостаточной площади концевых участков фасонки разместить необходимое число скреплений (болтов, заклепок) здесь не удастся, и соединительный элемент заводят за центр узла. Ввиду этого непосредственно после снятия соединительного элемента наружные и внутренние фасовки оказываются на значительной длине не связанными между собой и не закрепленными к нижним поясам, что неблагоприятно отражается на устойчивости фасонки при действии

сжимающих напряжений от усилий в опорном раскосе и от опорного давления. Чтобы не подвергать фасонки опасности потери устойчивости в большинстве случаев предпочитают не извлекать соединительные элементы, а обрезать их у торцов фасонки, оставляя концы элементов в узлах. Такое решение, однако, исключает возможность оборачиваемости этих элементов, и приводят к увеличению расхода металла на их изготовление.

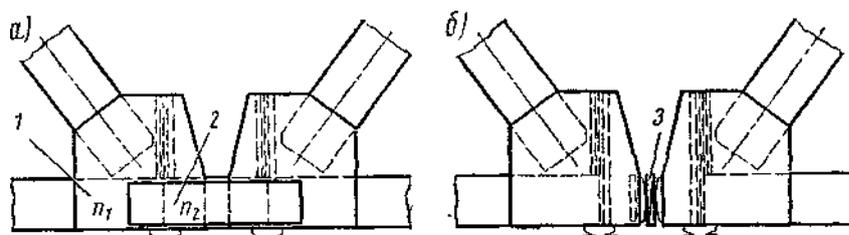


Рисунок. Нижние соединительные элементы: 1 – зона расположения болтов, остающихся при снятии соединительного элемента; 2 – то же, удаляемых при снятии элемента; 3 – тангенциально-клиновые опорные части

На представленном рисунке через нижний соединительный элемент передаются только сжимающие усилия, поэтому элемент выполнен в виде тангенциально-клиновой опорной части, закрепленной к торцам фасонки. Посредством клиньев компенсируют отклонения расстояний между осями опорных узлов и отклонения размеров фасонки, а также перемещения опорных узлов вследствие температурных деформаций пролетных строений. При такой конструкции нижнего соединительного элемента не создается помех для оформления опорного узла с постановкой всех скреплений и диафрагм и обеспечивается удобное снятие соединительных элементов.

Перед снятием соединительных элементов их необходимо разгрузить. Для этого передний конец пролетного строения поддомкрачивают на капитальной опоре.

Развиваемые домкратом усилия P контролируют по показаниям их манометров и дополнительно проверяют по соответствию между расчетными и действительными перемещениями поддомкрачиваемого конца пролетного строения.

При снятии нижних соединительных элементов тангенциально-клинового типа надобность в контроле усилий и перемещений отпадает, так как разгрузка соединительных элементов определяется по освобождению клиньев.

Необходимость в усилении пролетных строений на стадии монтажа возникает в случаях, когда несущая способность элементов оказывается

недостаточной при действии монтажных нагрузок. Основные способы усиления – увеличение сечений элементов, уменьшение свободной длины и изменение статической схемы сооружения. Добавлением металла усиливают преимущественно пояса главных ферм в корне консолей, образуемых в процессе навесной сборки или продольной надвижки. Необходимая по монтажным нагрузкам площадь сечения может быть предусмотрена проектом пролетного строения, однако это приводит к дополнительной затрате металла, не нужного на стадии эксплуатации. Более рационально увеличение сечений путем устройства накладных элементов, снимаемых по окончании монтажа пролетного строения.

Конструкцию накладных элементов для усиления нижних поясов коробчатого сечения можно выполнить в виде листов, присоединяемых к вертикальным листам основного сечения снаружи с помощью болтов через прокладки. В узлах такие накладные элементы заводят на фасонки и прикрепляют высокопрочными болтами. Так как при этом добавляется еще одна плоскость трения, то несущая способность болтов соответственно возрастет и становится достаточной для прикрепления накладных элементов. Увеличение числа болтов на монтажные нагрузки не требуется.

Число болтов, остающихся при снятии накладных элементов, должно быть достаточным для прикрепления основных элементов поясов, с учетом действующих на этой стадии усилий. В момент снятия накладные элементы должны быть разгружены от действующих и них усилий. Для этого, так же, как и при снятии элементов соединения, конец собранного пролетного строения поддомкрачивают на капитальной опоре. Развиваемые домкратами усилия и перемещения конца пролетного строения определяют расчетом.

При действии монтажных нагрузок возможно возникновение сжимающих усилий в элементах, которые на стадии эксплуатации работают на растяжение. Например, при продольной перекалке, а также во всех случаях опирания пролетного строения в дополнительных узлах главных ферм на вспомогательные конструкции, в подвесках возникают сжимающие усилия. Так как гибкость подвесок значительна, их несущая способность при сжатии обычно оказывается недостаточной. В этом случае наиболее простой способ усиления – это уменьшение свободной длины подвесок установкой элементов усиления.

Статическую схему пролетных строений чаще всего изменяют, вводя шпренгель. Этот прием, обеспечивающий уменьшение моментов и поперечных сил, передающихся на основную конструкцию, наиболее часто применяют при продольной надвижке или навесной сборке пролетных строений со сплошными главными балками. Для устройства вант шпренгеля применяют

пучки высокопрочной проволоки или канаты, прикрепляемые к балкам с помощью клиновых анкеров или концевых муфт, аналогичных муфтам канатов вантовых мостов.

Чтобы обеспечить наиболее благоприятное распределение напряжений в системе на различных стадиях монтажа, усилия в шпренгеле регулируют домкратами, установленными в опорных узлах пилона или у мест закрепления вант к балкам.

Тема 62. Сборка стальных пролетных строений. Сборка на сплошных подмостях

Стальные пролетные строения монтируют тремя основными методами – на сплошных подмостях, полунавесной и навесной сборках. Каждый из этих методов применим к пролетным строениям, как со сплошными главными балками, так и со сквозными фермами. Отличительная особенность каждого из методов сборки – схема опирания конструкции. При сборке на сплошных подмостях пролетное строение 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. Для опирания в опорных узлах используют капитальные опоры, в остальных узлах – вспомогательные сооружения (подмости и вспомогательные опоры).

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. Сплошные подмости представляют системы вспомогательных опор, располагаемых под каждым монтажным стыком главных балок так, что каждый монтажный элемент устанавливается концами на две опоры.

Пролетные строения со сквозными главными фермами собирают на сплошных подмостях поэтапно или секционно. В случае поэтапной сборки в первую очередь собирают нижние пояса ферм, проезжую часть и нижние связи (так называемая низовая сборка), во вторую очередь – решетку, верхние пояса ферм и верхние связи (верховая сборка). При секционной сборке пролетное строение собирают целиком в пределах геометрически неизменяемой секции (обычно в пределах панели главных ферм). Конструкция подмостей при сквозных фермах усложняется ввиду применения, кроме вспомогательных опор, также и прогонов, воспринимающих нагрузки от узлов ферм, поскольку при относительно малой (в сравнении с расстоянием между монтажными стыками сплошностенчатых балок) длиной панели установка опор под каждым узлом

нецелесообразна. Для устройства подмостей используют инвентарные конструкции УИКМ, МИК-С и МИК-П. Расстояния между осями опор назначают равной длине инвентарных балок, т. е. 10–12 м.

Прогоны соединяют между собой на болтах и накладках. Такие соединения обеспечивают передачу всех горизонтальных нагрузок на капитальные опоры, где прогоны должны быть соответствующим образом закреплены. Поскольку опоры подмостей при этом освобождаются от действия горизонтальных нагрузок, их ширину (вдоль моста) назначают минимальной и равной длине панели МИК-С или УИКМ, т. е. 2 м.

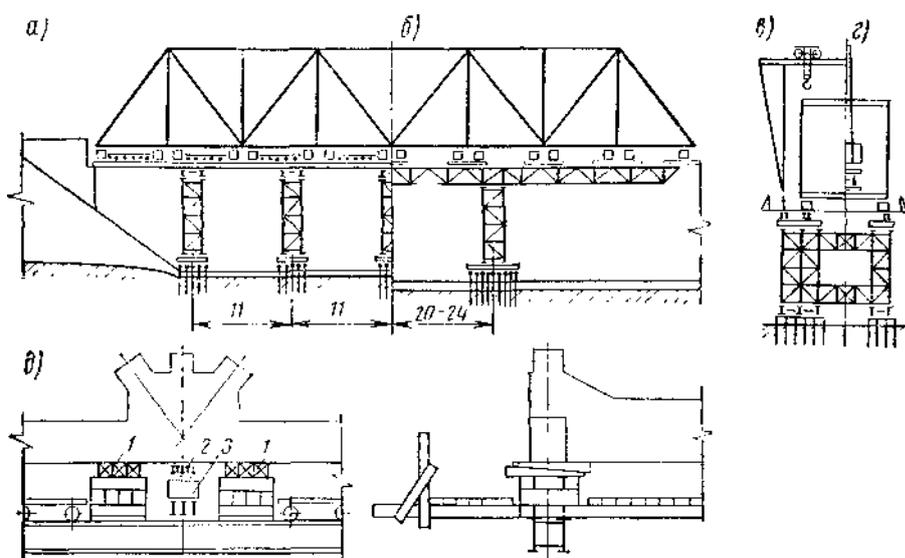


Рисунок. Схемы сплошных подмостей: а – с прогонами сплошными; б – то же, сквозными; в – при сборке козловым краном, г – то же, стреловым, д – узел опирания пролетного строения на подмости: 1 – клинья; 2 – распределительный пакет из рельс; 3 – домкрат

При сложных гидрологических условиях, дорогих основаниях и большой высоте под мостом более экономичными могут оказаться подмости с повышенными расстояниями между опорами. Для увеличения пролетов подмостей прогоны устраивают в виде сквозных ферм из УИКМ; расстояния между опорами достигают в этом случае 20–24 м. Поскольку нагрузки должны быть переданы в узлы сквозных прогонов, требуется укладка распределительных балок. Конструкция подмостей в целом оказывается более сложной, чем при прогонах из двутавровых балок.

Конструкция подмостей существенно упрощается при сборке пролетных строений на берегу, так как в этом случае прогоны не нужны, а вместо

вспомогательных опор применяют лежневые фундаменты, передающие давление клеток и домкратов на грунт.

Пролетные строения опирают на подмости через парные клетки из деревянных брусьев. Высоту клеток (0,8–1 м) и расстояние между ними назначают с учетом возможности доступа к узлам и стыкам снизу при постановке высокопрочных болтов или устройстве сварных соединений. Для выверки положения элементов в профиле и обеспечения строительного подъема под узлами устанавливают гидравлические домкраты.

Сплошностенчатые пролетные строения, отличающиеся повышенными длинами и весами монтажных элементов, собирают козловыми кранами, перемещающимися по подкрановым эстакадам, жестконогими деррик-кранами, перемещающимися по монтируемым конструкциям или стреловыми полноповоротными кранами, работающими снизу – с грунта или с плавсредств. Сквозные пролетные строения при относительно небольших длинах и весах монтажных элементов собирают, преимущественно, стреловыми полноповоротными кранами, перемещающимися по собираемой конструкции. Применение козловых кранов, перемещающихся по подмостям, вызывает усложнение последних из-за устройства специальных подкрановых прогонов и уширения опор подмостей. Поэтому козловые краны применяют чаще при сборке пролетных строений на насыпи, когда подкрановый путь можно укладывать без поддерживающих конструкций.

Устройство сплошных подмостей в пролете требует большого расхода материалов, и, следовательно, подмости – дорогостоящий вид вспомогательных сооружений. Поэтому монтаж на сплошных подмостях применяют преимущественно при сборке пролетных строений:

- 1) на берегу с последующей установкой в пролет (здесь подмости могут быть использованы многократно);
- 2) в пролете, когда сплошные подмости используют для опирания анкерного участка пролетного строения, монтируемого в дальнейшем полунавесным методом;
- 3) со сварными монтажными соединениями.

Тема 63. Полунавесная и навесная сборка

При монтаже стальных пролетных строений в пролетах моста основными служат полунавесная и навесная сборка, когда пролетное строение или его часть работают как консоль. По принципиальным схемам эти способы для сплошностенчатых и сквозных пролетных строений качественно однотипны, но технология работ по сборке сквозных пролетных строений намного сложнее.

Для приведения сквозного пролетного строения к консольному виду несколько панелей пролетного строения собирают на сплошных подмостях, образуя этим противовесный (анкерный) участок, а далее ведут полунавесную сборку при вспомогательных опорах. Размещают эти опоры так, чтобы на всех стадиях сборки была обеспечена устойчивость пролетного строения против опрокидывания в продольном направлении.

Надобность в устройстве сплошных подмостей отпадает, если на берегу монтируют противовесное пролетное строение. К противовесу, собираемому из элементов последующих пролетных строений, прикрепляют монтируемую конструкцию, обеспечивая тем самым ее устойчивость против опрокидывания. Устойчивость пролетных строений во втором и последующих пролетах обеспечивают посредством их закрепления с помощью соединительных элементов к пролетному строению, смонтированному ранее. Устройство вспомогательных опор в этих пролетах может потребоваться для уменьшения возникающих от монтажных нагрузок усилий в главных балках или поясах главных ферм у корня монтируемой консоли. В случае устройства здесь промежуточных вспомогательных опор сборка будет полунавесной, а при отсутствии опор – навесной.

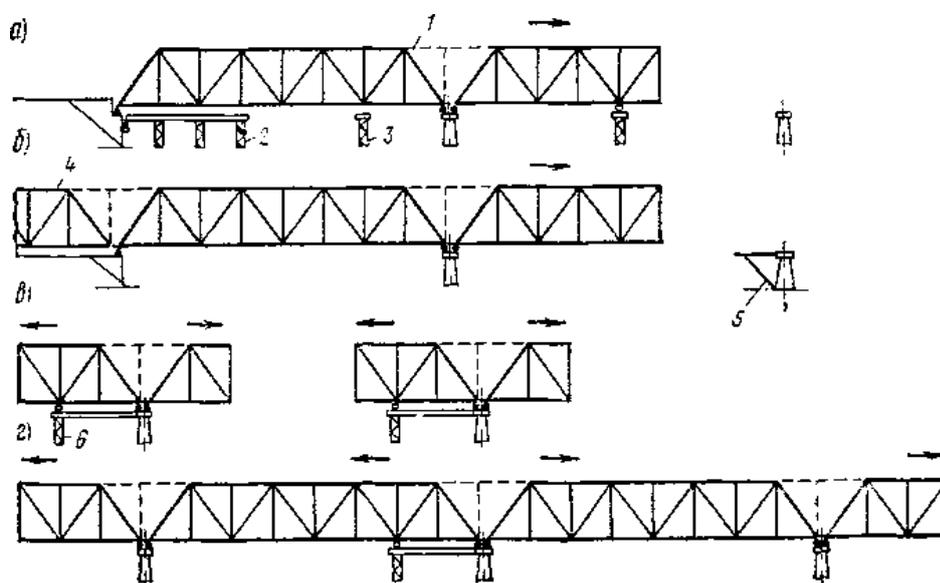


Рисунок. Схемы приведения пролетных строений к консольному виду: 1 – соединительные элементы. 2 – сплошные подмости; 3 – вспомогательные опоры; 4 – противовесное пролетное строение; 5 – приемная консоль; 6 – опорные устройства

Устойчивость собираемой конструкции (консолей) при уравновешенной навесной сборке достигается взаимным соединением пролетных строений над

капитальной опорой и устройства здесь опорной площадки. Уравновешенную сборку ведут от опор к середине пролетов или от опор к смежным опорам. В первом случае уменьшаются монтажные усилия в элементах поясов, но возникает необходимость замыкания консолей пролетных строений в середине пролета. Для этого монтажные отверстия в замыкаемых узлах сверлят на заводе на неполный диаметр и рассверливают на монтаже после наводки соответствующих элементов. Однако и при этом ввиду имеющихся неточностей в разбивке опор и длин элементов пролетных строений, а также ввиду прогибов конструкций и их температурных деформаций решение такой задачи оказывается столь сложным, что схему монтажа применяют редко.

Для уменьшения усилий в поясах пролетных строений, собираемых внавес, капитальные опоры обустраивают приемными консолями, позволяющими несколько уменьшить длину консоли пролетного строения. Однако и в этом случае усилия от монтажных нагрузок нередко превосходят усилия от нагрузок эксплуатационных, что приводит к необходимости усиления поясов фермы на стадии монтажа.

При полунавесной и навесной сборке элементы к монтажному крану подают по смонтированной части конструкции. В случае уравновешенной навесной сборки элементы подают по воде, поэтому монтажные работы зависят от режима реки и интенсивности судоходства. Наиболее удобны для полунавесной и навесной сборки краны типа жестконогих дерриков.

Главные фермы пролетных строений собирают последовательно, образуя геометрически неизменяемые секции (треугольники). В пределах каждой секции элементы устанавливают снизу вверх, с таким расчетом, чтобы ранее установленные не мешали установке последующих. При монтаже панели с нисходящими раскосами в первую очередь устанавливают нижние пояса и диагонали нижних продольных связей, установка которых на более поздних этапах оказывается неудобной. После этого собирают раскосы, обеспечивая замыкание треугольников. Затем устанавливают продольные балки, что дает возможность, нарастив пути подачи металла, подавать монтажные элементы в собираемую панель. Только после этого можно установить поперечные связи и распорку верхних продольных связей, которые при установке на более ранней стадии мешали бы подъему и перемещению монтажных элементов. После наводки поперечной балки устанавливают стойки, а затем верхние пояса. Монтаж панели завершается установкой верхних горизонтальных связей.

Для панели с восходящими раскосами порядок сборки несколько осложняется в связи с тем, что треугольники замыкаются только после установки верхних поясов, т. е. на заключительном этапе монтажа. Как и в предыдущем

случае, здесь сначала устанавливают нижние пояса и нижние горизонтальные связи. Затем монтируют продольные балки и наращивают пути подачи металла. Далее возможна сборка по двум вариантам. По первому варианту устанавливают поперечную балку, подвески и раскосы, после чего замыкают треугольники, устанавливая верхние пояса, и затем монтируют верхние связи. Недостаток этого варианта сборки заключается в том, что нижний пояс, работающий как консоль, заметно прогибается под действием нагрузки от веса подвесок. По второму варианту сначала монтируют раскосы и верхние пояса, замыкая треугольник, а затем устанавливают поперечную балку и подвески; последние закрепляют прежде в верхнем узле. По этому варианту сборки приходится подвески перемещать перед заводкой вперед за центр узла, что вызывает необходимость работы крана на несколько большем вылете, чем по первому варианту.

Такой порядок монтажа, при котором одновременно с главными фермами собирают и элементы связей, возможен, если кран установлен на верхних поясах. При работе крана с проезжей части, что иногда применяется для монтажа пролетных строений с разной высотой главных ферм, верхние и поперечные связи мешают работе крана, поэтому собирать эти связи приходится с отставанием от сборки главных ферм. Однако отставание в монтаже связей больше, чем на две панели, во всех случаях недопустимо.

Размещение крана (место его стоянки) на смонтированной конструкции определяется требованием техники безопасности, по которому подъем груза допускается только при вертикальном положении грузового полиспаста. Подаваемый под кран элемент перемещают ближе к концу консоли, а поднимают при минимальном вылете. При этом наибольший вылет, равный расстоянию от оси вращения (оси мачты) крана до конца консоли собираемого пролетного строения.

Следовательно, при полунавесной и навесной сборке кран должен работать на больших вылетах, определяемых условием установки наиболее удаленных элементов – стоек, подвесок и поперечных балок. Жестконогие деррик-краны в этих условиях – наиболее подходящий вид оборудования. Сохранение постоянной грузоподъемности при увеличении вылета обусловлено заанкериванием деррик-крана за собираемую конструкцию; грузоподъемность при этом определяется не устойчивостью против опрокидывания (как, например, для полноповоротных кранов), а несущей способностью анкеров и других элементов крана, а также несущей способностью элементов пролетного строения, воспринимающих анкерные усилия и опорные давления.

Деррик-краны располагают обычно на верхних поясах ферм, устраивая здесь рельсовый подкрановый путь. При установке крана с совмещением оси мачты с осью пролетного строения угол φ между подкосами в плане оказывается небольшим, а усилия в подкосах (при больших отклонениях стрелы в плане) чрезмерными. Поэтому для их уменьшения кран оснащают парой дополнительных боковых подкосов. Подкосы ограничивают угол поворота стрелы до $160\text{--}170^\circ$, что снижает маневренность крана и эффективность его использования на других не монтажных работах.

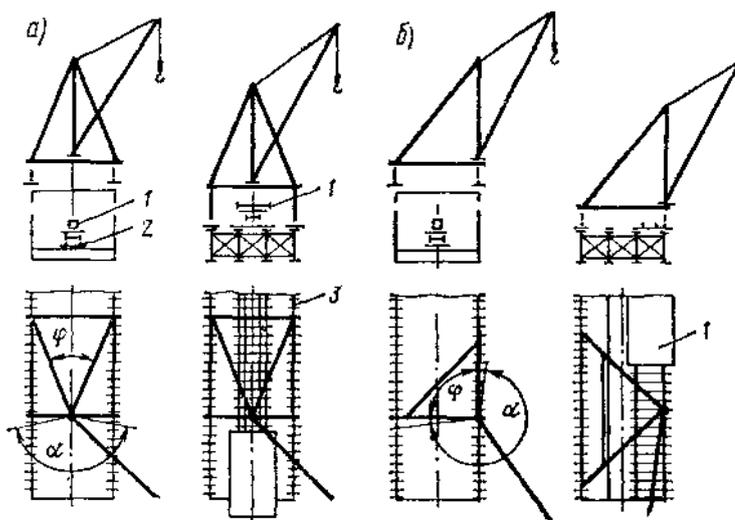


Рисунок. Схемы установки жестконогих деррик-кранов на пролетном строении: 1 – подаваемый к крану монтажный элемент; 2 – тележка; 3 – подкрановый путь

При монтаже пролетных строений с ездой поверху кран устанавливают на порталную подставку, обеспечивающую возможность подачи элементов под крюк.

Если кран устанавливают на конструкции боком, то угол между подкосами в плане составляет 90° , а угол поворота стрелы $240\text{--}260^\circ$. Такая установка крана имеет наибольшие преимущества при монтаже широких пролетных строений автодорожных и городских мостов. Конструкция крана в этом случае более проста, и его использование па других работах более эффективно.

Поскольку деррик-краны ведут сборку, находясь на собираемом пролетном строении, возникает необходимость сборки начального участка пролетного строения и монтажа деррик-крана на нем. Для этой цели часто применяют кран-перегрузатель, используемый в дальнейшем для подъема монтажных элементов в уровень проезжей части. При отсыпанных подходах, когда монтажные элементы подают непосредственно со склада, начальный участок

пролетного строения собирают на сплошных подмостях стреловым полноповоротным краном и этот же кран используют для сборки деррик-крана.

В случае уравновешенной навесной сборки, когда монтажные работы начинают от капитальной опоры, начальный участок пролетного строения и деррик-кран монтируют с помощью плавучего крана. В качестве плавучих наиболее часто используют сухопутные краны (стреловые полноповоротные или деррики), установленные на плашкоуты из инвентарных понтонов КС.

Задача монтажа начального участка пролетного строения становится сложной при большой высоте моста над уровнем воды в реке и большой высоте главных ферм, когда длина стрелы крана, находящегося внизу, оказывается недостаточной. В этом случае деррик-кран может быть собран в пониженном уровне с последующим постепенным подъемом в уровень верхних поясов пролетного строения, начальный участок которого собирают с помощью деррик-крана по мере его подъема. Деррик-кран устанавливают первоначально на консольной площадке, закрепленной к капитальной опоре. В этом положении кран собирает первую секцию пролетного строения. Далее опорные раскосы используют как основания для устройства путей, по которым кран на треугольной подъемной площадке перемещают в уровень верхних поясов. Дальнейшую сборку пролетного строения ведут обычным порядком.

Комплект монтажных работ в случае сквозных пролетных строений с ездой понизу включает не только сборку конструкций, но и демонтаж соединительных элементов. Поскольку жестконогие деррик-краны, демонтажные работы выполнять не могут, для этой цели приходится устанавливать второй кран, обращенный стрелой назад. В этих условиях более целесообразно применение монтажных кранов грузоподъемностью 50–160 кН. Кран состоит из четырех-опорного портала и подвешенной к его поперечным ригелям двухконсольной стрелы, по которой перемещается грузовая тележка. Стреле придана возможность поворота в плане, благодаря чему обеспечивается монтаж элементов каждой из главных ферм. При монтаже пролетного строения грузовая тележка перемещается по передней консоли стрелы, а при демонтаже соединительных элементов – по задней.

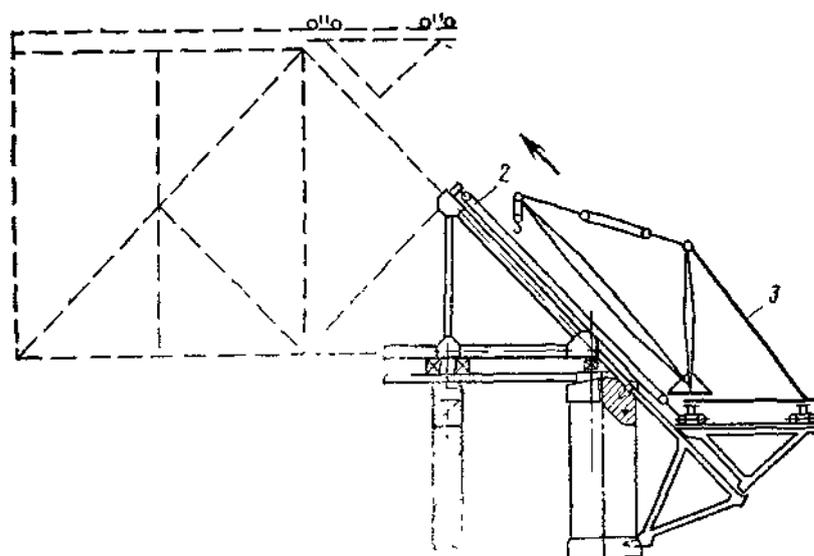


Рисунок. Кран на сборке начального участка пролетного строения: 1 – начальное положение крана при подъеме, 2 – подъемный полиспаст; 3 – конечное положение крана

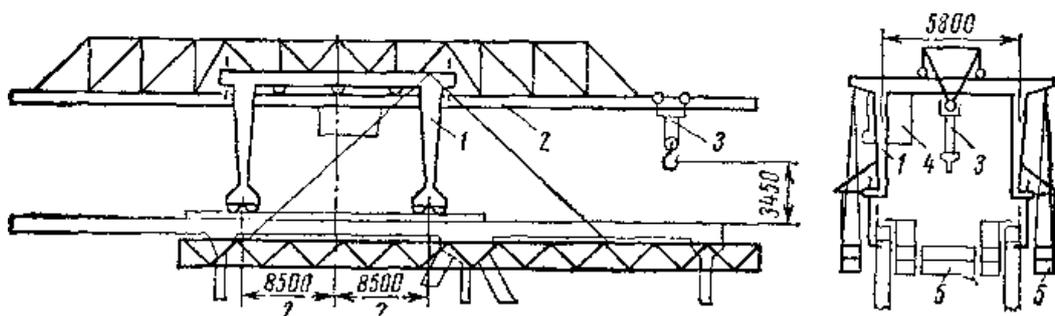


Рисунок. Монтажный кран: 1 – портал; 2 – стрела, 3 – грузовая тележка, 4 – кабина управления; 5 – подвесные рештования

Основной тип вспомогательного сооружения при полунавесной сборке – вспомогательные опоры, а при уравновешенной навесной – опорные устройства. Для повышения устойчивости пролетного строения и обеспечения более рационального размещения вспомогательных опор конец пролетного строения может быть заанкерен на капитальной опоре. Это достигается заделкой анкера в бетон опоры и закреплением его к опорной поперечной балке пролетного строения.

При сборке в первом пролете после опирания пролетного строения на очередную вспомогательную опору все предыдущие опоры из работы выключаются посредством поддомкрачивания пролетного строения и разборки клеток на предыдущих вспомогательных опорах. Если из-за недостаточной несущей способности или по другим причинам возникает необходимость в передаче

нагрузки одновременно на две временные опоры, то нагрузку на одну из них поддерживают на заданном уровне по показаниям манометра домкрата при периодическом поддомкрачивании. Нагрузку контролируют после монтажа каждой очередной секции пролетного строения. При полунавесной сборке во втором пролете статически определяемая схема опирания может быть обеспечена также путем регулирования давлений на вспомогательную опору. Однако поскольку пролетное строение в месте опирания на вспомогательную опору во втором пролете имеет обычно значительную податливость в вертикальной плоскости, регулирование давлений может быть заменено более простым регулированием положения опорных точек. По мере возрастания нагрузок и развития деформаций вспомогательной опоры положение опорных точек поддерживают на заданном уровне посредством поддомкрачивания по показаниям геодезических инструментов.

Нагрузки от пролетного строения на вспомогательную опору передаются через опорные клетки, устанавливаемые на оголовке этих опор. Ввиду значительных усилий, передающихся здесь, клетки устраиваются металлическими из перекрещивающихся рядов прокатных двутавров, оснащенных ребрами жесткости. Для регулирования высоты клеток при поддомкрачивании применяют прокладки в виде стальных листов. Если грузоподъемность одиночных домкратов недостаточна для выверки положения пролетного строения, под каждым узлом устанавливают два или несколько домкратов, объединенных в батарею.

Для уравновешенной навесной сборки наиболее экономичны вспомогательные конструкции, симметричные относительно оси капитальной опоры – основная доля вертикальной нагрузки передается в этом случае через постоянные опорные части на капитальную опору, а опорные клетки необходимы только для передачи сравнительно небольших усилий от перегрузки одной из монтируемых консолей. Конструкция, не требующая устройства временных фундаментов, при неуравновешенной нагрузке на клетки приводит к возникновению изгибающих моментов в горизонтальных сечениях капитальной опоры, которая в этих случаях должна обладать достаточной несущей способностью. Несимметричная схема устройств связана с передачей значительной нагрузки на вспомогательную опору и потому может быть оправдана, если стеснение подмостового габарита по ширине в смежном пролете недопустимо.

Последовательность устройства монтажных заклепочных и болтовых соединений связана с применяемыми типами рештований (подмостей для работающих), которые могут быть как стационарными, так и передвижными. Применяя такие рештования, работы ведут в следующем порядке. В монтируемой

панели подмостей нет, и сборку здесь ведут монтажники-верхолазы. Удобная и надежная страховка монтажников, обеспечивается натяжением вдоль верхних и нижних поясов страховочных канатов, к которым монтажники закрепляют свои предохранительные пояса. В задачу верхолазов входит заводка элементов, совмещение монтажных отверстий, постановка пробок и минимально необходимого числа высокопрочных болтов. В монтируемой панели болты натягивают пневматическими гайковертами. Для гайковертов необходимо наращивать воздушные линии подачи сжатого воздуха в монтируемую панель.

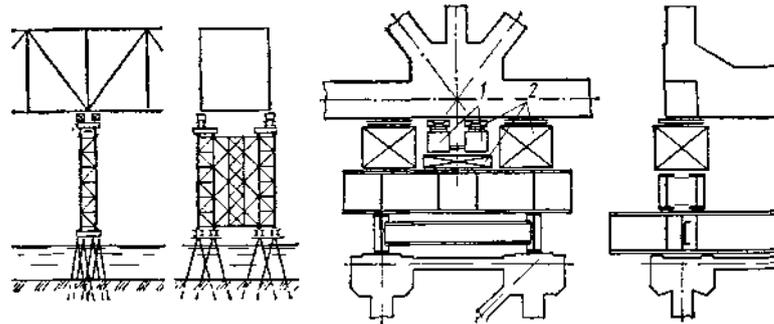


Рисунок. Схема вспомогательной опоры для полунавесной сборки и опирания пролетного строения: 1 – гидравлические домкраты, объединенные в батарею, 2 – металлические пакеты и клетки

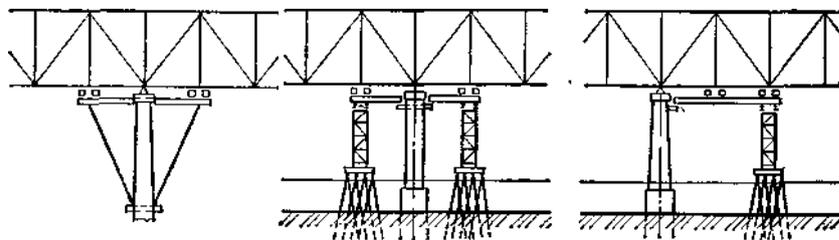


Рисунок. Типы опорных устройств для уравновешенной навесной сборки

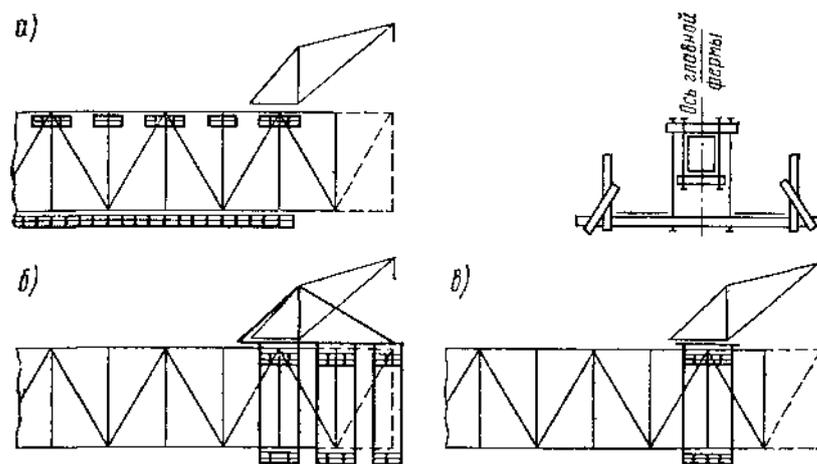


Рисунок. Деревянные рештования и деталь площадки

Выполнение последующих операций по устройству соединений без рештований затруднительно. Рештования устраивают во второй, смежной с монтируемой, панели. Устройство рештований сводится к их сборке из заранее заготовленных деревянных элементов; на этой работе обычно заняты плотники. В третьей панели, обстроеной рештованиями, монтажники завершают работы по устройству соединений, выполняя натяжение высокопрочных болтов на номинальные усилия, замену пробок и другие операции по устройству соединений.

При применении передвижных рештований работы ведут в двух панелях – монтируемой и смежной с ней. Наибольшие удобства представляют рештования, когда подмости охватывают обе панели. В этом случае элементы собирают с подмостей, т. е. без верхолазных работ.

В более легкой конструкции передвижных рештований подмости используются только для завершения работ по устройству соединений, в то время как сборку элементов, так же, как и при стационарных рештованиях, выполняют верхолазы. Эта конструкция рештований подходит для пролетных строений с большой длиной панели.

При полунавесной и в особенности навесной сборке предусматривают меры по компенсации неблагоприятного влияния прогибов консолей монтируемых пролетных строений. Повышенные прогибы могут вызвать затруднения в приеме консоли на очередной капитальной опоре. Для предупреждения этого можно сократить длину верхних соединительных элементов. Однако это вызывает усложнение заводского изготовления элементов, так как обычно для образования в них монтажных отверстий используют те же кондукторы, что и для верхних поясов ферм, а при изменении длины для образования отверстий в соединительных элементах нужна была бы специальная оснастка.

Для компенсации прогиба можно установить под задним концом противовесного пролетного строения временные опорные части пониженной высоты или нарастить временными пакетами концы пролетных строений на предыдущей капитальной опоре. Высоту временных опорных частей и высоту пакетов назначают по результатам расчета пролетного строения по второму предельному состоянию на действие монтажных нагрузок. По окончании монтажа пролетных строений временные опорные части заменяют на постоянные, а временные пакеты удаляют.

Ответственная задача при навесной сборке – контроль положения монтируемого пролетного строения и соблюдения проектного строительного подъема. Выверка собранной конструкции в данном случае невозможна из-за отсутствия в пролете опорных точек для установки домкратов, и основным способом обеспечения проектной геометрии сооружения служит тщательное совмещение монтажных отверстий при сборке элементов. Для контроля за положением пролетного строения определяют расчетом для разных стадий монтажа кривые упругих прогибов конструкции с учетом ординат строительного подъема. В процессе сборки действительные линии прогибов сравнивают с теоретическими. Выявляемые в результате сравнения кривых прогибов отклонения при навесной сборке практически не могут быть выправлены, и цель контроля заключается в установлении и устранении причин таких отклонений. В первую очередь, к возможным причинам могут быть отнесены дефекты заводского изготовления конструкций.

Пролетные строения со сплошными главными балками собирают теми же методами, что и со сквозными главными фермами. Сборочные клетки для сборки на сплошных подмостях и вспомогательные опоры при полунавесной сборке нужно располагать по осям монтажных стыков главных балок.

Относительно небольшая высота главных балок приводит к возникновению повышенных напряжений в корне консоли пролетного строения, монтируемого полунавесным или навесным методами. Заметно большими, чем при стальных конструкциях, оказываются и прогибы.

Все это вызывает необходимость значительного усиления конструкций на время монтажа, и принятия специальных мер для компенсации прогибов.

При монтаже широких пролетных строений, имеющих в поперечном сечении несколько главных балок, целесообразна последовательность сборки, которая способствует снижению напряжений в конструкции и ее прогибов. С этой целью монтаж двух средних балок ведут с опережением по отношению к крайним. Ввиду уменьшения собственного веса пролетного строения уменьшаются моменты в консоли, в то время как в наиболее нагруженном месте

пролетного строения, у капитальной опоры, работает полное число главных балок.

Совместная работа средних и крайних стальных балок в период монтажа обеспечивается за счет распределения нагрузки поперечными связями, которые должны быть соответствующим образом рассчитаны.

Принципы полунавесной сборки балочных стальных пролетных строений распространяются и на пролетные строения арочных систем. Особенности здесь замена в ряде случаев вспомогательных опор оттяжками, закрепляемыми к временным пилонам на капитальных опорах, а также установка монтажных деррик-кранов на специальные подставки с телескопическими опорами, обеспечивающими горизонтальное положение основания крана в процессе его перемещения при монтаже арки.

Тема 64. Особенности сборки сталежелезобетонных пролетных строений

Стальные главные балки сталежелезобетонных пролетных строений собирают в пролете (в проектном положении) или же на берегу с последующей установкой в пролет.

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 же постоянные поперечные связи размещают в соответствии с учетом обеспечения устойчивости (по расчету).

Основной метод сборки железобетонных плит проезжей части – установка их стреловыми полноповоротными кранами. 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.

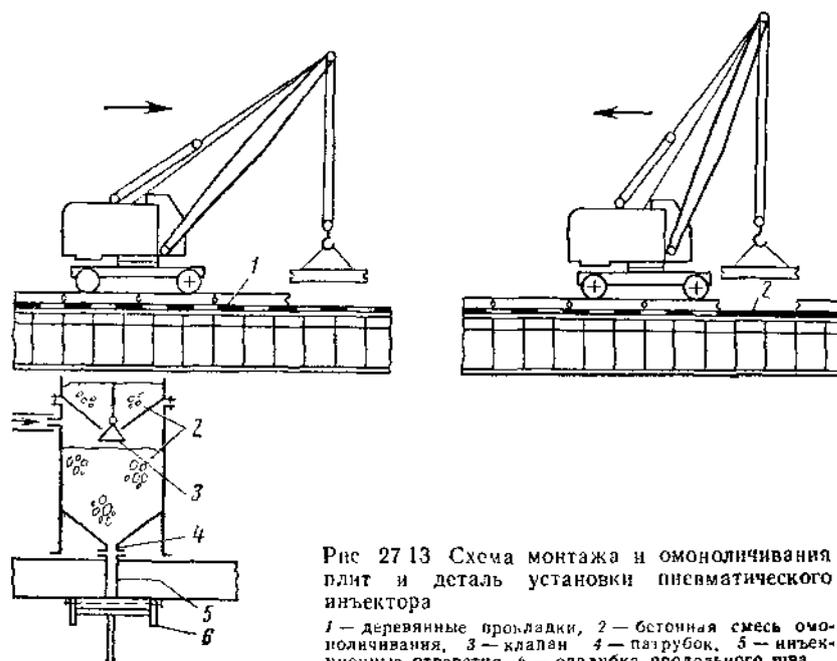


Рис 27.13 Схема монтажа и омоноличивания плит и деталь установки пневматического иньектора

1 — деревянные прокладки, 2 — бетонная смесь омоноличивания, 3 — клапан, 4 — пазубок, 5 — инъекционные отверстия, 6 — опалубка продольного шва

Рисунок. Схема монтажа плит 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 монолитизации 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 прикрепляют тоже 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 монолитизации 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.

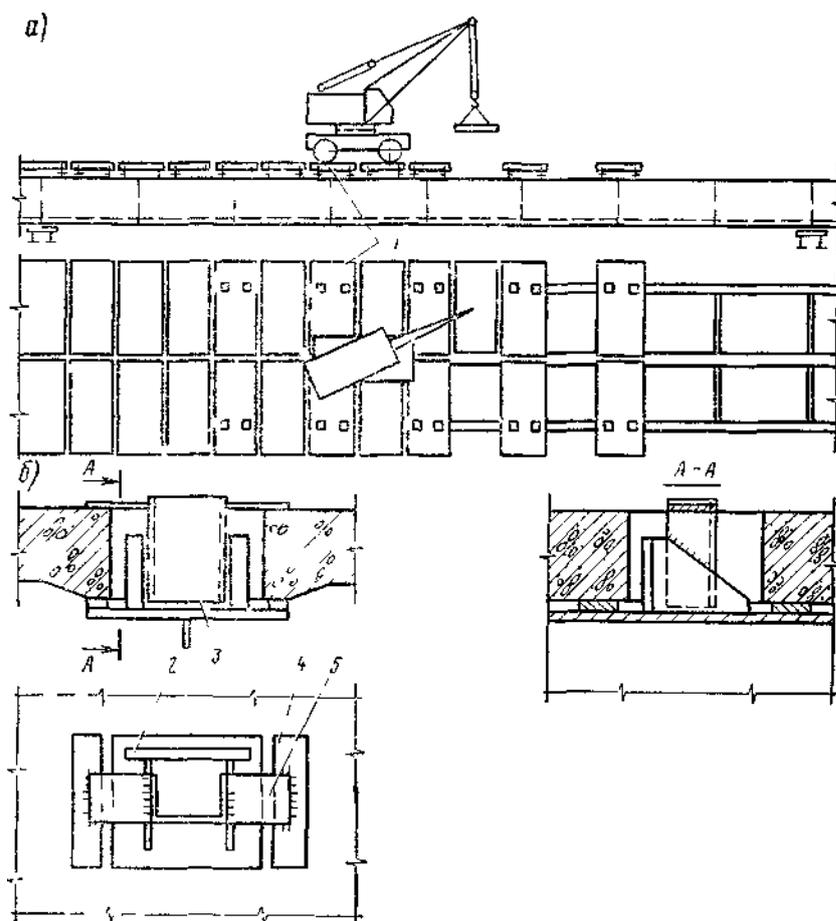


Рисунок. Схема временных верхних связей из блоков железобетонной плиты и конструкция монтажного соединения: 1 – блок плиты, закрепляемый к балке,
2 – жесткий упор; 3 – стойка, 4 – закладная в плите, 5 – переходной лист

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 надпорных 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 надпорных 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 создаваемые усилия в арматуре напряжения 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.



Рисунок. Сталежелезобетонное пролетное строение

Тема 65. Сборка вантовых и висячих мостов

Сложность монтажа вантовых и висячих мостов связана с большими перекрываемыми пролетами, с расположением конструкций (пилонов, кабелей и вант) на значительной высоте, с пониженной несущей способностью стальных балок жесткости, а также с необходимостью регулирования усилий в системе для обеспечения надежной работы конструкции на всех стадиях монтажа и эксплуатации. Последовательность сборки основных несущих элементов – пилонов, кабелей, вант и балок жесткости – зависит от системы моста.

Вантовые мосты собирают по двум вариантам. При первом варианте сначала монтируют балку жесткости и пилоны (параллельно или в любой последовательности), а затем навешивают ванты. По второму варианту собирают балку жесткости в крайних (анкерных) 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, заделывая его в балках, и в последнюю очередь монтируют подвески. Последовательность, характерная для висячих мостов распорной системы:

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

Помимо системы моста, на выбор методов монтажа основных несущих элементов влияют также размеры и вес этих элементов, их конструкция, имеющееся оборудование и другие местные условия.

Наиболее простой способ монтажа пилонов – их установка кранами. Этот способ возможен лишь при относительно невысоких пилонах (до 25–30 м); пилоны устанавливают плавучими кранами или жестконогими деррик-кранами, перемещающимися по проезжей части моста. Пилоны большой высоты могут быть установлены их подъемом и поворотом с помощью монтажной мачты. В этом случае пилон первоначально собирают в наклонном положении на балке жесткости и соединяют с опорой посредством монтажного шарнира. 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.

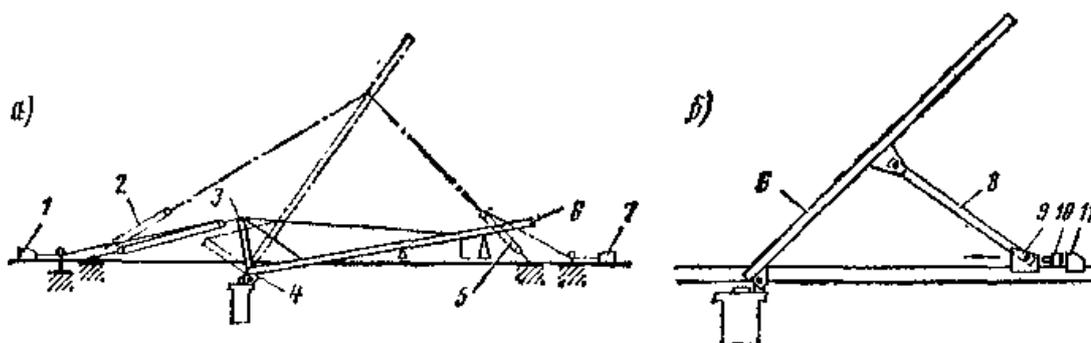


Рисунок. Схемы монтажа пилона поворотом: 1 – тяговая лебедка; 2 – тяговой полиспаст; 3 – монтажная мачта; 4 – монтажный шарнир; 5 – тормозной полиспаст; 6 – пилон; 7 – тормозная лебедка, 8 – штанга; 9 – башмак; 10 – домкрат; 11 – упор

По варианту этого способа для поворота пилона 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 поэлементно с помощью ползучих кранов, в качестве которых могут быть использованы жестконогие деррик-краны на подъемных площадках, размещаемых между ногами пилона. Сборку очередных секций пилона 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 вантовых мостов и кабели висячих изготавливают из заводских 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. При выборе типа вант и кабелей учитывают, помимо расхода металла, технологические условия изготовления и монтажа.

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.

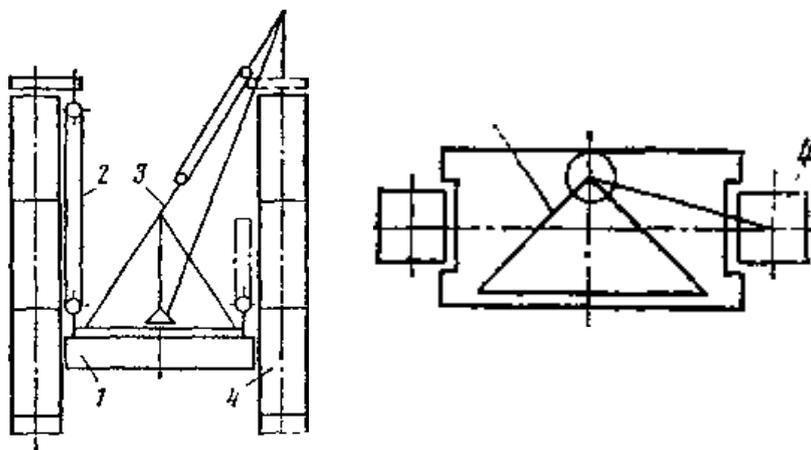


Рисунок. Схема монтажа пилона деррик-краном на подъемной площадке:
1 – площадка; 2 – полиспаст для подъема площадки; 3 – кран; 4 – пилон

Монтаж кабелей висячих мостов, как при канатах, так и при параллельных проволоках имеет общую технологическую основу, заключающуюся в том, что образующие кабель канаты или отдельные проволоки последовательно протягивают от одного конца моста через пилоны к другому и, регулируя натяжение канатов (или проволок), 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 и 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 подвергают вытяжке, разметке, резке и заделке концов в муфты. При вытяжке в канате создают с помощью домкратов усилие,

несколько превышающее расчетное усилие в стадии эксплуатации. Вытяжку, усилие которой контролируют по манометрам домкратных установок, повторяют 2–3 раза, обеспечивая полную выборку остаточных деформаций и стабилизацию модуля упругости. После разметки канат разрезают, концы заводят в муфты,

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

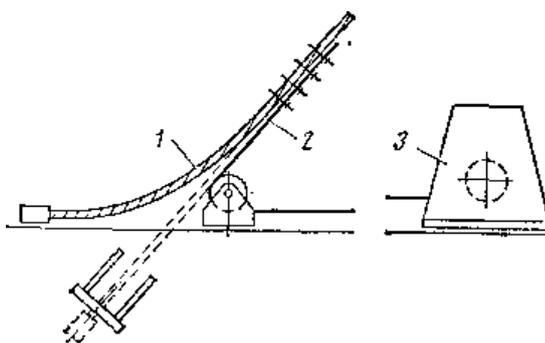


Рисунок. Схема монтажа вант: 1 – вант, 2 – вспомогательный канат ванты; 3 – лебедка

Вспомогательные сооружения для монтажа кабелей представляют собой рабочие мостики, подвешиваемые на специальных канатах несколько ниже оси кабеля. Настил и ограждения мостиков устраивают из проволоочной или капроновой сетки. 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.

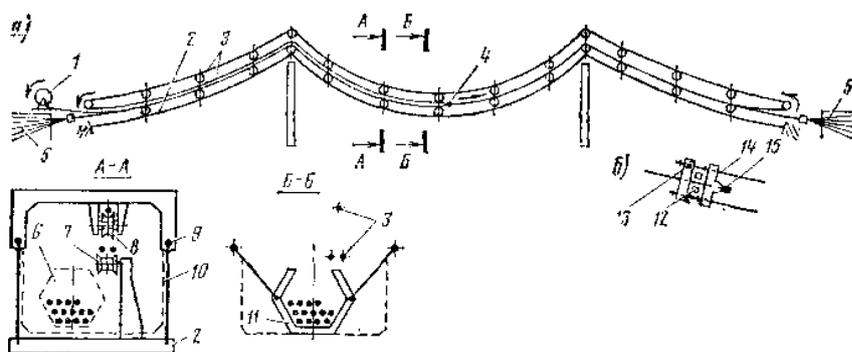


Рисунок. Схема сборки кабеля из канатов спиральной свивки и деталь устройства для натяжения каната: 1 – вертушка с бухтой каната, 2 – рабочий мостик:

3 – тяговый канат; 4 – муфта; 5 – анкер, 6 – кабель; 7 – ролик для проводки тягового каната и каната кабеля; 8 – ролик для проводки тягового каната; 9 – канат рабочего мостика; 10 – капроновая сетка; 11 – хомут для формирования кабеля, 12 – гидравлический домкрат; 13 – траверса; 14 – анкерные тяги, 15 – анкерная муфта каната

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 вантовых мостов монтируют по двум схемам, устраивая в среднем (судоходном) пролете вспомогательные опоры или же применяя навесную сборку. Устройство вспомогательных опор в крайних пролетах в обоих случаях необходимо.

По первой схеме балку жесткости собирают на насыпи подхода и устанавливают в пролет продольной передвижкой. Ввиду относительно небольшой несущей способности балки, вспомогательные опоры должны быть расставлены сравнительно часто. При достаточной глубине воды вместо продольной передвижки применяют установку на плавучих опорах, монтажные усилия в балке по этому варианту уменьшаются. Первоначально балку жесткости размещают в уровне, на 1–1,5 м превышающем проектный. После монтажа вант балку опускают в проектный уровень.

При отсутствии вспомогательных опор в среднем пролете, т. е. по второй схеме, балку жесткости в крайних пролетах собирают полунавесным способом с помощью деррик-крана, перемещающегося по собираемой конструкции. Для

уменьшения изгибающих моментов в балке над крайней вспомогательной опорой последний элемент ее можно устанавливать с помощью плавучего крана. После установки пилона переходят к навесной сборке балки жесткости в среднем пролете. Собираемую консоль наращивают до тех пор, пока изгибающий момент в сечении балки жесткости по оси пилона не достигнет предельного значения. После этого сборку приостанавливают и монтируют первую пару вспомогательных вант.

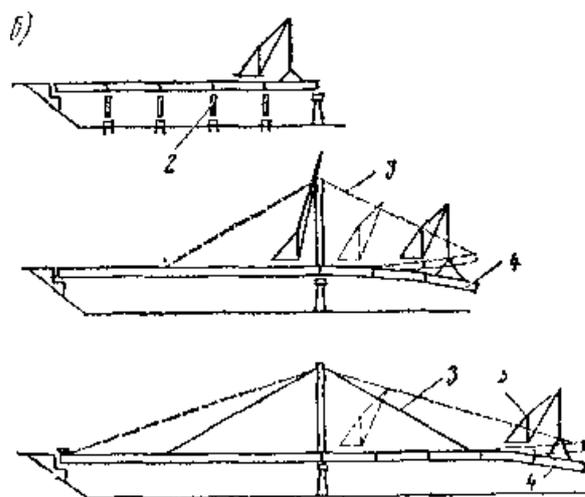


Рисунок. Схемы сборки вантового моста: 1 – постоянная ванта; 2 – вспомогательная опора; 3 – вспомогательная ванта; 4 – балка жесткости; 5 – жестконовый деррик-кран

По окончании монтажа балки жесткости монтируют основные (эксплуатационные) ванты, а затем вспомогательные ванты плавно освобождают от действующих в них усилий, передавая усилия на основные ванты с помощью домкратных установок в узлах крепления вант к балке жесткости. По мере передачи усилий регулируют напряжение в системе.

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. Для уменьшения деформаций кабеля балки жесткости собирают по этапам, прикладывая к кабелю постоянную нагрузку постепенно: например, первый этап – сборка основных несущих элементов балок жесткости, второй – сборка балок проезжей части, третий – сборка ортотропного настила или бетонирование плиты проезжей части.

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 (блоков) 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.

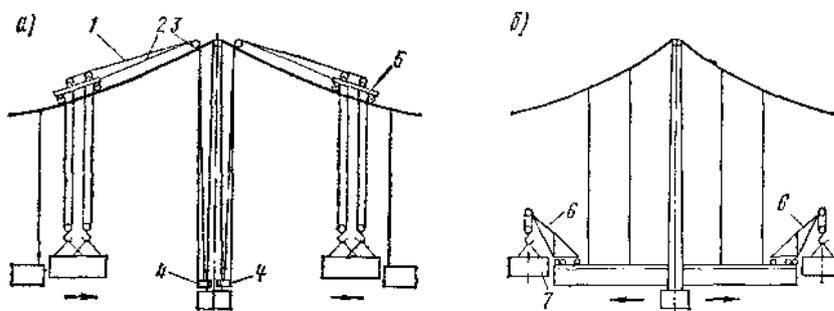


Рисунок. Схема сборки балок жесткости распорного висячего моста: 1 – грузовой канат, 2 – тяговый канат. 3 – отводной ролик; 4 – грузовые и тяговые лебедки; 5 – тележка, 6 – деррик-кран; 7 – монтажный элемент балки жесткости

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 66 Установка пролетных строений в проектное положение. Установка 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 перерывов 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.

Основные методы установки пролетных строений в пролет – это продольная и поперечная передвижка (надвижка) по капитальным и стационарным вспомогательным опорам, передвижка на катучих опорах и перевозка на плавучих средствах. Все эти методы обеспечивают горизонтальные перемещения, которые могут происходить при расположении пролетных строений в проектном или отличном от проектного уровнях. В последнем случае установка в проектное положение дополняется операциями подъема или опускания пролетных строений с помощью домкратов, полиспастов и песочниц.

Наименее сложную технологическую операцию представляет собой установка пролетных строений кранами. Для установки цельноперевозимых пролетных строений мостов под железную дорогу 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 67. Продольная и поперечная передвижка пролетных строений

При строительстве новых стальных мостов собранные на насыпи подхода пролетные строения передвигают (перекатывают) вдоль по оси моста без поперечной передвижки. Наиболее удобно двигать пролетные строения в проектном уровне. С этой целью устоя возводят до отметки подферменной площадки и до такой же отметки отсыпают насыпь подхода. После передвижки бетонируют шкафную часть устоя и досыпают насыпь до проектных отметок.

Передвижка в проектном уровне избавляет от сложной операции опускания конструкций, необходимой в случае сборки пролетных строений на полностью законченной насыпи.

Иную технологию применяют при замене пролеты строений на реконструируемых мостах. Для того чтобы перерывы движения по мосту были наименьшими, новые пролетные строения собирают и предельно надвигают параллельно оси моста. Затем старые пролетные строения поперечной передвижкой (перекаткой) снимают с капитальных опор, а новые таким же способом устанавливают на эти опоры.

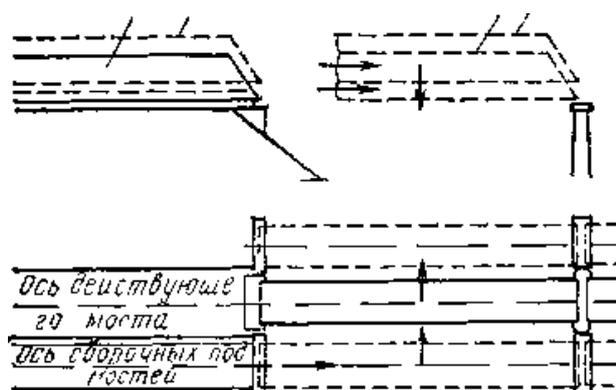


Рисунок. Схемы передвижки пролетных строений: 1 – пролетное строение в проектном уровне, 2 – то же, в повышенном

Основным вспомогательным сооружением для продольной передвижки служат перекаточные опоры, а при поперечной – пирсы. Конструкции вспомогательных сооружений зависят от типов, применяемых при надвижках ходовых частей.

В качестве ходовых частей для продольной передвижки пролетных строений со сплошными главными балками часто применяют ролики, объединяемые в каретки и устанавливаемые стационарно на насыпи, капитальные и вспомогательные опоры. Передвигаемое пролетное строение опирают на ролики через рельсы, закрепленные головками вниз к нижним поясам главных балок. Такие рельсы вместе с деревянными поперечинами образуют верхний накаточный путь. Поскольку верхний накаточный путь должен быть прямолинейным, высоту поперечин назначают с учетом кривой строительного подъема пролетного строения. Ролики делают двухребордными, что обеспечивает правильное положение пролетных строений и исключает возможность их схода с роликов в процессе перемещения. Несущая способность ролика диаметром 250 мм при диаметре оси 60 мм составляет 150 кН. Число роликов в

кадетке устанавливают в соответствии с нагрузкой на каретку; при больших нагрузках устраивают спаренные ролики, а верхний накаточный путь – из спаренных рельсов.

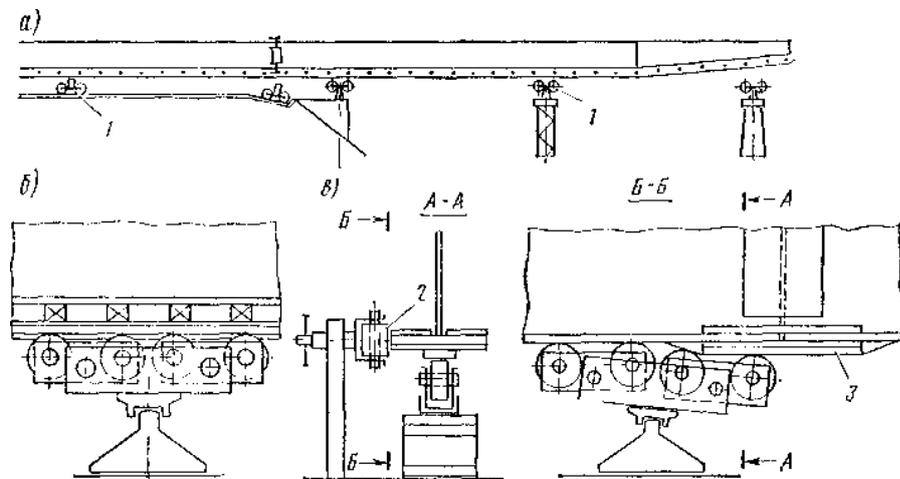


Рисунок. Расположение надвигаемого пролетного строения: а – схема расположения ходовых частей; б – деталь ходовых частей при двухребордных роликах, в то же, при безребордных: 1 – тележка для перемещения пролетного строения по насыпи, 2 – ролик, 3 – временная накладка

Ввиду свойственных пролетным строениям со сплошной стенкой повышенных прогибов при перекатке ролики объединяют в каретки по балансирной схеме так, чтобы положение роликов на каждой стадии надвигки соответствовало положению рельсов верхнего накаточного пути. Применяют каретки с числом роликов одиночных или спаренных от двух до восьми, а дальнейшее увеличение сопряжено с усложнением балансирной конструкции. Достоинства такой ходовой части в виде роликов – возможность их установки на площадках небольших размеров (на капитальных и узких перекаточных опорах), а также сравнительно простая технология передвижки пролетных строений.

Чтобы исключить верхние накаточные пути, применяют безребордные ролики, на которые пролетное строение опирают непосредственно нижними поясами балок. Для прохода через ролики поясов в местах монтажных стыков на высокопрочных болтах применяют временные накладки с отверстиями под головки высокопрочных болтов и клиновидные приставки, образующие систему переходного мостика. При безребордных роликах необходимо удерживать передвигаемое пролетное строение от поперечных перемещений. Для этого применяют ограничивающие горизонтальные ролики. По мере передвижки положение роликов регулируют с помощью винтов в соответствии с

изменяющейся (по длине пролетного строения) нижних горизонтальных листов главных балок.

Для передвижки пролетных строений со сквозными главными фермами и гибким нижним поясом ролики обычно неприменимы, так как создаваемые ими сосредоточенные реактивные давления на верхний накаточный путь вызывают недопустимые изгибающие моменты в нижних поясах ферм.

Широко распространены ходовые части в виде стальных цилиндрических катков. Помимо закрепляемого к пролетному строению верхнего накаточного пути, устраивают и нижний накаточный путь. Число рельсов нижнего накаточного пути назначают на один больше, чем верхнего; при этом их число (определяемое расчетом) должно быть тем большим, чем больше давление на путь от передвигаемого пролетного строения.

Верхние накаточные пути при продольной передвижке сквозных пролетных строений могут быть устроены не под поясами главных ферм, а под продольными балками проезжей части. Если несущая способность балок проезжей части и их прикреплений достаточна для восприятия реактивного давления со стороны накаточных путей, то верхние накаточные пути устраивают непрерывными. Это позволяет сократить ширину перекаточных опор.

Диаметры катков назначают в пределах 60–140 мм, а их длину на 20–30 см больше ширины накаточных путей. В процессе перекатки положение катков выправляют путем их подбивки, для чего расстояние между катками в свету должно быть не меньше 15 см. С учетом этого расстояния устанавливают и длину нижних накаточных путей, которая должна быть достаточна для размещения необходимого числа катков на каждом участке. Это условие также учитывают, определяя ширину перекаточных и обстроенных капитальных опор. При перекатке на катках сквозных пролетных строений, обладающих достаточной жесткостью, обычно не возникает надобности в балансирных устройствах для нижних накаточных путей. В случае же перекатки пролетных строений со сплошными главными балками такие устройства так же, как и при роликах, оказываются, как правило, необходимыми.

В отдельных случаях для продольной передвижки пролетных строений применяют ходовые части в виде тележек с устройством сплошного нижнего накаточного пути, а, следовательно, и подмостей в пролете. Ввиду высокой стоимости подмостей такие ходовые части применяют редко. Например, они могут оказаться целесообразными при передвижке пролетных строений на значительные расстояния, если по тем или иным причинам их собирают вдали от моста, или же, если новый мост строят рядом с существующим, пролетные строения которого используют в качестве подмостей. В этом случае после

продольного перемещения по старому мосту новые пролетные строения передвигают в поперечном направлении.

Удобны для передвижки пролетных строений со сплошными главными балками ходовые части в виде прокладок из фторопласта и стальных хромированных листов. Примененные первоначально для передвижки железобетонных пролетных строений эти ходовые части получили распространение и для пролетных строений металлических. Компактные ходовые части из фторопласта имеют большую несущую способность под действием вертикальных нагрузок и оказываются пригодными для передвижки тяжелых пролетных строений.

При продольной передвижке должна быть обеспечена устойчивость положения пролетных строений против опрокидывания в продольном направлении. К основным мероприятиям, обеспечивающим устойчивость, относятся устройство в пролете соответствующего числа перекаточных опор, временное объединение разрезных пролетных строений в неразрезные и устройство противовеса, а также закрепление к переднему концу пролетного строения легкой консоли аванбека. Применение перекаточных вспомогательных опор и аванбеков позволяет уменьшить в элементах пролетных строений монтажные усилия, которые в ряде случаев и в особенности для пролетных строений со сплошными главными балками могут превышать усилия от нагрузок эксплуатационных.

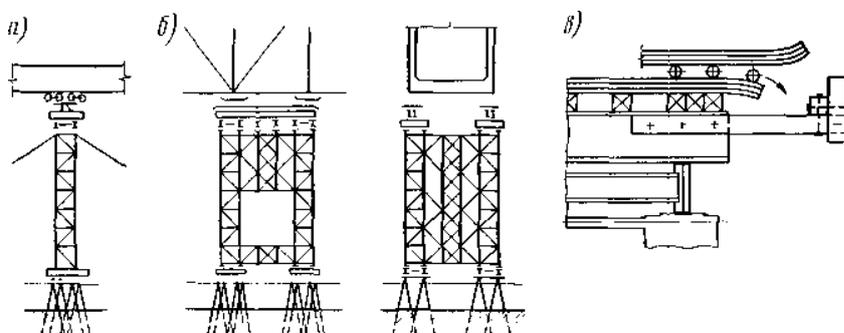


Рисунок. Размещение пролетного строения на тележках для продольной перекачки: 1 – подмости, 2 – накаточный путь, 3 – тележка

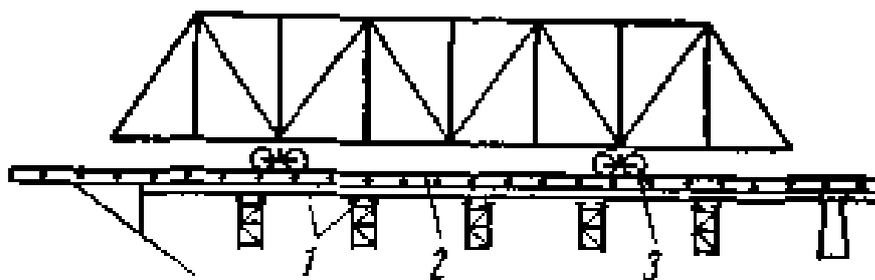


Рисунок. Вспомогательные опоры для продольной передвижки

При перекатке на роликах опора по фасаду моста имеет небольшую ширину, и для обеспечения ее устойчивости при действии продольных нагрузок от ветра и сил трения устраивают специальные расчалки. В случае продольной передвижки пролетного строения на катках рельсы нижнего накаточного пути обычно опирают на деревянные поперечины. Стыки рельсов устраивают вразбежку. Верхний балочный ростверк в виде прогонов и поперечных балок обеспечивает передачу вертикальной нагрузки в узлы решетчатой надстройки. Поверху перекаточной опоры устраивают подмости для рабочих, занятых на перекладке катков и выправлении их положения. Для приема катков, сбегających с нижнего накаточного пути, служат специальные ловители.

Конструкция пирса для поперечной перекатки имеет те же основные элементы, что и перекаточная вспомогательная опора.

Нижний накаточный путь пирса сопрягается с путем на опоре моста. По обе стороны от подферменников устраивают стыки рельсов с тем, чтобы по окончании надвижки можно было освободить подферменники и установить на них опорные части. Верхний накаточный путь для поперечной передвижки устраивают под опорными поперечными балками, а опорные узлы оставляют свободными. По окончании передвижки пролетное строение приподнимают домкратами, установленными на рельсах верхнего накаточного пути, под опорные узлы заводят опорные части и пролетное строение опускают на опорные части. Затем разбирают накаточные пути на опоре.

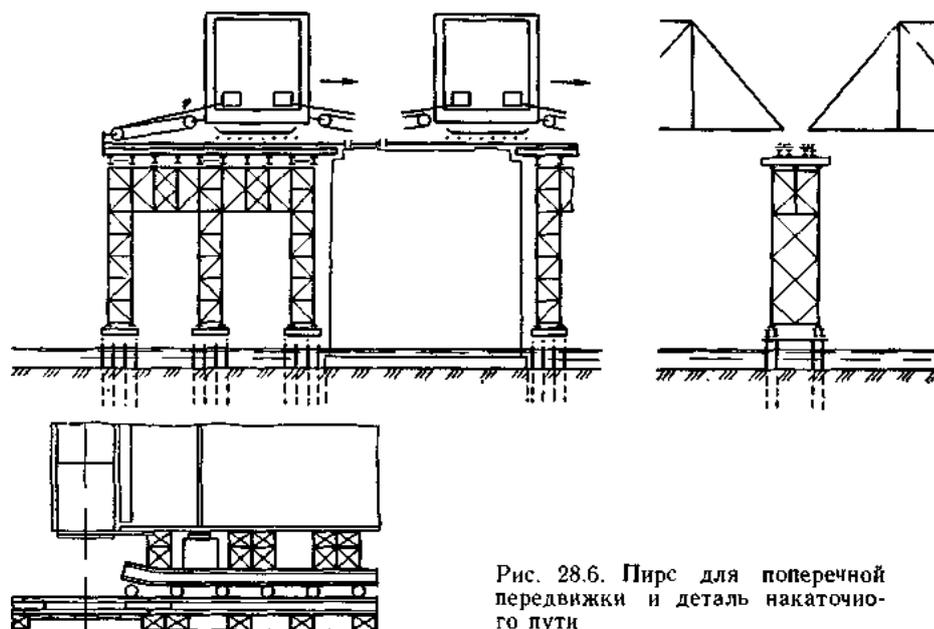


Рис. 28.6. Пирс для поперечной передвижки и деталь накаточного пути

Рисунок. Пирс для поперечной передвижки

Так как пролетные строения со сплошной стенкой при передвижке получают значительный прогиб, достигающий 2–3 м, то требуются специальные устройства в виде кронштейнов и домкратных установок для подъема пролетных строений в уровень роликов на капитальных или вспомогательных перекаточных опорах.

В случае применения аванбека его нижний пояс для компенсации прогибов устраивают наклонным. Это обеспечивает возможность въезда аванбека на ролики очередной опоры и плавный подъем консоли по мере передвижки.

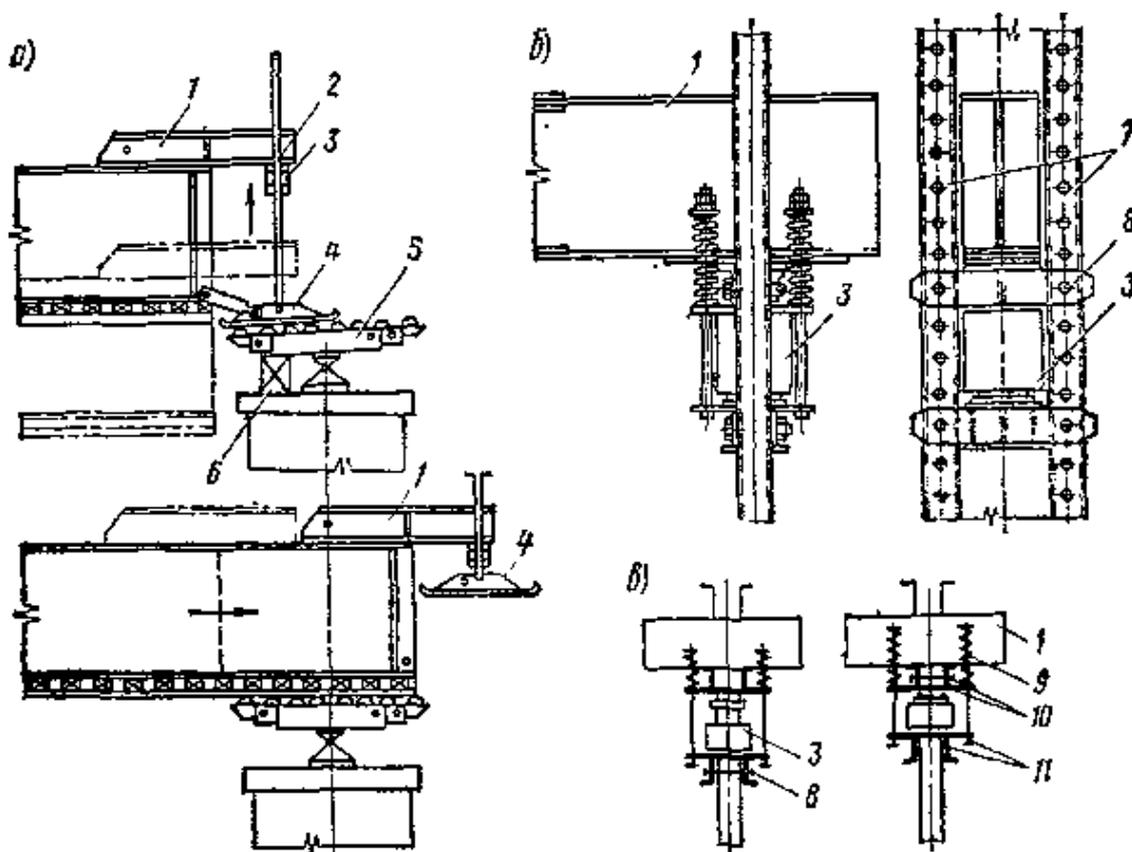
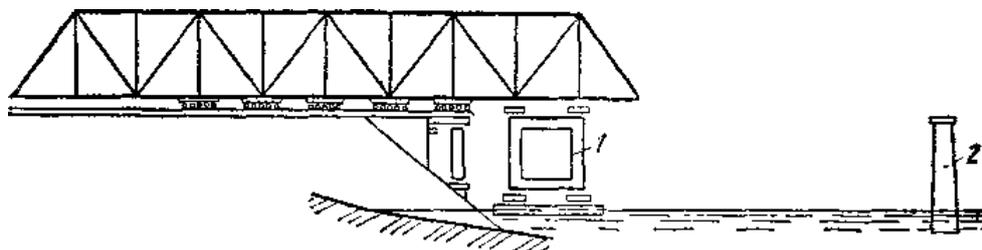


Рисунок. Устройство для подъема конца консоли передвижаемого стального пролетного строения: а – боковой вид; б – деталь установки домкрата; в – схема подъема консоли, 1 – кронштейн; 2 – подъемная штанга; 3 – домкрат, 4 – рельсовая каретка, 5 – роликовая каретка, 6 – клетка для подклинки роликовой каретки; 7 – стойки штанги; 8 – шарнир; 9 – пружина; 10 – верхние опорные листы и штанги; 11 – то же, нижние



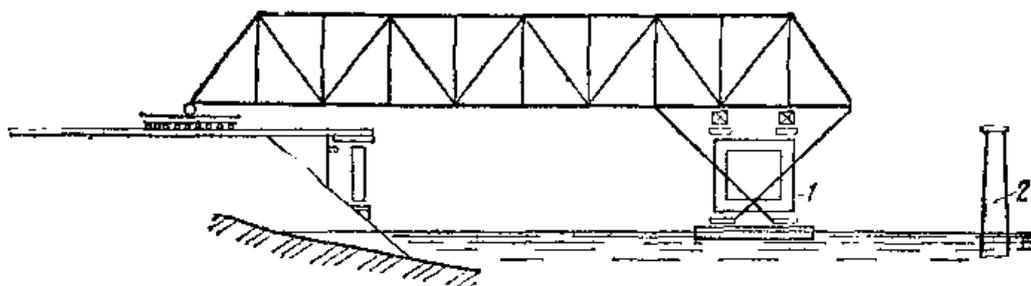


Рисунок. Схемы продольной передвижки с плавучей опорой (две рабочие позиции)

Особый случай представляет продольная передвижка с плавучей опорой. Этот способ применяют при передвижке пролетного строения в первый пролет, если по условиям судоходства или в связи с большой глубиной воды перекаточная опора не может быть допущена или нецелесообразна.

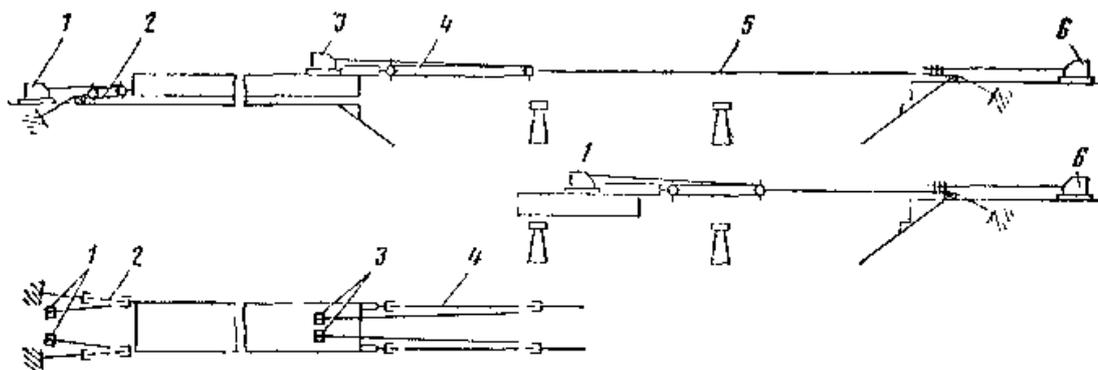


Рисунок. Схема расположения тяговых и тормозных устройств для передвижки: 1 – тормозная лебедка, 2 – тормозной полиспаст, 3 – тяговая лебедка, 4 – тяговый полиспаст, 5 – анкерный канат полиспаста, 6 – лебедка для растяжки полиспаста

В качестве тяговых средств при передвижке пролетных строений применяют лебедки и полиспасты или горизонтально устанавливаемые домкраты. При передвижке на лебедках применяют две системы полиспастов – тяговые и тормозные. Тормозные полиспасты предназначены для удержания пролетного строения от перемещений при действии ветра и от чрезмерного уклона накаточных путей, а также от упругой вытяжки канатов тяговых полиспастов, вследствие которой может быть затруднена точная наводка пролетных строений в проектное положение. Неподвижные блоки полиспастов прикрепляют к якорям (анкерам) или к капитальным опорам, подвижные – к пролетным строениям. Лебедки устанавливают на пролетные строения или на насыпи.

Скорость перемещения пролетного строения для обеспечения контроля за его положением и выполнения соответствующих операций (выравнивание катков и др.) не должна быть больше 0,5 м/мин при передвижке по катках и 2 м/мин при передвижке на роликах.



Рисунок. Подготовка пролетного строения к надвижке

Тема 68. Установка на опоры с плавучих средств

Способ перевозки на плавучих опорах применяют при сборке пролетных строений на берегу, в стороне от моста. Такая технология работ целесообразна при необходимости сокращения срока строительства путем параллельного во времени возведения опор моста и сборки пролетных строений. Перевозку на плавучих опорах применяют также при замене пролетных строений на реконструируемых мостах, меняя поочередно пролетные строения путем вывода из пролета старых и заводки новых, достигают минимальных перерывов движения по мосту.

Для сборки конструкций на берегу устраивают сборочные подмости, которые можно располагать параллельно линии берега или перпендикулярно. Для сокращения общей продолжительности работ по перевозке пролетные строения целесообразно собирать заблаговременно, перемещая поперечной

передвижкой собранные конструкции на склад. Со склада пролетные строения перемещают по пирсам в сторону реки к местам погрузки на плавучие опоры. Длину пирсов назначают такой, чтобы глубина воды в месте погрузки была достаточной для прохода плавучих опор (не менее 2 м). В необходимых случаях выполняют дноуглубительные работы. Пролетные строения перемещают по пирсам и перевозят на плавучих опорах в проектном уровне, т. е. в уровне их установки на мосту. Собирают конструкции чаще также в проектном уровне; в тех отдельных случаях, когда для уменьшения высоты подмостей и занятых под склад участков пирсов сборку ведут в пониженном уровне, необходимо устройство фермоподъемников для подъема собранных конструкций в проектный уровень.

Процесс перемещения плавучей системы в пролет моста включает три стадии. На первой стадии при выводе с пирсов плавучую систему раскрепляют на якорях, а для перемещения системы используют лебедки, на барабаны которых наматывают якорные канаты. Такой же способ перемещения и раскрепления применяют на третьей стадии, при заводке системы в пролет моста. Раскрепление на якорях препятствует перемещению системы под действием ветра и течения воды, т. е. исключает опасность начала плавучих опор на пирсы и капитальные опоры. На второй стадии для перемещения системы на относительно большие расстояния используют буксиры. Использование плавучих опор оказывается обычно оправданным при большом числе устанавливаемых пролетных строений, когда расходы на устройство вспомогательных сооружений не вызывают существенного увеличения стоимости монтируемых конструкций.

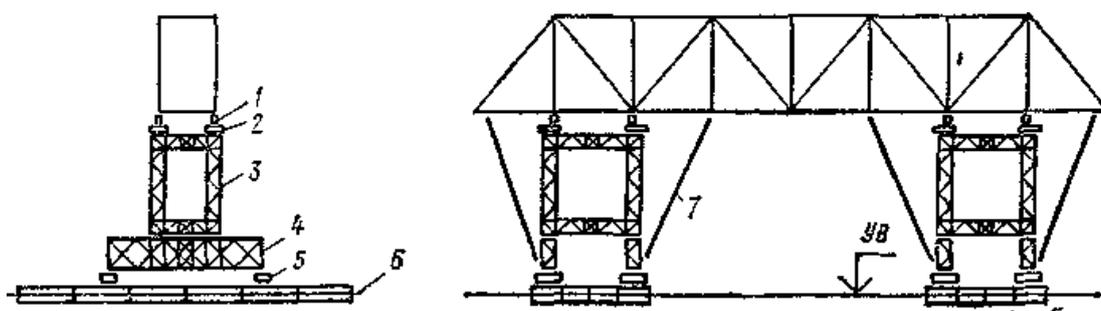


Рис. 28 13. Плавучая опора:

Рисунок. Транспортирование пролетного строения на плашкоутах из понтонов: 1 – опорная клетка; 2 – верхний балочный ростверк; 3 – надстройка; 4 – фермы усиления плашкоута; 5 – нижний балочный ростверк; 6 – плашкоут; 7 – расчалка

Перемещение пролетных строений по пирсам к месту погрузки на плавучие опоры может быть выполнено поперечной или продольной передвижкой с устройством в пирсе проемов для заводки плавучих опор.

Выбор точек опирания схемы плавучих опор для металлических пролетных строений проще, чем для железобетонных. Основными конструктивными элементами опоры служат опорные клетки, верхний балочный ростверк, надстройка и плашкоут. При недостаточной несущей способности плашкоута применяют фермы усиления. Плашкоуты опор собирают, как правило, из понтонов.

При отсутствии инвентарных понтонов в качестве плавучих средств могут быть использованы баржи. Несущая способность корпусов барж, рассчитываемых на действие изгибающих моментов от распределенных по длине полезных нагрузок (перевозимых грузов), обычно оказывается недостаточной в случае действия сосредоточенных нагрузок от пролетных строений. Возникает необходимость усиления барж.

Постоянный уровень положения перевозимого пролетного строения при колебаниях уровня воды в реке обеспечивают путем изменения объема водного балласта, а при значительных (свыше 0,2 м) колебаниях также и за счет работы домкратов или песочниц, устанавливаемых на опорных клетках.

Для балластирования плавучих опор применяют водный балласт, а в качестве балластных резервуаров используют понтоны. Балласт набирают перед снятием пролетных строений с пирсов и их погрузкой на плавучие опоры. Забалластированные плавучие опоры подводят под пролетное строение и после подклинивания опорных клеток сбрасывают балласт, обеспечивая тем самым погрузку пролетного строения. После перемещения плавучей системы в пролет моста балласт вновь набирают, благодаря чему пролетное строение опускается на капитальные опоры, а плавучие опоры освобождаются.

Для набора и сброса балласта применяют водяные насосы и систему трубопроводов с ответвлениями к каждому понтону. Водный балласт в понтоны подают через люки. Для регулирования уровня балластной воды в понтонах трубопроводы каждого понтона оснащают задвижками (кранами), а для контроля уровней применяют мерные рейки. Известен и другой метод балластирования понтонов – с помощью сжатого воздуха. Воздух подают через отверстия в палубе, а набор и сброс балласта происходит через открытые донные отверстия.

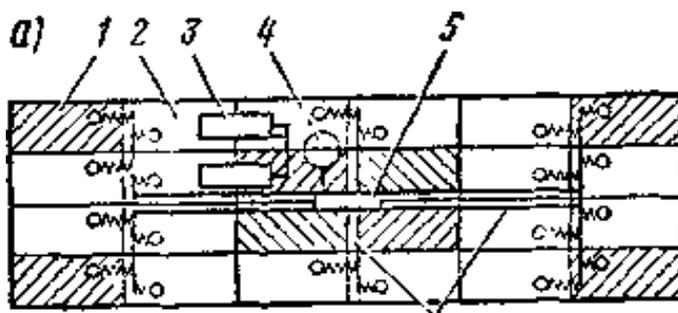


Рисунок. Воздухопроводная сеть плавкоута: а – общая схема; б – пульт управления; 1 – небалластируемый понтон; 2 – балластируемый понтон; 3 – компрессор; 4 – воздухосборник; 5 – коллектор; 6 – секционные трубопроводы; 7 – кран; 8 – ртутный манометр; 9 – механический манометр

Сжатый воздух в понтоны подают только в процессе погрузки, перевозки и разгрузки пролетных строений, так как оставлять компрессор в работающем состоянии на весь (нередко продолжительный) период между перевозками было бы нецелесообразно. Чтобы обеспечить плавучесть ненагруженной плавучей опоры, у части понтонов плавкоута донные отверстия оставляют закрытыми и эти понтоны не балластируют. Число небалластируемых понтонов определяют расчетом.

Лебедки на плавучих опорах и якоря вне их размещают так, чтобы обеспечивалось надежное раскрепление плавучей системы как при снятии пролетных строений с пирсов и опускании их на капитальные опоры, так и при перемещениях системы вблизи пирсов и опор.

Для перемещения плавучих систем применяют электрические лебедки.

По условиям техники безопасности перемещение плавучих систем допускается при ветре не сильнее 5 баллов, что соответствует скорости ветра 10 м/с и давлению 0,9 МПа, на которое рассчитывают грузоподъемность лебедок и мощность буксиров.

Примерная схема расположения якорного оборудования на плавкоуте показана на рисунке.

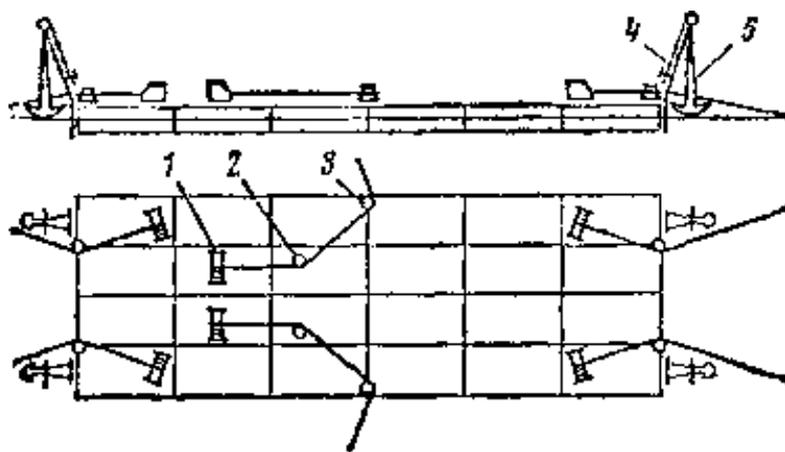


Рисунок. Расположение якорного оборудования плавучей опоры: 1 – лебедка; 2 – отводной ролик; 3 – киповая планка; 4 – мачта; 5 – аварийный якорь

Более спокойное движение и меньшие отклонения от курса достигаются при наводке систем, транспортируемых буксирами вверх по течению. Поэтому сборочные подмости и пирсы по возможности располагают с низовой стороны моста. Помимо основных тяговых, применяют и вспомогательные пеленажные буксиры, предназначенные для поворотов и изменений курса плавучих систем.

Тема 69. Подъем и опускание пролетных строений. Установка на опорные части

Необходимость подъема пролетных строений возникает при восстановлении, а также реконструкции мостов, попадающих в зону подпора вновь создаваемых водохранилищ, когда реконструкция связана с повышением уровня проезжей части моста. Может оказаться целесообразной также сборка пролетных строений в пониженном уровне с последующим подъемом до проектного уровня, например, при монтаже арочных пролетных строений с трехшарнирными или двухшарнирными арками. В этом случае полуарки доставляют в пролет на плавучих опорах в низком уровне, закрепляют пяты к балансирам опорных частей на капитальных опорах, а затем подъемом и поворотом устанавливают в проектное положение. Необходимость опускания пролетных строений возникает после продольной надвигки их в повышенном уровне, при готовых устоях и насыпях подходов. В случае замены пролетных строений иногда оказывается целесообразным старые пролетные строения разобрать, опустив их на более низкий уровень.

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. Затем процесс подъема повторяют.

При большой высоте подъема пролетного строения деревянные клетки становятся неэффективными вследствие значительных (до 1,5% высоты клеток) остаточных деформаций под нагрузкой. Это приводит к тому, что большая доля хода поршня расходуется не на подъем конструкции, а на компенсацию деформаций клеток. 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.

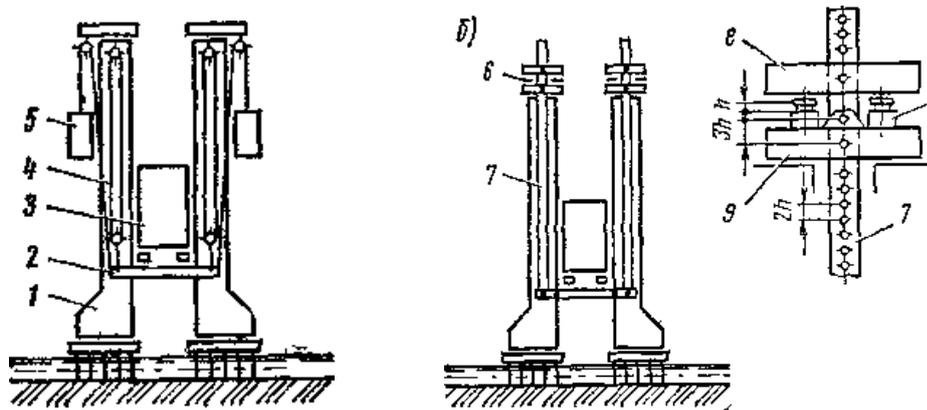


Рисунок. Устройства для подъема пролетных строений: а — полиспастный фермоподъемник; б — ленточный фермоподъемник: 1 — башня; 2 — подъемная балка; 3 — поднимаемое пролетное строение; 4 — полиспаст; 5 — противовес; в — домкрат; 7 — лента подъемника; 8 — подъемная балка верхняя; 9 — то же, нижняя

Для подъема пролетных строений на большую высоту применяют полиспастные и домкратно-ленточные фермоподъемники. Подъемники состоят из башен, занимающих по отношению к поднимаемому пролетному строению объемлющее положение, и подъемных балок, концы которых закрепляют к полиспастам или лентам. Подъемные балки подводят под пролетное строение. Полиспасты целесообразно применять с противовесами.

Подъем пролетных строений массой свыше 200–300 т приводит к чрезмерному усложнению конструкции полиспастов, поэтому в таких случаях рациональнее применять домкратно-ленточные фермоподъемники.

Опускают пролетные строения на небольшую высоту с помощью домкратов и деревянных клеток. Последовательность опускания обратна последовательности подъема. Удобны для опускания песочницы, изготавливаемые в виде стальных полых цилиндров, заполненных песком.

Установка на опорные части – ответственная операция, требующая повышенной точности выполнения. Технологический процесс включает подведение, выверку и подливку опорных частей, снятие пролетного строения с поддерживающих его конструкций (подмостей, вспомогательных опор, ходовых частей для передвижки), установку пролетного строения на опорные части.

Пролетные строения снимают с поддерживающих конструкций и опускают на опорные части с помощью гидравлических домкратов. Опорные реакции в момент установки контролируют по показаниям манометров домкратов.

Тема 70. Постройка водопропускных труб. Перевозка элементов и устройство железобетонных труб

Водопропускные трубы, устраиваемые в теле насыпи дорог, – наиболее массовые сооружения, составляющие по объему работ до 40%, а по числу до 85–90% от всех искусственных сооружений на строящейся дороге.

Круглые железобетонные трубы монтируют обычно из звеньев длиной 1 м с внутренним диаметром 0,5–2,0 м. При плотных грунтах в основании звеньев средней части трубы укладывают на слой песчано-гравелистой смеси или щебня толщиной не менее 10 см, а при слабых – на сборные бетонные фундаментные подушки высотой 35–55 см. Входной и выходной оголовки труб устанавливают на сборных бетонных фундаментах глубиной до 1,5–1,8 м. Звенья прямоугольных труб изготавливают отверстием 1–4 м и длиной 1 м. Их укладывают на фундаменты из сборных железобетонных плит. Между секциями трубы из трех-четырёх звеньев устраивают сквозные поперечные швы.

При перевозке в кузовах автомобилей или прицепов звенья укладывают горизонтально (набок) или устанавливают вертикально (стоя). Перевозка звеньев круглых труб в вертикальном положении в пересеченной местности, по целине и по грунтовым дорогам безопаснее, чем в горизонтальном. При перевозке в горизонтальном положении звенья необходимо надежно закреплять на транспортных средствах, подкладывая под них деревянные подкладки, которые для надежности надо прибить гвоздями к полу кузова. При перевозке звеньев в горизонтальном положении упрощаются и ускоряются погрузочно-

разгрузочные работы, тогда как перевозка в вертикальном положении требует дополнительной операции переворачивания звеньев при выгрузке.

Звенья и элементы оголовков и фундаментов разгружают краном. Нельзя допускать сбрасывания сборных элементов труб с автомобилей.

Котлованы для фундаментов обычно разрабатывают экскаватором, тракторным агрегатом, оборудованным бульдозером или драглайном. При котлованах шириной до 3 м применяют экскаваторы или драглайны с ковшом емкостью 0,15–0,35 м³, а при котлованах шириной более 3,0 м – бульдозеры.

Разрабатывая котлован драглайном, тракторный агрегат устанавливают на оси трубы. Грунт удаляют слоями толщиной 10–15 см, отваливая его на одну из сторон котлована на расстояние от бровки не менее 1 м. Работа тракторного агрегата с бульдозером возможна только при отсутствии грунтовых вод.

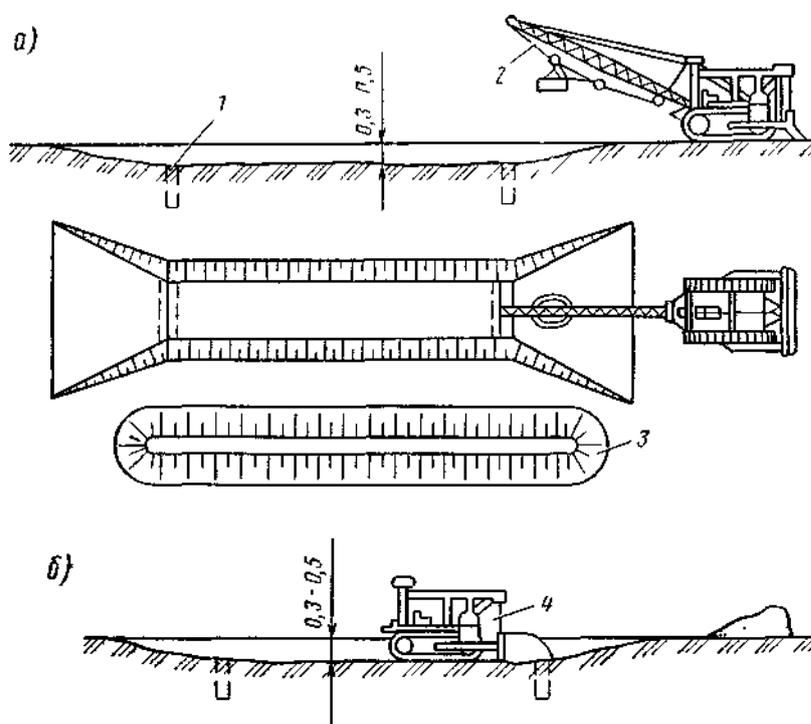


Рисунок. Схемы разработки котлована для фундамента трубы: 1 – котлованы фундаментов оголовков; 2 – тракторный агрегат с драглайном; 3 – отвал груша; 4 – тракторный агрегат с бульдозером

В этом случае грунт разрабатывают продольными проходками с глубиной резания ножа бульдозера 10–15 см и отвалом грунта за входным оголовком. Основание под трубу из гравийно-песчаной подготовки устраивают с подачей материала в котлован автомобилями-самосвалами или ковшом, подвешенным

на крюке крана. Материал разравнивают послойно с тщательным уплотнением механическими трамбовками и поливкой цементным раствором.

Сборку труб начинают со стороны выходного оголовка, последовательно укладывая все элементы в направлении входного. В том случае, когда элементы (блоки) сборного оголовка имеют перевязку с блоками фундамента, оголовки нужно монтировать одновременно с фундаментом. После установки всех элементов оголовка можно начинать монтаж тела трубы по раскладочной схеме, входящей в состав рабочих чертежей трубы на конкретный объект. Между торцами звеньев соблюдают зазор, установленный проектом с допуском +5 мм.

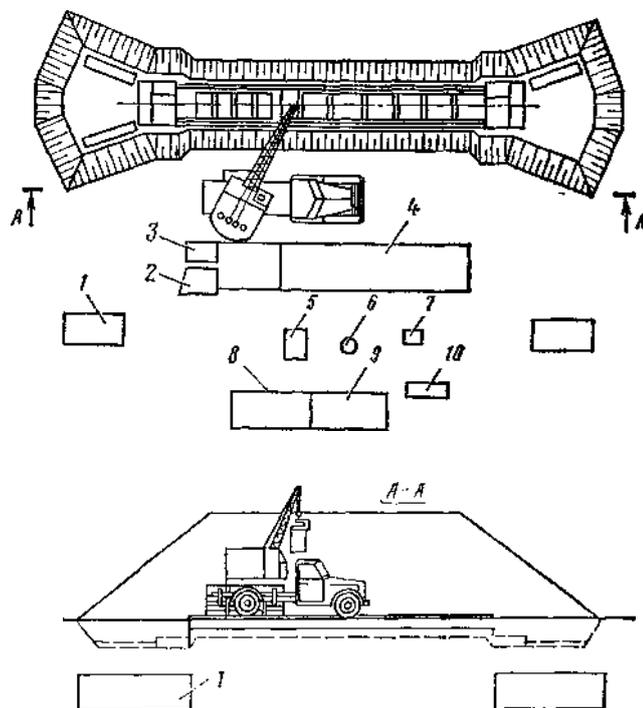


Рисунок. Схема монтажа фундамента и тела трубы краном: 1 – место складирования блоков оголовков; 2 – звено раструбное; 3 – круглое звено; 4 – место складирования звеньев. 5 – контейнер с цементом; 6 – бетономешалка; 7 – бак для воды 8 – щебень; 9 – песок; 10 – электростанция

После укладки блоков фундамента одного ряда вертикальные швы заливают густопластичным раствором через специальную воронку с уплотнением его плоской металлической трамбовкой.

При установке круглых звеньев на фундамент без применения сборных лекальных блоков зазор между нижней образующей звена и плоской поверхностью фундамента обеспечивают деревянными прокладками. Звенья укладывают на предварительно уложенный слой пластичной бетонной смеси,

обеспечивая этим плотное опирание звеньев. Если звенья труб укладывают на фундаменты из лекальных блоков, имеющих криволинейную верхнюю поверхность, как и у звеньев, то зазор не менее 2 см между нижней поверхностью трубы и блоком фундамента обеспечивают деревянными клиньями. Зазор тщательно заполняют цементным раствором. Заливают его с одной стороны звена, добиваясь, чтобы он проник на противоположную сторону. В случае необходимости раствор дополняют с другой стороны звена.

Технологическая схема и последовательность монтажа прямоугольных труб на фундаменте из блоков мало отличаются от рассмотренных для круглых труб. Прямоугольные звенья устанавливают на фундамент на цементном растворе. Для выравнивания положения звеньев по высоте применяют деревянные клинья, располагаемые под станками звеньев.

Швы между круглыми или прямоугольными звеньями после окончания сборки трубы должны быть снаружи и изнутри заполнены жгутами из пакли, пропитанной битумом, или литыми резиновыми жгутами. Жгуты, поставленные с внутренней стороны, должны быть утоплены в шов на 2–3 см.

При монтаже труб, расположенных на косогорах, в процессе подготовительных работ устраивают подъезды с площадками для стоянки крана. Для монтажа труб на косогорах более пригодны гусеничные краны грузоподъемностью 5 и 10 т. Они в косогорных условиях устойчивее и надежнее в работе. На уклонах косогора более 20% и при длине труб более 50 м применение самоходных кранов весьма затруднительно. В таких случаях для круглых и прямоугольных труб целесообразнее применять монтажно-транспортную подвесную установку. Она состоит из металлической опоры, стального несущего троса диаметром до 40 мм, грузовой тележки, тягового троса диаметром 10 мм, электрического тельфера грузоподъемностью 3 т, электрической лебедки грузоподъемностью 5 т и электростанции мощностью 40 кВт. Концы несущего троса надежно закрепляют анкерами в откосах косогора. С помощью подвесной конструкции подают и устанавливают на проектные места блоки трубы, которые подвозят по автомобильной дороге, располагаемой у выходного оголовка.

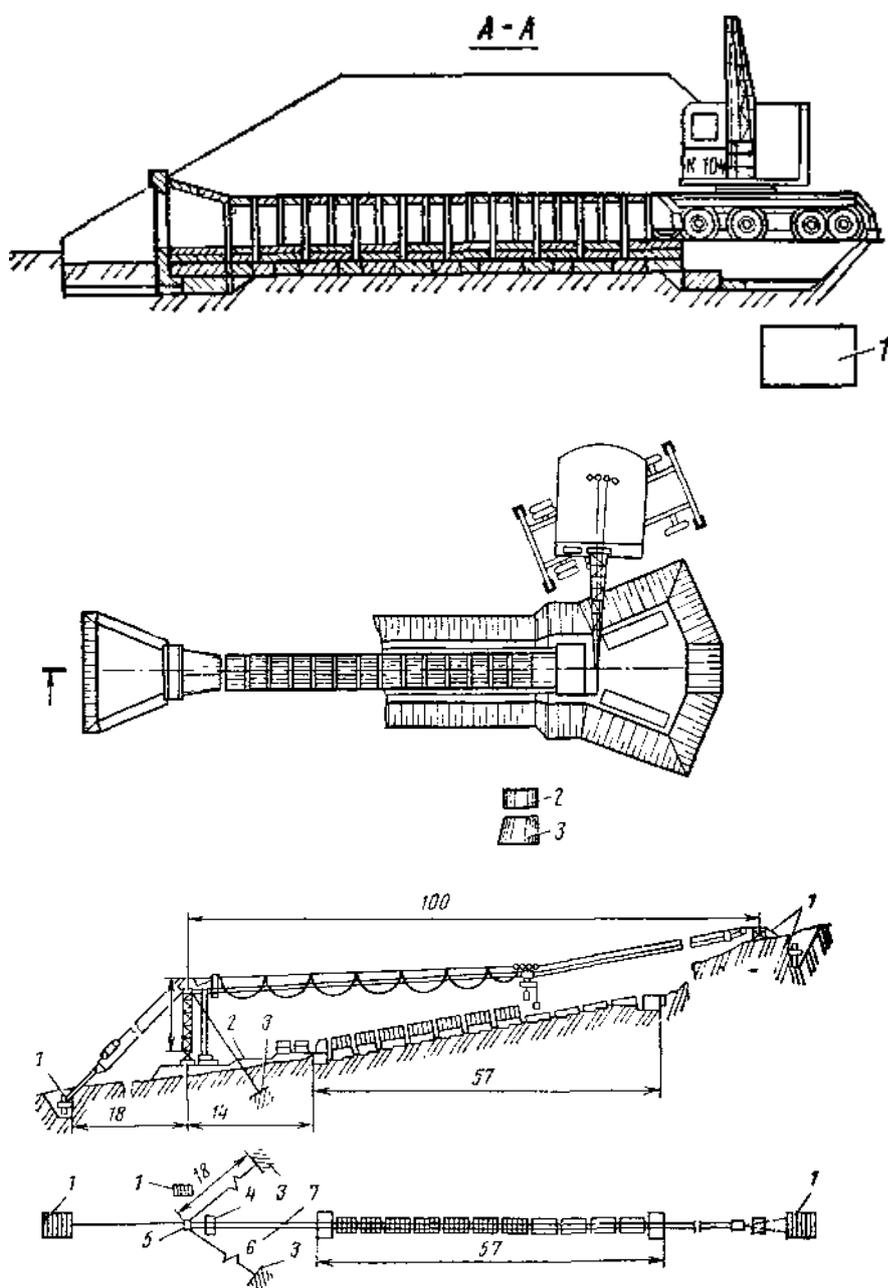


Рисунок. Схема монтажа оголовков краном:

После сборки всей трубы наружные ее поверхности, соприкасающиеся с грунтом насыпи, покрывают гидроизоляцией.

После сборки трубу частично засыпают грунтом, оберегая ее от повреждений при проходе землеройных машин и автомобилей в процессе окончательной отсыпки земляного полотна над трубой. Трубы засыпают слоем не менее 1 м над верхом звеньев, используя бульдозер или отвал тракторного агрегата.

Во избежание взаимного смещения и поломки звеньев во время механизированной засыпки необходимо пазухи круглых труб предварительно

заполнять грунтом с тщательным трамбованием. Засыпают трубы с обеих сторон равными слоями толщиной 0,20–0,40 м. Необходимо следить, чтобы в засыпку не попадали крупные камни и валуны.

Тема 71. Изготовление конструкций и постройка металлических труб

Водопрпускные трубы из металла – конструкция, обеспечивающая устройство трубы в короткие сроки и с высокой производительностью труда.

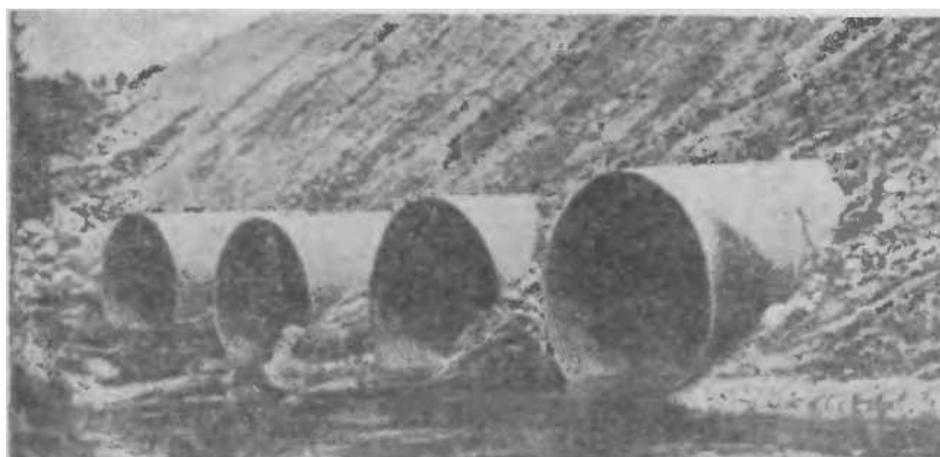


Рисунок. Водопрпускная четырехочковая труба из гофрированного металла

Водопрпускные трубы, собираемые из гофрированного оцинкованного металла, обеспечивают эксплуатационную надежность при наименьших затратах на их постройку и содержание. Применение таких конструкций позволяет сборные элементы труб изготавливать при максимальной их заводской готовности. Они имеют практически одинаковый расход металла по сравнению с потребностью в арматуре для железобетонных труб одинакового отверстия.

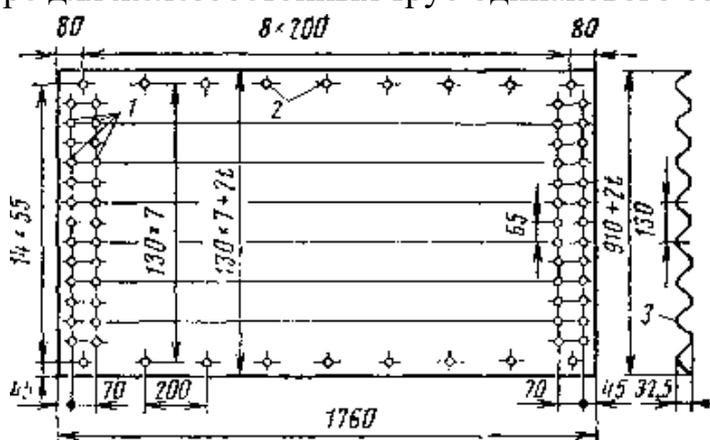


Рисунок. Развертка стандартного элемента круглых труб отверстием 1,0–3,0 м из гофрированного листа: 1 – отверстия на гребне для продольных стыков;

2 – то же, для поперечных; 3 – внутренняя поверхность. Размеры даны в миллиметрах

Металлические трубы можно устраивать отверстием 1,0–7,5 м. Обычно трубы отверстием 1–3 м имеют преимущественно круглое очертание, собираемое из листов с профилем гофрирования 130×32,5 мм и толщиной металла 1,5–2,5 мм. Трубы больших отверстий имеют как круглые, так и арочные или эллиптические очертания с более сильным профилем металла (с высотой волн до 50 мм и толщиной металла до 4–5 мм). Для изготовления труб применяют медистую сталь, а болты, шайбы и гайки – из стали

Характерная особенность металлических труб, определившая их высокую эффективность, – возможность их укладки без устройства специального фундамента. Для нормальной работы тонкостенных гофрированных конструкций весьма важна равномерная засыпка труб с обеих сторон с тщательной утрамбовкой песчаными или супесчаными грунтами без валунов и камней. Металлические трубы собирают с устройством по их продольному профилю строительного подъема лотков, который при песчаных грунтах основания составляют 1/80, а при глинистых – 1/50 высоты насыпи. Такие трубы, как правило, сооружают без устройства специальных входных и выходных оголовков. Откос насыпи и лоток возле трубы с обеих ее сторон укрепляют бетонными плитами, каменной мостовой или другим способом.

Началу изготовления на специальном промышленном предприятии элементов труб предшествует разгрузка и складирование гофрированных плоских листов, поступивших с металлургического завода в виде пакета листов, общей массой до 8–10 т. Пакеты разгружают с подвижного состава краном с помощью специальной траверсы. Пакеты гофрированных листов металла для хранения укладывают на подкладки штабелями высотой до 1 м.

Изготовление элементов металлических труб состоит из следующих технологических операций:

- 1) резки гофрированных плоских листов на заготовки необходимой длины;
- 2) гибки листов по заданному радиусу с одновременным профилированием волнистого сечения;
- 3) сверловки отверстий для стыковых соединений;
- 4) горячей оцинковки элементов.

Гофрированные трубы укладывают на подушку толщиной не менее 40 см из песчаного, песчано-гравийного или щебеночного материала, обеспечивающего равномерное опирание конструкции по всей длине. Укладывать подушку

на естественный грунт основания нужно после удаления почвенно-растительного слоя. При минимально допустимой толщине подушки в 0,6–0,8 м ее ширина должна быть не менее двух диаметров отверстия.

Трубу укладывают в ложе, спланированное специальным шаблоном, или подбивают грунт подушки под нижнюю четверть трубы. По готовой подушке собирают трубу согласно монтажной схеме. Круглая труба может быть смонтирована параллельно подушке, а затем смещена пережаткой на подготовленное ложе. Во время монтажа трубы надо следить, чтобы между соприкасающимися поверхностями головок болтов, гаек, шайб и листами конструкций не попадали частицы грунта и т. п.

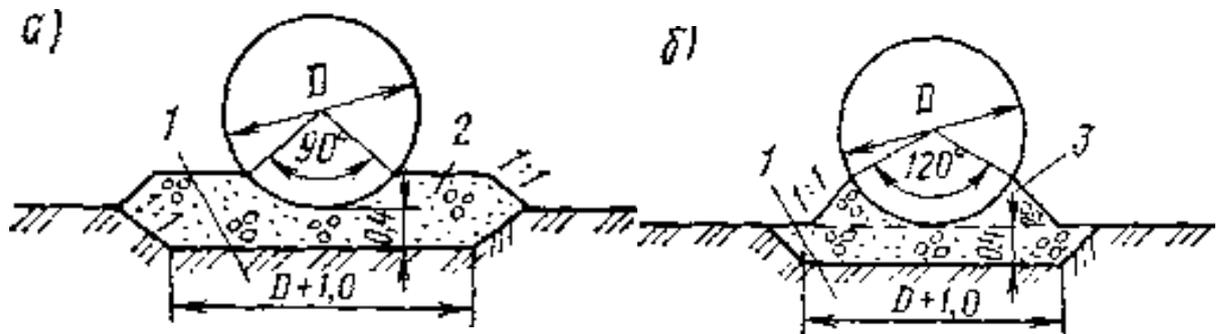


Рисунок. Основания под трубы: 1 – грунт основания; 2 – подушка; 3 – подбивка

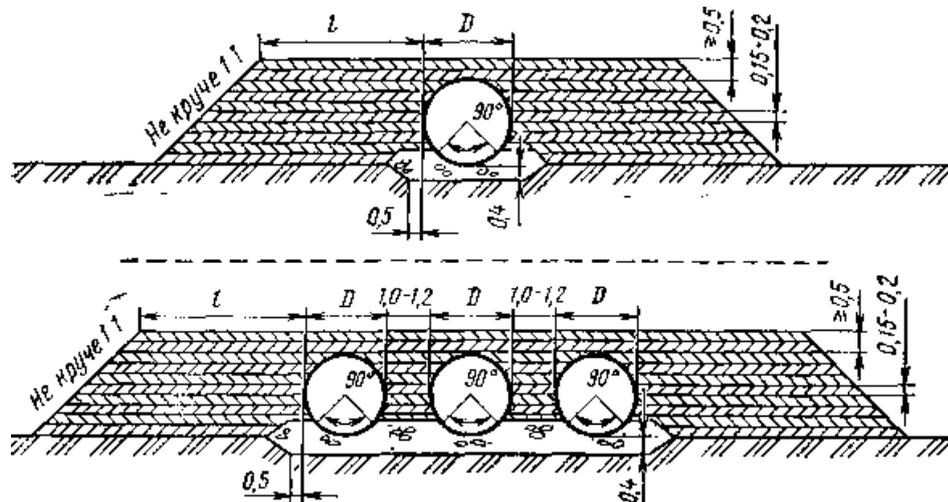


Рисунок. Послойная засыпка одноочковой и многоочковой трубы, уложенных на песчано-гравийной подушке

Наружную поверхность смонтированной трубы, расположенной в условиях агрессивной среды, до засыпки грунтом покрывают дополнительно

защитным слоем. Важная часть защиты труб, удлиняющей срок эксплуатации металлических конструкций, – устройство внутри трубы асфальтобетонного или чисто бетонного лотка в пределах 120° нижней части периметра. Асфальтобетонное или цементобетонное покрытие наносят непосредственно сверх мастики, покрывающей внутреннюю часть трубы. Слой лотка должен возвышаться над верхом гребня металла не менее чем на 2 см.

Засыпают трубу песчаными, песчано-галечными и супесчаными грунтами с послойной укладкой и тщательной равномерной трамбовкой с обеих сторон. Толщина слоев 15–20 см по всей ширине насыпи и с обеих сторон от трубы. Степень уплотнения грунта должна быть не менее 95% его максимальной стандартной плотности. Грунт в призмах около труб уплотняют.

Пазухи в многоочковых трубах заполняют грунтом также послойно и одновременно с засыпкой боковых призм на одинаковую высоту. Уплотнять грунт в непосредственной близости от трубы, а также в пазухах многоочковых труб нужно механизированным инструментом: электро-, пневмо- или мото-трамбовками. Проезд автомобилей-самосвалов и бульдозеров над трубой и организацию продольной возки грунта можно допускать при высоте засыпки над верхом трубы не менее 0,5 м.

Засыпка трубы в зимнее время возможна только дренирующим талым грунтом, без мерзлых комьев, прослоек снега и льда.

Тема 72. Строительство деревянных мостов

Деревянные мосты применяют как временные сооружения (с пролетами до 12–15 м), рассчитанные на ограниченный срок службы, а как постоянные – на дорогах низших категорий, расположенных в лесных районах.

При сооружении деревянных мостов необходимо решать задачи:

- 1) увеличения срока службы мостов;
- 2) упрощения и механизации изготовления сборных элементов и способов монтажа;
- 3) широкого использования синтетических материалов для склеивания конструкции.

Наряду с постройкой мостов полностью из дерева получают применение комбинированные решения, например, пролетные строения из антисептированной древесины, с плитой проезжей части из железобетона и опор в виде железобетонных свайных высоких ростверков.

Увеличение срока службы деревянных мостов достигается пропиткой просушенной древесины антисептиками.

Производится строительство деревянных мостов из клееных и клеефанерных конструкций. Большое разнообразие и высокие показатели синтетических

клеев, индустриальность изготовления сборных деревянных конструкций позволяют готовить на специализированных предприятиях крупные транспортабельные элементы, склеенные из пиломатериалов любой необходимой формы и сечения. Высокие прочностные свойства клееных деревянных конструкций открывают возможности широкого применения их в мостостроении, прежде всего в лесных районах нашей страны.

Для деревянных мостов применяют лесоматериалы хвойных и твердых лиственных пород. Лучшие из них – это лиственница, а также сосна и дуб. Качество лесоматериала, его сортамент и сорта регламентируются соответствующими нормативными документами.

Под склад лесоматериалов выбирают сухое возвышенное место с хорошим стоком дождевой воды. Лес укладывают на стеллажи с просветом внизу до 40 см штабелями с прокладками из досок или пластин между рядами бревен или пиломатериалов. Сложенный штабель пиломатериалов покрывают односкатной крышей из плотно расположенных досок. Между штабелями оставляют проходы и проезды не менее 2–3 м. Такие условия способствуют воздушной естественной сушке лесоматериала.

Сроки естественной сушки зависят от времени года и толщины материала. Для тонкого пиломатериала (до 50 мм) ее продолжительность в теплое время года составляет 20–30 дней, а для толстого и бревен 1,5–2 мес. Достоинство воздушной сушки – постепенное и равномерное уменьшение влажности древесины, что особенно важно для бревен и брусьев, которые в этом случае меньше растрескиваются. Значительно быстрее протекает искусственная сушка в специальных камерах горячим воздухом, паром, газом, токами высокой частоты, нагревом в петролатуме и т. д. (для досок достаточно 5–8 дней такой сушки). Искусственная сушка возможна в любое время года и с регулированием влажности материала.

Для предохранения от гниения древесину антисептируют, обрабатывая химическими веществами, введение которых создает среду, ядовитую для деструктивных грибов. При сравнительно небольших дополнительных расходах антисептирование древесины значительно удлиняет срок службы лесоматериала. Антисептики различают маслянистые, нерастворимые в воде и водорастворимые, или солевые. Маслянистые – это креозотовое, каменноугольное и антраценовое масло (карболинеум). К водорастворимым или солевым антисептикам относят фтористый натрий, кремнефтористый натрий, динитрофенолят натрия и комбинированные составы.

В мостостроении используют бакелизованную фанеру, которая является водостойким и биостойким материалом, склеенным из березового

лущеного шпона с помощью фенол- или крезолформальдегидных смол. Этот материал выпускает лесная промышленность в виде листов размерами 5600×1200, 5000×1200, 440×1200 мм и толщиной 5, 7, 10, 12, 14, 16 и 18 мм. Для мостовых конструкций нужна фанера толщиной до 12–14 мм как наиболее прочная.

Клееные конструкции пропитывают антисептиками.

Тема 73. Изготовление элементов деревянных конструкций

Лесоматериал, предназначенный для изготовления обычных деревянных конструкций, предварительно обрабатывают – сушат, сортируют, размечают, обрезают по проектным размерам, отесывают или строгают и т. д. Обрабатывают древесину с использованием всевозможных станков и электрифицированного инструмента – электропил, электрорубанков, электросверл и др. Для подгонки готовых элементов в процессе сборки и монтажа конструкций применяют ручную обработку с помощью топоров, рубанков, пил, ножовок и т. п. Для механизированной обработки лесоматериалов широко используют различные виды станков:

1) лесопильные рамы – круглопильные, маятниковые и ленточные (на рамах распиливают бревна на доски, делают продольные, поперечные и косые разрезы);

2) строгальные станки – фуговальные для острожки одной поверхности, рейсмусные для острожки с одной и двух противоположных сторон до заданной толщины, четырехсторонние для острожки одновременно со всех сторон до заданных размеров по ширине и толщине;

3) фрезерные станки для изготовления шпунтов или шипов;

4) сверлильные станки различного типа для устройства гнезд и круглых отверстий.

При изготовлении сборных деревянных конструкций на специализированных предприятиях предъявляются повышенные требования к качеству работ по созданию плотных сопряжений, аккуратной обработке элементов и соблюдению проектных размеров.

Малые допускаемые отклонения на изготовление и сборку деревянной конструкции, особенно при устройстве клеевых соединений, могут быть обеспечены только на заводах или на полигонах, в оборудованных цехах и деревообделочных мастерских. Строительный полигон, например, с двумя параллельно действующими потоками для поточного изготовления деревянных конструкций имеет в начале потока штабеля 1 сортированного лесоматериала, далее расположены в закрытом помещении цех 2 предварительной подготовки, затем цеха обработки 3 и сборки 5 и, наконец, открытый склад 6

готовых изделий. В закрытых отдельных помещениях полигона есть электроподстанция 9, склад 4 инструмента и материалов, контора 10 на полигоне, автомобильная дорога 7 с твердым покрытием и узкоколейные пути 8.

В процессе изготовления клееных конструкций последовательно выполняются следующие операции:

- 1) сушка материала до влажности 15%;
- 2) предварительная острожка;
- 3) отторцовка, сортировка и вырезка недопустимых пороков древесины с последующим склеиванием получаемых отрезков по длине в доски-заготовки;
- 4) окончательная острожка;
- 5) нанесение клея;
- 6) запрессовка элементов;
- 7) антисептирование готовых элементов.

Пиломатериал по ширине и по длине склеивают отдельно самостоятельными операциями. По длине доски склеивают на зубчатый шип. Клей готовят в ограниченных количествах, перед склейкой досок, учитывая, что его склеивающая (адгезионная) способность не превышает 3 ч.

Стальные детали приклеивают тоже в прессах под давлением 1,0–1,5 МПа при температуре 130–140 °С или с помощью шурупов. Общая продолжительность склеивания 1,5–2 ч.

Изготовление клеефанерных конструкций состоит из следующих основных операций:

- 1) поперечный и продольный раскрой листов фанеры на заготовки;
- 2) склеивание заготовок по длине с соединением в элементы «на ус»;
- 3) зачистка поверхностей фанерных элементов;
- 4) нанесение клея;
- 5) сборка и запрессовка конструкций из фанерных и дощатых элементов;
- 6) антисептирование конструкций.

Изготавливают клееные конструкции при стабильном температурно-влажностном режиме в помещении цеха.

На работах с синтетическими клеями нужно соблюдать правила техники безопасности, обязательно пользоваться спецодеждой и резиновыми перчатками, а помещение надо хорошо проветривать.

Тема 74. Постройка свайных и рамных опор

Для свайных и рамных опор требуется заготавливать сваи, насадки, направляющие каркасы, рамы и другие элементы. Деревянные сваи до забивки в грунт антисептируют устойчивыми антисептиками. Элементы каркасов готовят в мастерской строительства. Собирают каркасы на плаву, возле воды или

на причалах, в местах, удобных для последующего спуска готового каркаса по стапелю на воду или подъема его плавучим краном. Монтируя каркас, очень важно обеспечить совпадение его ячеек в разных плоскостях с направлением забивки свай. С этой целью после сборки нижней плоскости собирают на ней следующую плоскость, укладывая между ними прокладки. При этом способе для сборки каркаса достаточно приподнять верхние плоскости на проектное расстояние между ними; в таком положении закрепить стойки и поставить диагонали для обеспечения жесткости собранной конструкции. В нижней части каркаса часто предусматривают устройство ящиков (карманов) для камня, необходимого для погружения каркаса на дно реки.

Сваи погружают в грунт сваебойными снарядами с помощью копров или стреловых самоходных кранов. Наиболее удобны для погружения свай дизельные молоты с массой ударной части 400–600 кг. Для пакетных свай большой длины приходится применять дизельные молоты большого веса.

Площадку на берегу для размещения копра предварительно планируют, а при большом уклоне берега или забивке свай на мелкой воде устраивают рабочие подмости.

Забивку свай начинают после подготовки рабочей площадки и разбивки положения осей рядов и отдельных свай.

Зимой сваи часто забивают со льда. Толщина льда должна быть достаточной для пропуска копра или крана и составлять не менее 30 см. Под копер или кран необходимо укладывать деревянный настил из пластин и толстых досок для распределения нагрузок на большую площадь льда. В теплое время при глубине воды свыше 1,5–2 м сваи забивают с помощью копров или кранов, установленных на плавучие средства. При глубине воды более 3 м для правильного погружения свай целесообразно применять деревянные направляющие каркасы. После забивки и выправления сваи срезают в проектном уровне.

Установку в проектное положение блоков обеспечивают, перевозя их на плавучих опорах или же с помощью самоходных стреловых кранов, расположенных на плавучих средствах.

Тема 75. Постройка деревянных пролетных строений

Деревянные пролетные строения различного вида и размера можно изготавливать на базах, полигонах и непосредственно на стройках. Находят применение клееные пакетные и дощатые конструкции, а также клеефанерные с пролетами до 18–21 м. Наряду с такими конструкциями на построечных стройдворах для мостов с малыми пролетами (до 9–12 м) изготавливают составные пакетные прогоны на колодках или пластинчатых нагелях. Для составных прогонов подбирают и обрабатывают бревна или брусья и

[оглавление](#)

сплавивают их между собой, образуя прогоны. Окантовывают бревна и распиливают брусья на пилораме. Сверление отверстий, обрезку (поперек) и пригонку при небольших объемах работ выполняют с помощью электрифицированного инструмента, а при массовом производстве на станках, располагаемых на технологической поточной линии.

Для изготовления и перемещения тяжелых пакетных и составных прогонов в пределах открытого полигона применяют автомобильные стреловые или козловые краны грузоподъемностью 3–5 т, а при работе в зданиях – кран-балки и мостовые краны.

Отверстия в древесине для установки болтов, тяжей и нагелей сверлят на 1 мм менее диаметра нагеля, тяжа или болта. Перед установкой болты и нагели должны быть смазаны олифой или антисептической пастой. Шайбы для болтов и подкладки для тяжей должны соответствовать по толщине и площади диаметру тяжа. Нельзя устанавливать на один болт более одной шайбы. Длина нарезки на болтах и тяжах должна быть достаточной для сборки конструкции и последующей их подтяжки.

Металлические стыковые накладки и тяжи устанавливают после приторцовки всех раскосов к узловым подушкам. Тяжи натягивают в несколько приемов в направлении от конца фермы к середине. Степень натяжения проверяют деформометрами или по тону звука.

Способы монтажа, применяемые для железобетонных и стальных пролетных строений различными кранами, а также способы перевозки по воде пригодны и для постройки деревянных мостов.

Тема 76. Состав и элементы строительных площадок

Проект строительной площадки – важная составная часть проекта производства работ, от качества выполнения которой зависит эффективность строительства в не меньшей степени, чем от принимаемой технологии возведения опор и пролетных строений. В состав строительной площадки входят:

- 1) здания административно-управленческого назначения;
- 2) производственные здания и сооружения;
- 3) энергетические установки, обеспечивающие потребности строительства в электроэнергии и тепле;
- 4) устройства водоснабжения, компрессорные;
- 5) подъездные пути;
- 6) пути внутрипостроечного транспорта.

К числу производственных сооружений относятся: склады материалов и конструкций, бетоносмесительные установки и полигоны сборных

железобетонных конструкций, механические и ремонтные мастерские, деревообрабатывающие цехи и др.

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 устанавливают 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.



Рисунок. Складирование пиломатериалов на строительной площадке



Рисунок. Внутрипостроечные пути



Рисунок. Склади́рование пиломатериала на пролетном строении

Энерго- и водоснабжение

Основные источники электроэнергии высоковольтные линии общего пользования. Для получения необходимого для строительных нужд напряжения стройплощадки оснащают понизительными трансформаторами. При отсутствии внешней электроэнергии или ее недостатке применяют передвижные дизельные электростанции.

Электричество расходуется на питание:

- 1) силовых электродвигателей – приводов кранов, лебедок, компрессоров, насосов, станочного оборудования, электроинструмента и т. п.
- 2) технологического оборудования сварочных трансформаторов, устройств для электропрогрева, электротермического натяжения арматуры и др.;
- 3) осветительных установок.

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.

Мощность источников водоснабжения определяют по расчетным расходам воды для производственных и хозяйственно-бытовых нужд (работы котельных, охлаждение сжатого воздуха, поступающего в камеры кессонов, полив бетона, работа душевых и др.), а также для обеспечения противопожарных мероприятий. По расчетному расходу воды определяют мощность насосных установок, емкость резервуаров водонапорных башен, схему и диаметры трубопроводов. При повышенном расходе воды на производственные нужды (например, для промывки заполнителей бетона) организуют оборотное водоснабжение.

Требуемое для нужд строительства количества воздуха определяют исходя из условий обеспечения нормальной работы технологического оборудования (паровоздушных молотов, установок для торкретирования, горнов и др.) и пневматического инструмента (перфораторов, пневматических вибраторов, гайковертов, сверлильных машинок и др.).

Так как приводы строительных механизмов и инструмента работают при давлении сжатого воздуха 0,4–0,6 МПа, то для оснащения компрессорных станций применяют стационарные или передвижные компрессоры, вырабатывающие сжатый воздух давлением до 0,7–0,6 МПа. Наибольшее распространение получили компрессоры производительностью (по всасываемому воздуху) от 10 до 20 м³/мин. От компрессоров воздух поступает в воздухохранилища (ресиверы), предназначенные для создания его запаса и выравнивания колебаний давления.

Бетонные узлы

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 жесткоконюгие деррик-краны со стрелами большой длины. Наиболее производительная 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 транспортной 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.

Тема 77. Проектирование строительных площадок

При проектировании схем строительных площадок учитывают большое число факторов, к основным из которых относятся:

- 1) местные условия перехода – гидрологические, геологические, метеорологические, рельеф местности, зоны затопления пойм паводковыми водами, наличие свободных территорий, интенсивность судоходства по реке и др.;
- 2) схема моста и материал пролетных строений – металл, железобетон;
- 3) способы возведения пролетных строений – методы монтажа сборных или бетонирования монолитных конструкций;

4) вид подъездных путей и их расположение относительно места мостового перехода;

5) наличие или отсутствие готовых подходов к мосту.

На нешироких реках со слабым судоходством строительную площадку располагают на одном из берегов, со стороны подачи строительных материалов и конструкций, т. е. со стороны подъездных путей. При интенсивном судоходстве, когда подача грузов с одного берега затруднена, строительную площадку располагают на обоих берегах, причем одна из площадок, обычно 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 строительного-монтажных работ, сокращает сроки строительства. При строительстве мостов в условиях плотной городской застройки наличие базы сокращает потребность в свободных территориях для устройства приобъектных площадок.

Тема 78. Компоновка строительных площадок

Компоновочные схемы строительных площадок отражают технологию работ по разгрузке, складированию и переработке материалов и конструкций, изготовлению сборных элементов и подаче конструкций и элементов к месту монтажа. На схемах показывают подъездные и внутривыездные пути, а также подъемно-транспортное оборудование, используемое для погрузочно-разгрузочных работ.

Влияние на выбор схемы строительной площадки основных факторов рассмотрим на примерах.

Пример 1, Стройплощадка предназначена для строительства моста с русловыми сквозными металлическими пролетными строениями, собираемыми навесным методом, и пойменными пролетными строениями из сборных железобетонных балок, устанавливаемых на опоры на правом берегу гусеничным

краном снизу, а на левом – козловым. Материалы и конструкции подают на стройплощадку автомобильным транспортом. Подходы отсутствуют.

Стройплощадка имеет три основные производственные зоны – склад железобетонных балок, склад металла и бетонный узел.

Склад балок обслуживается козловым краном, с помощью которого балки разгружают, складывают и вновь грузят на транспортные средства для подачи к месту установки. На левый берег, в зону действия этого крана, балки подают по русловым металлическим пролетным строениям после их сборки. Балки поочередно подают на трейлере в такое положение, чтобы операции их установки на опоры или подъема в уровень проезжей части могли быть выполнены только одним поворотом крана, работающего на аутригерах.

Для обслуживания склада металла используется также пневмоколесный кран, грузоподъемность которого подобрана из условия его работы без аутригеров, что более целесообразно ввиду необходимости частых перемещений. Из-за стесненных условий принята технологическая схема склада с перемещением элементов от мест складирования на площадку очистки, а оттуда – на площадку укрупнительной сборки. Вблизи склада металла расположена компрессорная станция, оснащенная двумя воздухосборниками. Магистральные воздухопроводы от компрессорной станции направлены вдоль склада металла и вдоль монтируемого пролетного строения. Для присоединения к магистрали пескоструйных аппаратов и пневматического инструмента предусмотрены резиноканевые шланги.

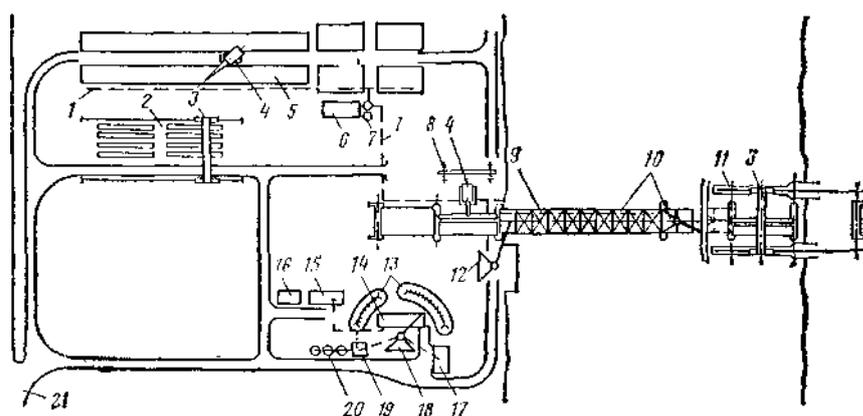


Рисунок. План строительной площадки: 1 – воздухопровод; 2 – склад железобетонных балок, 3 – козловой кран; 4 – пневмоколесный кран; 5 – склад металла; 6 – компрессорная; 7 – воздухосборники. 8 – трейлер с балкой; 9 – паропровод, 10 – монтажный кран, 11 – подкрановая эстакада; 12 – кран перегружатель; 13 – штабели заполнителей; 14 – камеры пропаривания; 15 – котельная; 17 – площадка для разгрузки заполнителей. 18 – грейферный кран; 19 –

бетоносмесительная установка, 20 – склад цемента; 21 – магистральная автомобильная дорога

Элементы со склада металла подают на автомобилях с прицепами к жестконому деррик-крану, используемому в качестве крана-перегрузателя. После подъема в уровень проезжей части элементы-балки устанавливают на транспортные тележки и подают в зону действия монтажного крана.

Доставляемые автомобилями-самосвалами заполнители для бетона укладывают в штабеля на складе кольцевого типа. Склад обслуживается жестконым деррик-краном с грейферным оборудованием. Этим же краном заполнители подают в приемные бункера бетоносмесительной установки.

Изготовление плит сборной железобетонной конструкции проезжей части русловых пролетных строений предусмотрено на полигоне строительства. Поскольку объем сборного железобетона сравнительно невелик, для обслуживания полигона используется тот же деррик-кран, имеющий для этой цели, помимо грейферного, также и грузозахватное оборудование. Плиты бетонируют в камере пропаривания ямного типа со съемным перекрытием.

Цемент, доставляемый автомобилями-цементовозами, хранится в силосных складах. Разгрузка цемента и подача его в приемные бункера бетоносмесительной установки обеспечивается пневмотранспортом. Пар для обработки бетона в камере пропаривания и для подогрева заполнителей в приемных бункерах поступает по магистральным трубопроводам от котельной. Изготовленные плиты проезжей части подают от камер пропаривания в зону действия крана-перегрузателя автотранспортом или с помощью деррик-крана, обслуживающего склады заполнителей. Затем краном-перегрузателем плиты поднимают в уровень проезжей части и отправляют к месту укладки.

Подобным же образом подают в контейнерах (бадьях) бетонную смесь для бетонирования опор. С помощью крана-перегрузателя контейнеры устанавливают на плавсредства для доставки к месту бетонирования. В зимнее время бетонную смесь перевозят автосамосвалами по льду.

Отдельные производственные зоны соединяются с ответвлениями от магистральной автодороги и между собой системой внутриплощадочных автодорог.

Пример 2. Стройплощадка организована на строительстве моста с русловыми железобетонными пролетными строениями из сборных железобетонных балок-блоков, устанавливаемыми на опоры с помощью шлюзового крана. Материалы и конструкции подают на стройплощадку по железной дороге. Подходы отсыпаны.

На строительной площадке можно выделить три основные производственные зоны:

- 1) склад железобетонных балок;
- 2) полигон для изготовления блоков сборных железобетонных конструкций вместе со складом блоков;
- 3) бетонный узел.

Склад балок обслуживается козловым краном, с помощью которого балки разгружают с железнодорожного подвижного состава, складывают и по мере монтажа грузят на транспортные вагонетки для подачи к шлюзовому крану. Рельсовый путь для вагонеток уложен по насыпи подхода и собранным пролетным строениям. Во избежание устройства высоких насыпей или эстакад под пути козлового крана склад балок расположен в том месте, где высота насыпи подхода становится небольшой.

Полигон для изготовления блоков сборных конструкций включает технологическую линию изготовления и склад готовых блоков. На технологической линии расположена площадка для арматурных работ, камеры пропаривания ямного типа для бетонирования и тепловой обработки изделий небольших размеров и массы, а также стенд для бетонирования блоков-балок русловых пролетных строений. Технологическая линия обслуживается двумя козловыми кранами. Один из них имеет небольшой пролет (около 11 м) и грузоподъемность 5 т, достаточную для подачи арматурных каркасов, монтажа опалубки и перемещения контейнеров с бетонной смесью. Двухконсольная конструкция ригеля этого крана создает удобства для разгрузки прибывающего по железной дороге арматурного металла и при приеме контейнеров с бетонной смесью, выгружаемой из бетоносмесительной установки. Второй кран, имеющий грузоподъемность около 50 т и пролет около 30 м, занимает по отношению к первому объемлющее положение. Этот кран используется для:

- 1) извлечения готовых блоков из камеры пропаривания;
- 2) снятия уже готовых блоков с плаза;
- 3) обслуживания склада конструкций; – перемещения блоков-балок русловых пролетных строений к месту их погрузки на плавучие средства, предназначенные для подачи к монтажному крану.

В соответствии с такой технологией по длине камеры пропаривания и плаза путь большого и малого порталных кранов совмещаются.

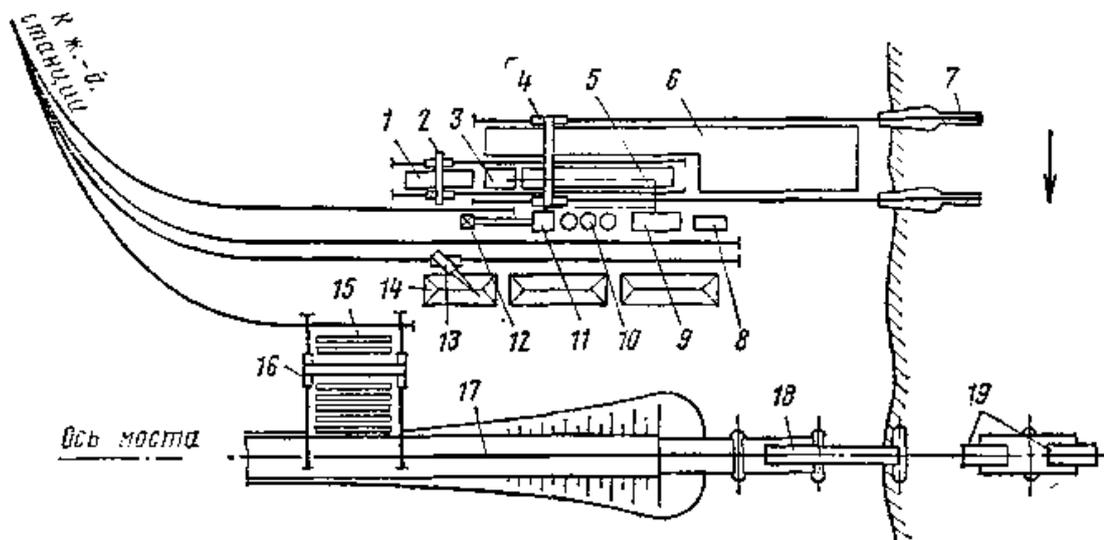


Рисунок. План строительной площадки: 1 – площадка для арматурных работ; 2 – легкий козловой кран; 3 – камера пропаривания, 4 – тяжелый козловой кран; 5 – стенд; 6 – склад железобетонных блоков; 7 – подкрановая эстакада; 8 – склад угля; 9 – котельная; 10 – склад цемента; 11 – бетоносмесительная установка; 12 – приемный бункер наклонного транспортера; 13 – железнодорожный кран с грейфером; 14 – штабели заполнителей для бетона; 15 – склад железобетонных балок; 16 – козловой кран; 17 – путь подачи балок на стройплощадку; 18 – шлюзовой кран; 19 – краны для навесного монтажа

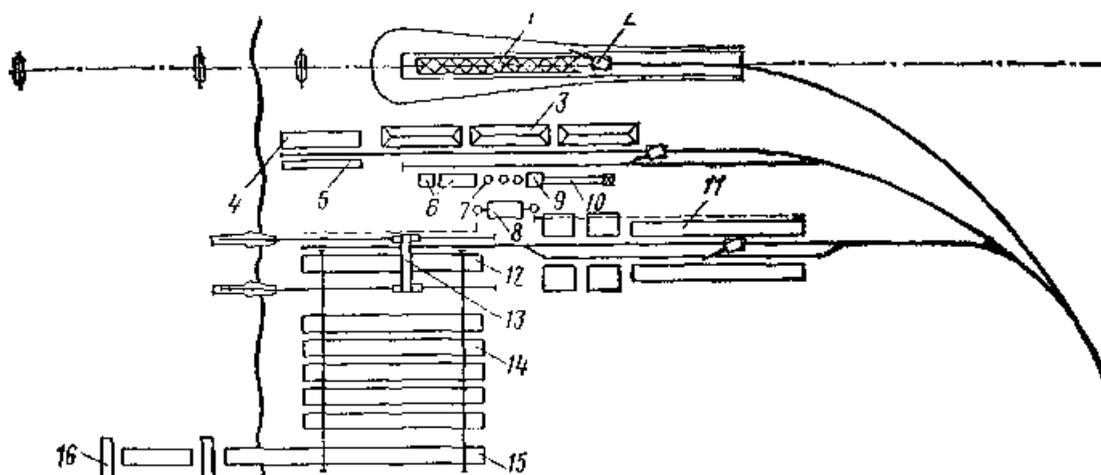


Рисунок. План строительной площадки: 1 – монтируемое сплошностенчатое пролетное строение; 2 – железнодорожный кран; 3 – штабели песка и щебня; 4 – склад железобетонных элементов; 5 – ямная камера пропаривания; 6 – котельная и склад топлива; 7 – силосный склад цемента; 8 – компрессорная; 9 – бетоносмесительная установка; 10 – наклонный транспортер; 11 – склад

металла; 12 – подмости для сборки решетчатых пролетных строений; 13 – козловой кран, 14 – склад пролетных строений; 15 – пирс для продольной перекатки; 16 – плавучие опоры

Склады заполнителей для бетона предусмотрены в виде штабелей, расположенных вдоль железнодорожных путей. Одни из путей используется для перемещения подвижного состава с песком и щебнем; по нему подается цемент и уголь. На втором пути работает железнодорожный грейферный кран по разгрузке заполнителей. Рядом с бетоносмесительной установкой расположен склад цемента. Пар к бетоносмесительной установке и камерам пропаривания подается по магистральному паропроводу от котельной.

Стройплощадка находится на строительстве моста с русловыми сквозными металлическими пролетными строениями, собираемыми на берегу и устанавливаемыми в пролет на плавучих опорах, и пойменными металлическими сплошностенчатыми пролетными строениями, собираемыми на насыпи и устанавливаемыми в пролет продольной передвижкой. Материалы и конструкции подают на стройплощадку по железной дороге. Подходы отсыпаны. Стройплощадка имеет четыре основные производственные зоны:

- 1) склад металла;
- 2) площадку сборки и склад собранных решетчатых пролетных строений;
- 3) площадки сборки пролетных строений со сплошной стенкой;
- 4) бетонный узел и полигон для изготовления сборных железобетонных конструкций.

Решетчатые пролетные строения собирают на подмостях козловым краном. Собранные пролетные строения поперечной перекаткой на тележках подаются на склад, а оттуда – на пирс для продольной перекатки к месту погрузки на плавучие опоры. Плавучие опоры заводят под пролетное строение, используя для этого имеющийся в пирсе проем.

Сплошнорешетчатые пролетные строения собирают стреловыми полноповоротными железнодорожными кранами на насыпях подходов. Монтируемые конструкции поддерживаются клетками сплошных подмостей и тележками для продольной перекатки. Элементы со склада металла подают к одному из подходов по внутриплощадочным железнодорожным путям, а к другому – на плавсредствах, причем для погрузки на плавсредства используют козловый кран, предназначенный для сборки решетчатых пролетных строений.

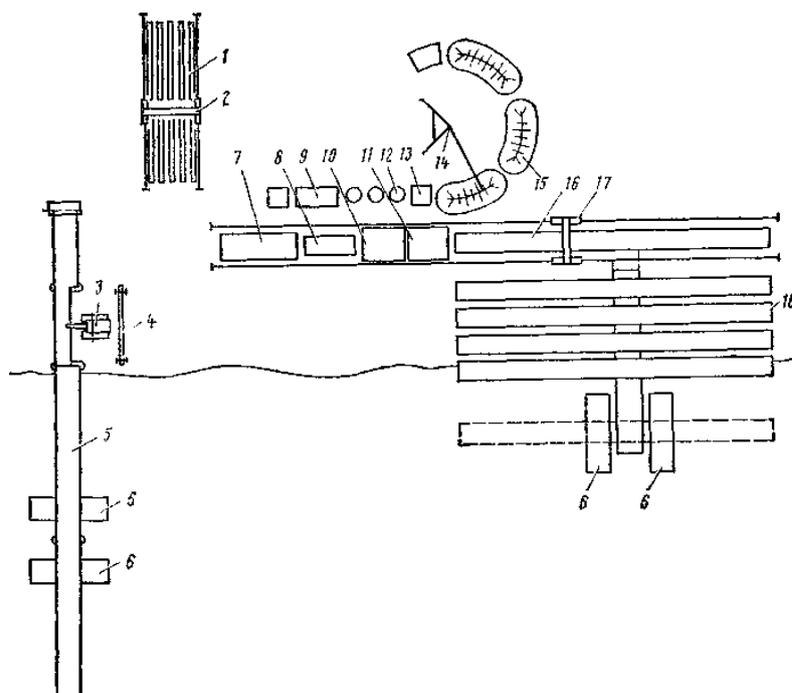


Рисунок. План строительной площадки: 1 – склад балок; 2 – козловой кран; 3 – гусеничный кран; 4 – трейлер с балкой; 5 – блок пролетного строения; 6 – плавучие опоры; 7 – склад железобетонных элементов; 8 – камера пропаривания; 9 – котельная; 10 – площадка арматурных работ; 11 – склад опалубки; 12 – склад цемента; 13 – бетоносмесительная установка; 14 – грейферный деррик-кран; 15 – кольцевой склад заполнителей для бетона; 16 – подмости для бетонирования; 17 – козловой кран; 18 – склад блоков

Пример 4. Стройплощадка обслуживает строительство моста с русловыми железобетонными пролетными строениями, бетонизируемыми на берегу и доставляемыми в пролет на плавучих опорах и пойменными железобетонными пролетными строениями из балок, устанавливаемых на опоры гусеничным краном. Материалы и конструкции подают на строительство автомобильным транспортом. Подходы отсутствуют.

Строительная площадка включает три производственные зоны:

- 1) полигон для изготовления сборных железобетонных элементов;
- 2) склад балок;
- 3) бетонный узел.

Полигон предназначен для изготовления крупногабаритных блоков (двухконсольных «птичек») русловых пролетных строений, перевозимых на плавучих опорах, и мелких элементов различного назначения, в частности, блоков сборно-монолитных опор. Для обслуживания полигона применен козловый кран. В зоне действия крана, между подкрановыми путями находится

площадка для арматурных работ, склад опалубки, подмости для бетонирования крупногабаритных блоков, камера пропаривания ямного чипа для изготовления мелких элементов и склад этих элементов. Зabetонированные крупногабаритные блоки поперечной перекачкой по пирсу перемещают на склад, а затем, по мере перевозки на плавучих опорах, – на ось погрузки. Склад балок обслуживается козловым краном, с помощью которого балки разгружают с транспортных средств и укладывают в места хранения, а затем подают на трейлеры для перевозки к месту монтажа.

Бетонный узел включает штабели заполнителей для бетона, расположенные по кольцевой схеме, склад цемента силосного типа и бетоносмесительную установку. Для обслуживания склада применен жестконогий деррик-кран.



Рисунок. Ограждение рабочей зоны на пролетном строении

Тема 79. Охрана окружающей среды

В условиях современного строительства охране окружающей среды придается первостепенное значение, для чего разрабатываются и реализуются комплексы соответствующих мероприятий.

Мероприятия по предотвращению загрязнения воздушного бассейна включают применение газо- и пылеулавливающих установок, в особенности, при погрузо-разгрузочных операциях с цементом, а также при работе котельных, вырабатывающих технологический пар и тепло для производственных и бытовых нужд. Важен периодический контроль состояния двигателей внутреннего сгорания строительных машин и транспортных средств с обеспечением содержания токсичных примесей в выхлопных газах не выше установленных норм.

На стройплощадках создаются системы очистки сточных вод, а также системы оборотного водоснабжения, в особенности, для обеспечения производственных процессов с высоким уровнем водопотребления, например, установок для промывки заполнителей для бетона и др. Шумовое загрязнение среды, в особенности, в условиях городской застройки, предотвращается путем применения соответствующих методов строительства (например, замены забивных свай на буровые, шпунтовых ограждений на ограждения типа «стена в грунте»), а также мероприятий по снижению шумности строительного инструмента.

Создание строительных площадок, в особенности, в условиях линейного строительства искусственных сооружений, нередко наносит вред природным ландшафтам, а при временном занятии сельскохозяйственных угодий – также и пахотным землям, пастбищам и др. Поэтому, весьма важны мероприятия по рекультивации территорий стройплощадок; засыпка траншей и котлованов, планировка территорий, обратный завоз растительного грунта, посадка зеленых насаждений.

ПРАКТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

ТРЕБОВАНИЯ К КУРСОВОМУ ПРОЕКТУ

Целью курсового проектирования является обеспечение практического освоения теоретического материала, выработка навыков проектирования технологии и организации строительства мостов.

В ходе выполнения курсового проекта решаются следующие задачи:

- разработка технологических схем возведения опор и пролетных строений;

- проектирование специальных вспомогательных сооружений;

- решение вопросов организации мостостроительных работ.

Пояснительная записка содержит 25–30 листов формата А4 (210×297 мм). В ней должны быть отражены:

- Краткая характеристика района строительства (климатические, геологические и гидрологические условия, рельеф местности).

- Краткое описание конструкций опор и пролетных строений с описанием технологии возведения и подбором необходимого оборудования.

- Подбор кранов для проведения общестроительных работ.

- Расчет временных вспомогательных сооружений и устройств.

- Составление ведомости потребности строительных машин и оборудования.

Графическая часть содержит 2 листа чертежей формата А1 (841×594 мм):

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

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

Для выполнения курсового проекта разработаны методические указания «Строительство мостов», расположенные в репозитории БНТУ по адресу: [HTTPS://REP.BNTU.BY/HANDLE/DATA/38235](https://rep.bntu.by/handle/data/38235) .

Согласно учебному плану на выполнение курсового проекта отведено всего 60 ч.

Примерный перечень тем курсовых проектов

1. Строительство железобетонного балочно-неразрезного пролетного строения 42-84 м с использованием временных опор.
2. Строительство железобетонного балочно-неразрезного пролетного строения 42-84 м с использованием на стационарных подмостях.
3. Строительство стального пролетного строения 42-105 м с применением навесной сборки.
4. Строительство стального пролетного строения 42-105 м с применением полунавесной сборки.
5. Строительство железобетонного коробчатого пролетного строения 42-84 м с применением полунавесной сборки.
6. Строительство сталежелезобетонного пролетного строения 42-84 м.
7. Строительство висячего моста пролетом 63-210 м.
8. Строительство вантового моста пролетом 63-210 м.
9. Строительство сборно-монолитного железобетонного моста пролетом 63-210 м.

Согласно учебному плану на выполнение курсового проекта отведено 60 ч.

Перечень тем практических занятий

Практическое занятие 1. Расчет вспомогательных устройств (строп, траверс)

На рисунке изображена схема строповки балок пролетных строений.

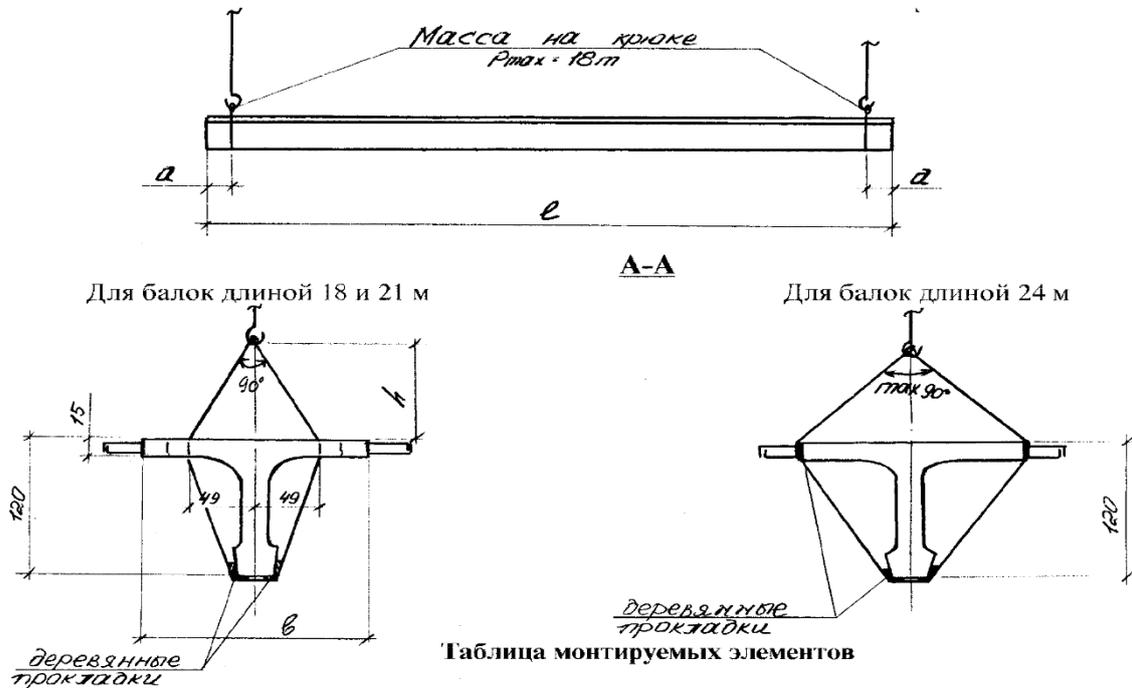


Таблица монтируемых элементов

	Марка балок	Масса, т	Размеры, см				Марка стропы
			L	A	B	h	
ПМП 92.18.00	БК 18.0 1БК18.0 2БК18.0	25,2	1800	100	191,5	95,8	$\frac{2 \text{ СКП1-4,5/ } 5100}{\text{Ø 23мм ГОСТ 3079-80}}$
	БП 18.0 1БП18.0 2БП18.0	24,02	1800	100	175	87,5	$\frac{2 \text{ СКП1-4,5/ } 5100}{\text{Ø 23мм ГОСТ 3079-80}}$
ПМП 92.21.00	БК 21.0 1БК 21.0 2БК 21.0	29,81	2100	80	191,5	95,8	$\frac{2 \text{ СКП1-5,6/ } 5100}{\text{Ø 25,5мм ГОСТ 7668-80}}$
	БП 21.0 1БП 21.0 2 БП 21.0	28,53	2100	80	175	87,5	$\frac{2 \text{ СКП1-5,6/ } 5100}{\text{Ø 25,5мм ГОСТ 7668-80}}$
ПМП 92.24.00	БК 24.0 1 БК 24.0 2 БК 24.0	34,12	2400	80	191,5	95,8	$\frac{2 \text{ СКП1-6,3/ } 6000}{\text{Ø 27,0 мм ГОСТ 3079-80}}$
	БП 24.0 1 БП 24.0 2 БП 24.0	32,63	2400	80	175	87,5	$\frac{2 \text{ СКП1-6,3/ } 6000}{\text{Ø 27,0мм ГОСТ 3079-80}}$
Уп. проект, выпуск 56	Б-9 Б-10	18,75 20,3	2216	80	139	69,5	$\frac{\text{СКП1-7,0/}}{\text{Ø 29мм ГОСТ 3079-80}}$

Стропы приняты из каната маркировочной группы 1770 (180).

Рисунок. Схема строповки балок

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

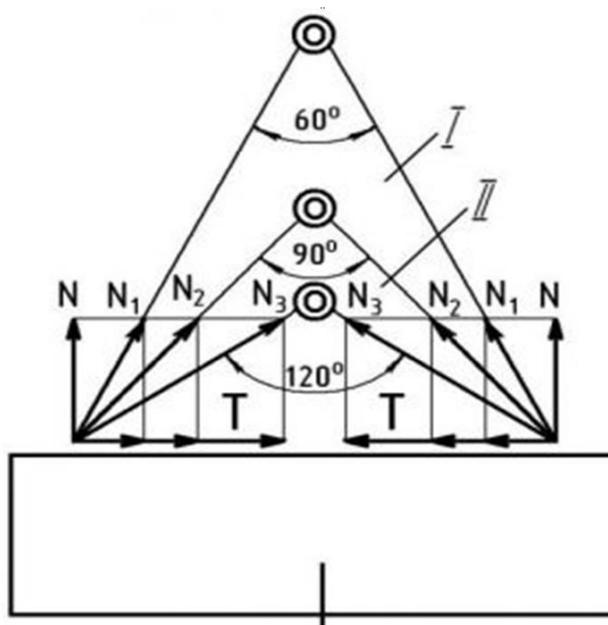


Рисунок. Схема распределения нагрузок на ветви стропа:

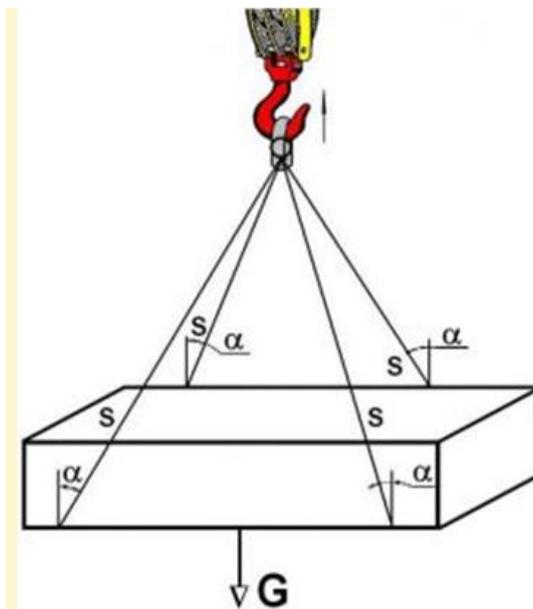
I – рекомендуемая зона захвата груза; II – нерекомендуемая зона захвата груза

где,

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

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

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



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

Рисунок. Схема натяжения стропа

Расчет усилий в ветвях стропа.

Усилие в ветви стропа, определяем по формуле:

$$S = \frac{G \times g}{k \times n \times \cos(\alpha)}, \quad (1)$$

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

G – вес груза, Н (кгс);

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

n – число ветвей стропа;

α – угол наклона ветви стропа (в градусах).

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

$$S = \frac{m \times G \times g}{k \times n}, \quad (2)$$

где: m – коэффициент, зависящий от угла наклона ветви к вертикали;

при $\alpha = 0^\circ - m=1$;
 при $\alpha = 30^\circ - m=1,15$;
 при $\alpha = 45^\circ - m=1,41$;
 при $\alpha = 60^\circ - m=2,0$.

Значения величин, применяемых в расчётной формуле (2), приведены в таблице.

Таблица. Значения величин, применяемых в расчётной формуле

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

Проверим канаты на прочность:

$$\frac{P}{S} \geq k, \quad (3)$$

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

S – наибольшее натяжение ветви каната Н (кгс);

k – коэффициент запаса прочности:

для цепных = 5;

для канатных = 6;

для текстильных = 7.

При подъеме груза массой 10000 кг, числе ветвей стропа $n=4$ и $\alpha=45^\circ$ имеем:

$$S=1,42 \times 10\,000 \times 9,8 / (4 \times 0,75) = 46390 \text{ Н}, \quad (4)$$

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

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

$$S = \frac{m \times C \times g}{A \times n \times k}, \quad (5)$$

Нагрузка на одну ветвь стропа:

$$S=10000 \times 3000 \times 9,8 / (2110 \times 4 \times 0,75) = 46450 \text{ Н}, \quad (6)$$

т. е. также равна ~50 кН

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

Грузозахватные приспособления проверяют осмотром и испытанием. Освидетельствованию они подлежат перед вводом в эксплуатацию и периодически во время работы.

Таблица. Нормы и сроки освидетельствования грузозахватных средств*

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

* Примечание:

– Оберман Я. И. Строповка грузов. / Справочник; М. изд. Металлургия. 1990 г. 336 с. (смотреть 224 стр.)

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

Таблица. Типы грузовых канатных строп и их условное обозначение

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

Универсальный, исп. 1	-	-	УСК1	0,5.....32,0
Универсальный, исп. 2	-	-	УСК2	0,5.....32,0

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

Коэффициент запаса прочности стропов по отношению к расчетному разрывному усилию каната принимают не менее 6.

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

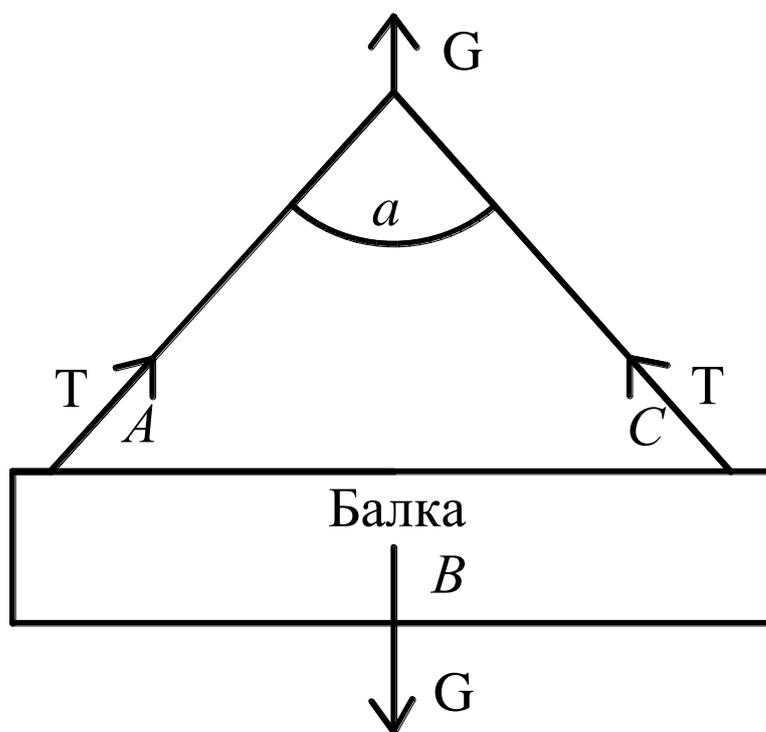


Рисунок. Схема строповки двухветвевым стропом

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

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

$$T = \frac{1}{2 \times \cos \frac{\alpha}{2}}, \quad (7)$$

Повторим расчет для других углов и построим в Excel график, показывающий зависимость усилия в ветвях стропа « T » от угла их.

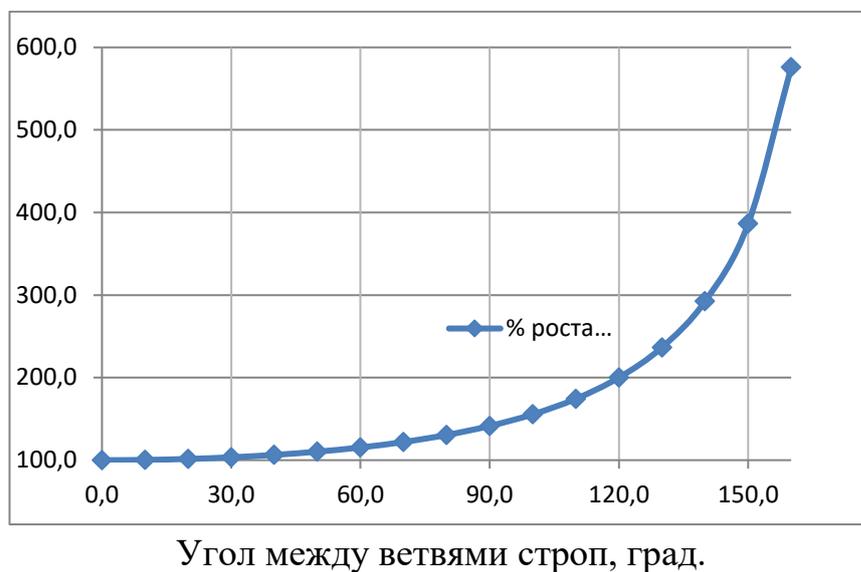


Рисунок. Зависимость усилия в ветвях стропа от угла их наклона

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

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

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

Грузовые канатные стропы (рисунок) изготавливают следующих типов:

1СК - одноветвевые;

2СК - двухветвевые;

3СК - трехветвевые;

4СК - четырехветвевые (исполнений 1 и 2);

СКП - двухпетлевые (исполнений 1 и 2);

СКК - кольцевые (исполнений 1 и 2).

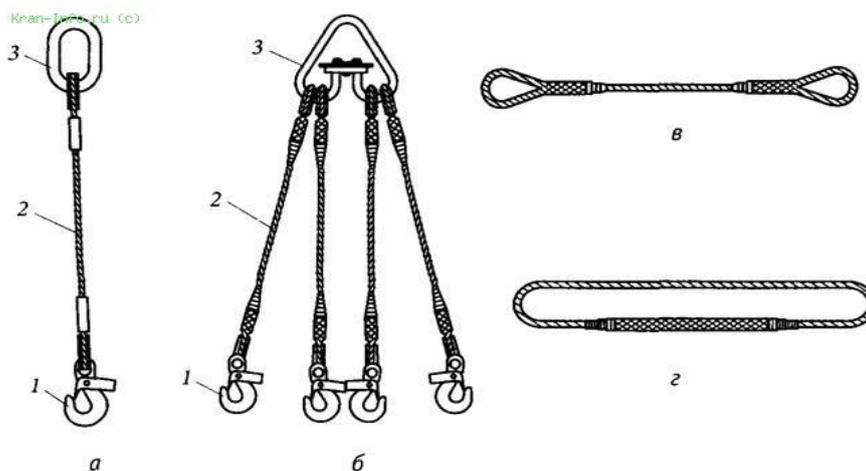


Рисунок. Канатные стропы:

а – типа 1СК; б – типа 4СК; в – типа УСК1; г – типа УСК2;

1 – захват; 2 – ветвь канатная; 3 – навесное звено

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

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

Таблица. Типы строп и их условное обозначение

Обозначение стропы	Грузоподъемность, т	Длина стропы L , мм	Обозначение канатной ветви	Допускаемая нагрузка, кН (тс), на звено и захват
1СК-0,32	0,32	900-5000	ВК-0,32	3,14 (0,32)
1СК-0,4	0,4		ВК-0,4	3,92 (0,4)
1СК-0,5*	0,5	1100-10000	ВК-0,5	4,90 (0,5)
1СК-0,63	0,63		ВК-0,63	6,18 (0,63)
1СК-0,8	0,8		ВК-0,8	7,85 (0,8)
1СК-1,0*	1,0	1100-15000	ВК-1,0	9,81 (1,0)
1СК-1,25	1,25		ВК-1,25	12,26 (1,25)
1СК-1,6	1,6		ВК-1,6	15,70 (1,6)
1СК-2,0*	2,0	1400-16000	ВК-2,0	19,62 (2,0)
1СК-2,5	2,5		ВК-2,5	24,52 (2,5)
1СК-3,2*	3,2		ВК-3,2	31,40 (3,2)
1СК-4,0	4,0	1500-20000	ВК-4,0	39,24 (4,0)
1СК-5,0*	5,0		ВК-5,0	49,05 (5,0)
1СК-6,3	6,3		ВК-6,3	61,80 (6,3)
1СК-8,0	8,0	2000-20000	ВК-8,0	78,50 (8,0)
1СК-10,0*	10,0		ВК-10,0	98,10 (10,0)
1СК-12,5	12,5		ВК-12,5	122,60 (12,5)

Таблица. Типы строп и их условное обозначение

Обозначение стропы	Грузоподъемность, т	Длина стропы L , мм	Обозначение канатной ветви	Допускаемая нагрузка, кН (тс)	
				на звено	на захват
2СК-0,4	0,4	900-5000	ВК-0,32	3,92 (0,4)	3,14 (0,32)
2СК-0,5*	0,5		ВК-0,4	4,90 (0,5)	3,92 (0,4)
2СК-0,63	0,63	1100-10000	ВК-0,5	6,18 (0,63)	4,90 (0,5)
2СК-0,8	0,8		ВК-0,63	7,85 (0,8)	6,18 (0,63)
2СК-1,0*	1,0		ВК-0,8	9,81 (1,0)	7,85 (0,8)
2СК-1,25	1,25	1100-15000	ВК-1,0	12,26 (1,25)	9,81 (1,0)
2СК-1,6	1,6		ВК-1,25	15,70 (1,6)	12,26 (1,25)
2СК-2,0*	2,0		ВК-1,6	19,62 (2,0)	15,70 (1,6)
2СК-2,5	2,5	1400-16000	ВК-2,0	24,52 (2,5)	19,62 (2,0)
2СК-3,2*	3,2		ВК-2,5	31,40 (3,2)	24,52 (2,5)
2СК-4,0	4,0		ВК-3,2	39,24 (4,0)	31,40 (3,2)
2СК-5,0*	5,0	1500-20000	ВК-4,0	49,05 (5,0)	39,24 (4,0)
2СК-6,3	6,3		ВК-5,0	61,80 (6,3)	49,05 (5,0)
2СК-8,0	8,0		ВК-6,3	78,50 (8,0)	61,80 (6,3)
2СК-10,0*	10,0	2000-20000	ВК-8,0	98,10 (10,0)	78,50 (8,0)
2СК-12,5	12,5		ВК-10,0	122,60 (12,5)	98,10 (10,0)
2СК-16,0*	16,0		ВК-12,5	157,00 (16,0)	122,60 (12,5)

Строповка балки стропами или траверсой (рисунок).

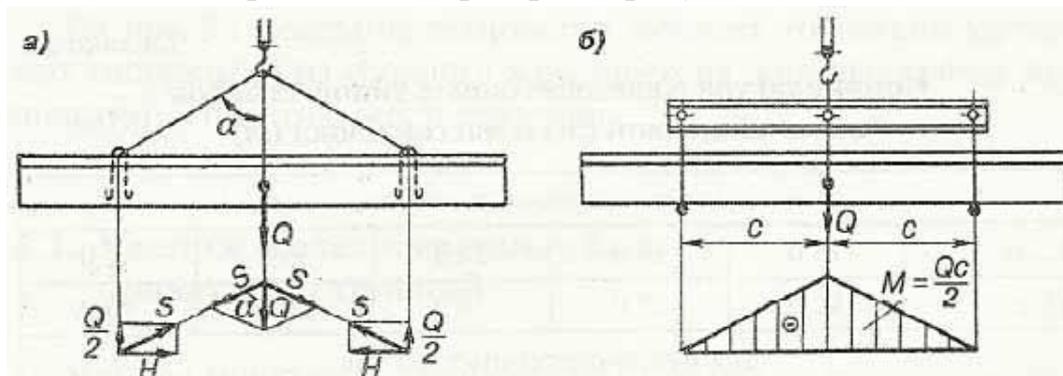


Рисунок. Строповка балок и усилия в строповочных элементах:

а – тросом, б – траверсой

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

$$S_p = S \times K , \quad (8)$$

где K – коэффициент запаса, для стропов равен 6.

При известном типе стропа по величине S_p определяют диаметр в соответствии с таблицей, приведенной в нормативных документах. Например, усилию $S_p = 69,8$ тс соответствует диаметр стропа 39,8 мм. Усилие S в стропе тем больше, чем меньше угол наклона стропа к горизонту. Для применения стропов нужна большая высота подъема крюка. Траверсы в виде металлических балок не требуют этого. Сжатие на железобетонную балку не передается, но в самой траверсе возникает изгибающий момент (рисунок 57). Траверса снижает грузоподъемность крана на величину собственного веса и увеличивает расход металла.

Практическое занятие 2. Подбор кранов для монтажных работ по грузоподъемности и вылету стрелы

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

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

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

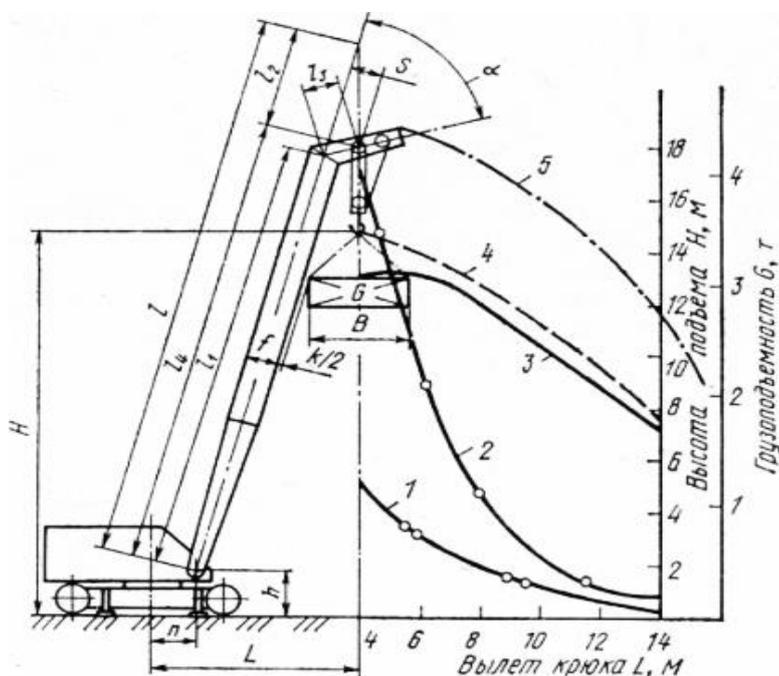


Рисунок. Пример пользования номограммой:

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

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

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

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

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

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

Подбор кранов

Подобрать не менее двух монтажных кранов для перемещения грузов с параметрами, заданными в таблицах.

Таблица. Габарит и масса призмы

Ширина, м	Высота, м	Длина, м	Масса, кН
$(5+N_{\text{с}}/20)*(n/5)$	1	2	$100+(5*N_{\text{с}})$

Таблица строительной конструкции. Длина и масса стержня

Длина, м	Масса, кН
$15+N_{\text{с}}/4*n$	$100+(5*N_{\text{с}})$

где: $N_{\text{с}}$ – номер студента по списку в журнале;
 n – номер группы (1 – мосты, 2 – метро, 3 – содержание).

На характеристики кранов влияют параметры монтируемых элементов, а именно:

$Q_{\text{тр}}$ – монтажная масса, кН;

$H_{\text{тр}}$ – монтажная высота, м;

$L_{\text{тр}}$ – монтажный вылет, м.

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

$$(M_o)Q_{\text{тр}}^{kp} = \dot{I}_{\text{y}} + \dot{I}_{\text{вд}} + \dot{I}_{\text{д.л.}}, \quad (9)$$

$M_{\text{э}}$ – масса монтируемого элемента, принимается по таблицам 1 и 2;

$M_{\text{нр}}$ – масса монтажных приспособлений (зависит от длины и диаметра строп);

$M_{\text{м.о.}}$ – масса такелажной оснастки.

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

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

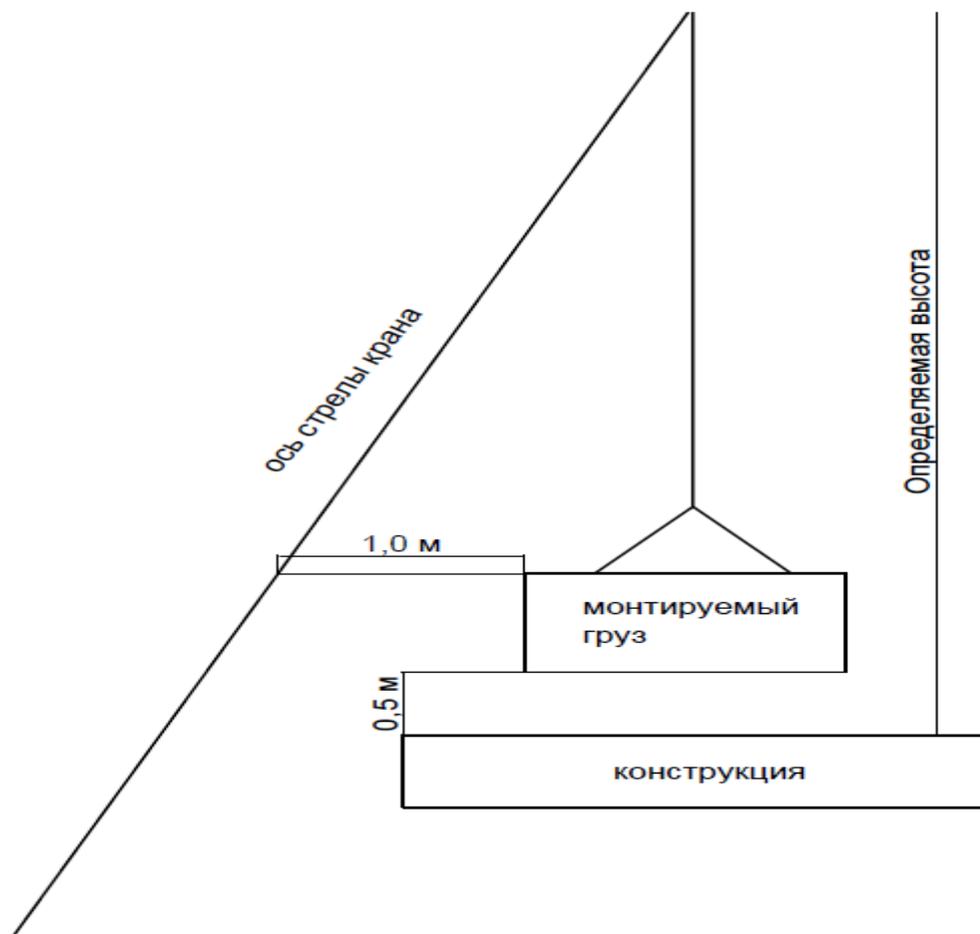


Рисунок. Схема для определения высоты подъема груза

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

Монтажные краны и их характеристики

Параметры монтажных кранов, применяемых при строительстве мостов, представлены на рисунках ниже.

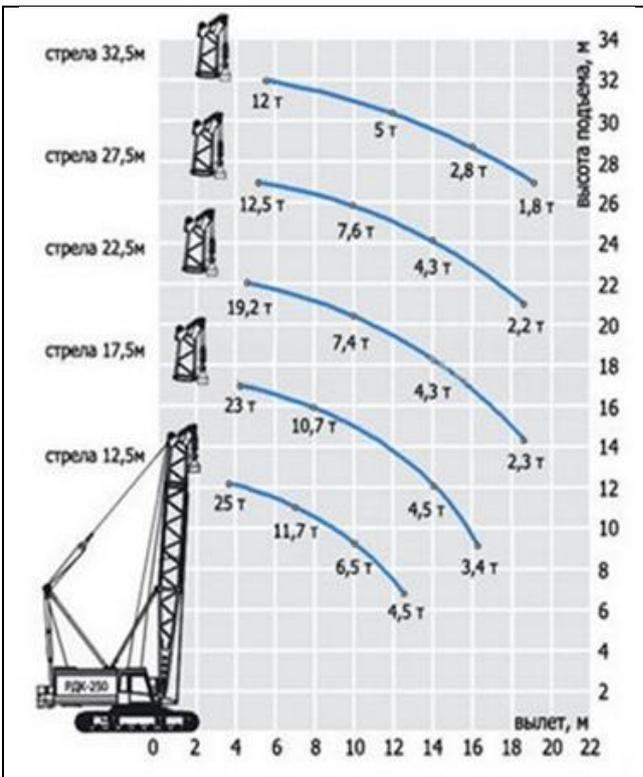


Рисунок. Схема основного подъема крана РДК-25

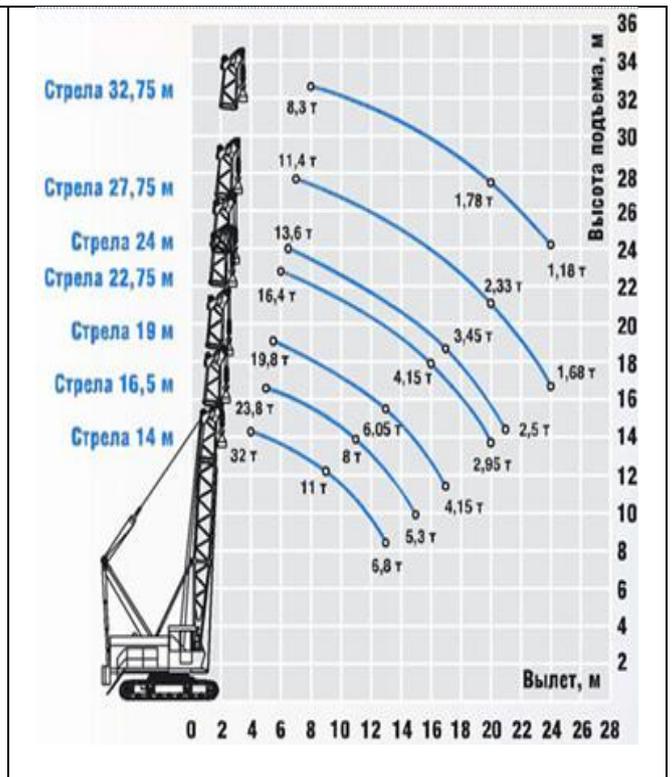


Рисунок. Схема основного подъема крана ДЭК-321 (г/п 32 тН)

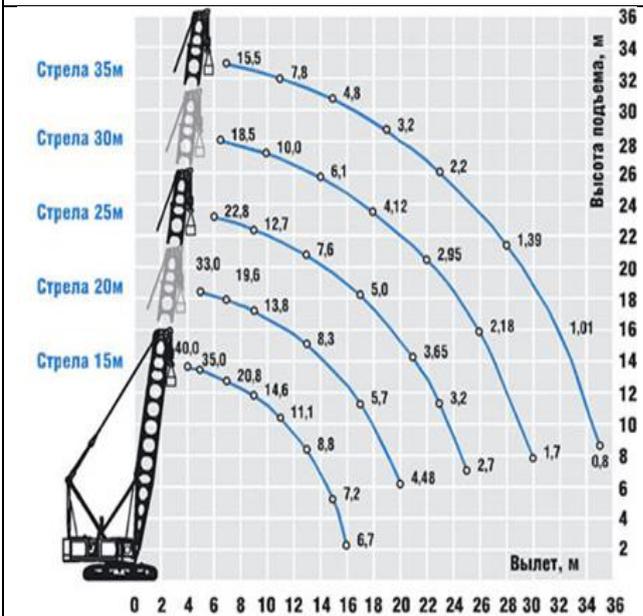


Рисунок. Схема основного подъема крана ДЭК-401 (г/п 40 тН)

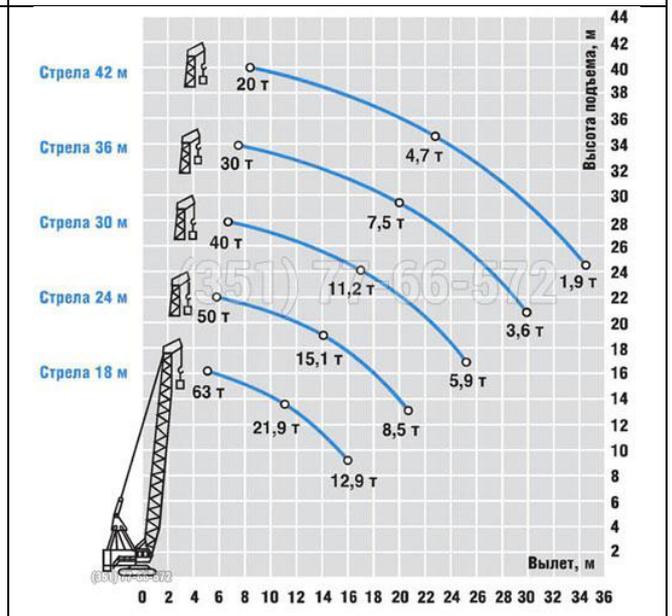


Рисунок. Схема основного подъема крана ДЭК-631 (г/п 63 тН)

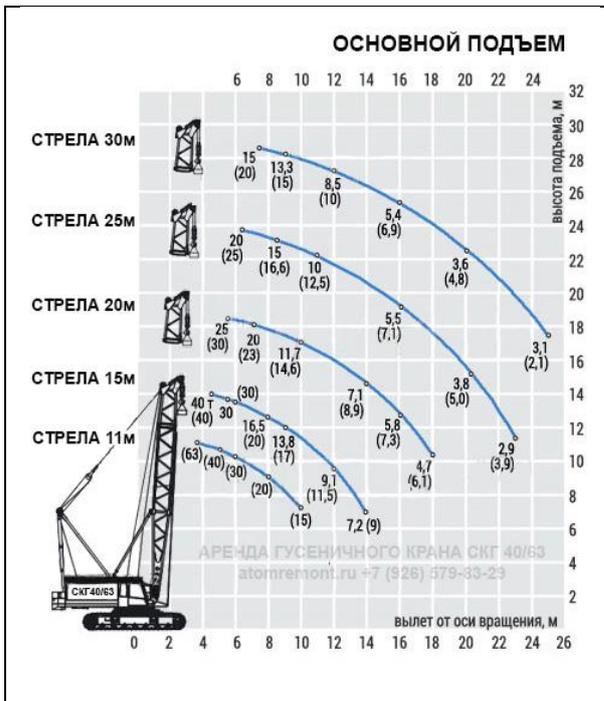


Рисунок. Схема основного подъема крана СКГ-40/63

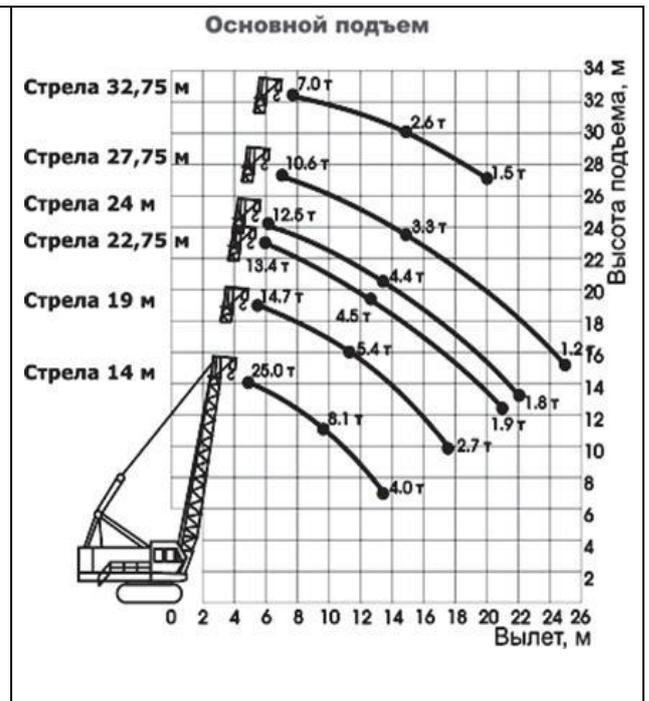


Рисунок. Схема основного подъема крана ДЭК-251

Практическое занятие 3. Расчет шпунтовых ограждений.

Расчет шпунтового ограждения котлована производится на устойчивость положения шпунтовой стенки и прочность по материалу конструкции на всех стадиях работы ограждения. Кроме того, **шпунтовые ограждения рассчитывают** на невымывание грунта основания при откачке воды из котлована, а также на фильтрационный выпор грунта котлована (в песчаных и супесчаных грунтах).

Условие обеспечения *устойчивости стенки против опрокидывания*:

где M_u – расчетный момент опрокидывающих сил;

M_z – расчетный момент удерживающих сил;

t – коэффициент условий работы, для слабых грунтов принимаемый равным 0,7;

γ_n – коэффициент надежности по назначению, принимаемый для местности, покрытой водой, равным 1,1.

Для одноярусного (многоярусного) крепления ограждения при проверке устойчивости положения стенки за точку поворота принимают место закрепления распорки (нижней распорки) т. О (т. O_1) на рис. 2.11, а.

Глубина забивки шпунта определяется методом попыток из условия обеспечения устойчивости стенки против опрокидывания.

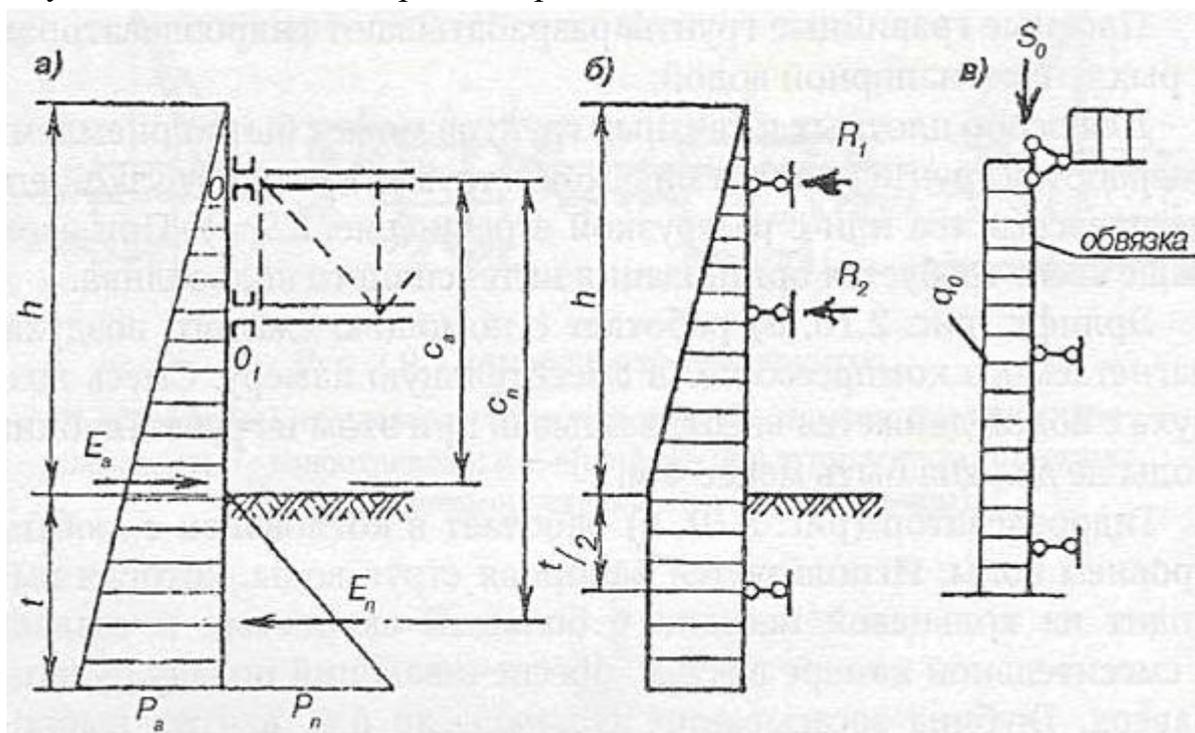


Рисунок. Схемы расчета шпунтового ограждения опоры в несвязных и малосвязных грунтах: а – эпюры давления грунта на ограждение; б – расчетная схема стенки при двухъярусном ограждении; в – расчетная схема обвязки

В расчете шпунта на прочность проверяют стенку, балки обвязки и распорки. Стенку рассматривают как разрезную (при одноярусном креплении, т. е. одной распорке) или неразрезную (при двух- и более ярусном креплении) балку на жестких опорах. Нижняя опора шпунта находится посередине расчетной глубины t погружения шпунта, определенной из расчета на устойчивость положения стенки. Нагрузку на шпунт ниже условной опоры не учитывают (рис. 2.11, б).

Прочность *шпунтовой стенки* проверяют по формуле

$$\frac{M_p}{W_{cm}} \leq R_y m,$$

где M_p – момент в сечении шпунтовой стенки от расчетных нагрузок, отнесенный к 1 пог. м шпунтовой стенки; определяется при расчете стенки в соответствии с расчетной схемой (рис. 2.12, б);

R_y – расчетное сопротивление материала обвязки;

W_{cm} – момент сопротивления 1 пог. м шпунтовой стенки; определяется по справочникам для конкретного типа шпунта (табл. 2.2);

m – коэффициент условий работы; принимается равным 0,8 для слабых грунтов.

Балки обвязки рассчитывают как сжато-изогнутые (рис. 2.11, в). Обвязка рассчитывается как неразрезная балка, опирающаяся на распорки. Распределенная нагрузка на балку q_0 численно равна опорным давлениям R_1 и R_2 , которые передаются шпунтовой стенкой (рис. 2.11, б), примыкающей к обвязке.

Прочность обвязки проверяется по формуле

$$\frac{S_0}{A_{нт обв}} + \frac{M_0}{W_{нт обв}} \leq R_y m,$$

а устойчивость формы – по формуле

$$\frac{S_0}{\varphi A_{бр обв}} \leq R_y,$$

где $A_{нт обв}$, $A_{бр обв}$ – площадь сечения обвязки соответственно нетто и брутто;

$W_{нт обв}$ – момент сопротивления обвязки относительно ее вертикальной оси;

φ – коэффициент продольного изгиба обвязки, определяемый по нормам проектирования;

S_0 – сжимающее усилие в обвязке; определяется по формуле:

$$S_0 = q \cdot a/2,$$

где a – расстояние от оси балки обвязки до соседнего элемента обвязки (до противоположной стенки или до продольной балки в составе распорной рамы, формирующей обвязку);

q_0 – погонная горизонтальная нагрузка на обвязку; численно равна погонной опорной реакции R_1 (R_2) (рис. 2.12, б).

Распорки рассчитывают по выше приведенным формулам.

Изгиб возникает от собственного веса распорок и действия поперечной нагрузки (веса настила, людей, оборудования, предусмотренного технологией производства работ). Распорка рассматривается как балка с пролетом, равным расстоянию между шпунтовыми стенками. Сжимающее усилие в распорке одноярусного крепления определяется по формуле

$$S_p = q_0 \cdot b,$$

где b – расстояние между распорками.

Если распорки являются элементами распорного пространственного каркаса, то их рассчитывают на действие вертикальной поперечной нагрузки как элементы плоских ферм. Усилия, возникающие при этом в распорках как поясах ферм, суммируются с усилиями, передаваемыми обвязкой. Учитывается (в случае внеузлового приложения поперечных нагрузок) и местный изгиб распорки.

Практическое занятие 4. Расчет шпунта цилиндрического (в плане) ограждения

Шпунт цилиндрического (в плане) ограждения проверяется на разрыв замков по формуле

$$p_c \leq \frac{m p_p}{\gamma_n},$$

где p_c – расчетное горизонтальное радиальное усилие в контуре ограждения, кН/м (тс/м); определяется по формуле

$$p_c = \frac{D \cdot q}{2},$$

Здесь m , γ_n – коэффициент условий работы (равен 0,7 для слабых грунтов) и коэффициент надежности (равен 1,1 для ограждений на местности, покрытой водой) соответственно;

D – диаметр ограждения в плане;

p_p – расчетное сопротивление разрыву при растяжении замков шпунтин, принимаемое равным для шпунта ШП-1 (из стали Ст3 равно 1900 кН/м, и 2700 кН/м для шпунта из стали Ст5 и 15ХСНД);

q – интенсивность горизонтального давления грунта на внутреннюю поверхность кольцевого ограждения на уровне дна водоема.

Чаще **кольцевое ограждение** выполняется **из шпунта ШП**.

При использовании шпунта ШК и Ларсен растягивающие усилия должны восприниматься объемлющими стальными поясами.

Глубина забивки шпунта цилиндрического ограждения ниже линии размыва должна назначаться из условий исключения выпирания грунта из-под низа шпунта по формуле

$$h \geq \frac{1,5 q_1}{\gamma_n \left[2 \operatorname{tg}^4 \left(45 + \frac{\varphi}{2} \right) - 1 \right]},$$

где q_1 – расчетное вертикальное давление от веса засыпки и нагрузки на ней на уровне дна реки, кПа (тс/м²);

γ_n – удельный вес грунта;

φ – угол внутреннего трения грунта на дне реки.

При **расчете шпунта** величина горизонтального давления на шпунтовую стенку котлована определяется в зависимости от вида грунта. Эпюры давлений песчаного и глинистого грунта имеют различия.

Практическое занятие 5. Погружение шпунта в песок или супесь

В этом случае **шпунтовая стенка** воспринимает действующее снаружи котлована горизонтальное воздействие воды, а также воздействие грунта, находящегося во взвешенном состоянии.

Для определения мин-ой глубины забивки шпунта t используется схема, изображенная на (рис. 2.12, а) при одном ярусе распорок и схема на (рис. 2.13, а) – при многоярусном креплении.

В первом случае в уравнении

$$M_u \leq \frac{m}{\gamma_n} M_z,$$

точкой О, относительно которой определяются удерживающий M_z и опрокидывающий M_u моменты, является уровень размещения распорок, во втором – уровень нижней распорки крепления.

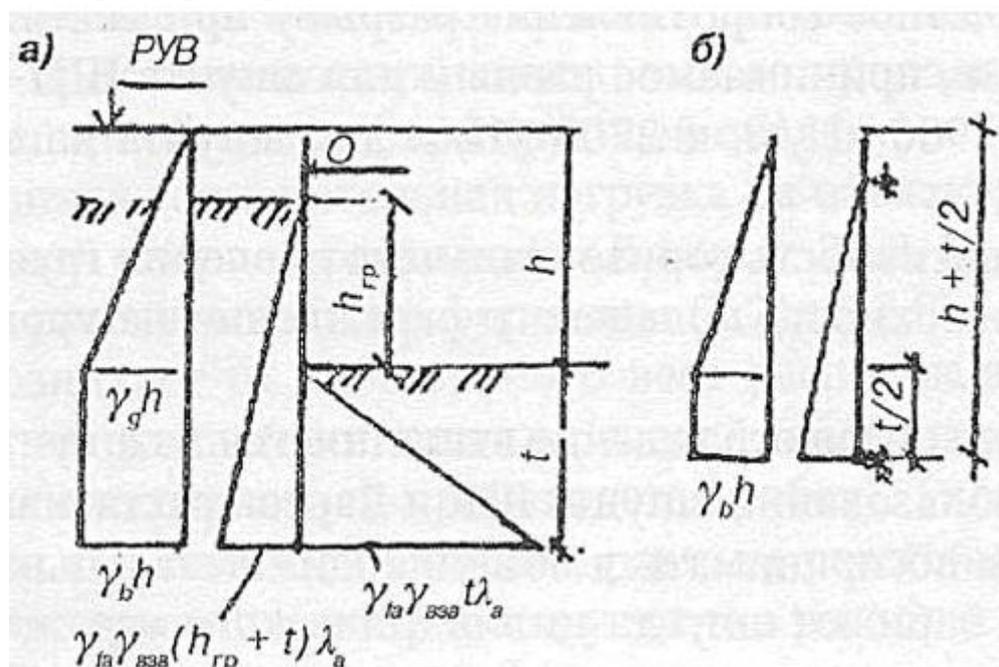


Рис. 2.12 – Схемы расчета шпунтовой стенки в песчаных и супесчаных грунтах при одном ярусе креплений: а – при определении минимальной глубины забивки шпунта; б – при проверке прочности стенки, внутренней обвязки и распорок

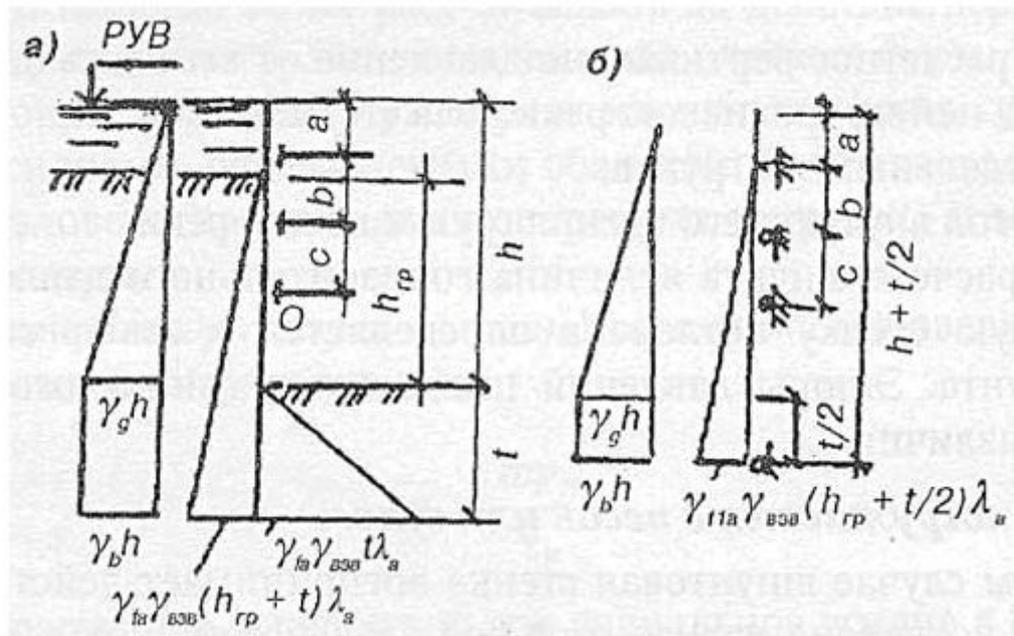


Рис. 2.13 – Схемы расчета шпунтового ограждения в песчаных грунтах с тремя ярусами креплений: а – эпюры давления грунта; б – расчетная схема

Для **проверки прочности шпунтовой** стенки используются схемы рис. 2.12 б и 2.13 б, согласно которым определяются изгибающие моменты M и поперечные силы Q , в сечениях по длине стенки как балки на двух или нескольких жестких опорах. В последнем случае рассматривается статически неопределимая система, усилия в которой определяются методами строительной механики, например, методом сил.

В формулах для определения расчетных давлений на шпунтовую стенку на рис. 2.12 и 2.13:

$\gamma_{взв}$ – удельный вес грунта во взвешенном состоянии ($\gamma_{взв} = 1 \text{ тс/м}^3$);

$\gamma_f = 1,2$ и $0,8$ соответственно для активного (λ_a) и пассивного (λ_n) давления грунта (см. рис. 2.12 и 2.13):

$$\lambda_a = \text{tg}^2 \left(45 - \frac{\varphi}{2} \right),$$

$$\lambda_n = \text{tg}^2 \left(45 + \frac{\varphi}{2} \right),$$

где φ – угол внутреннего трения грунта.

Практическое занятие 6. Погружение шпунта в связные грунты

В случае погружения шпунта в водонепроницаемый грунт (глину или суглинок) принимается, что давление на шпунтовую стенку вызывается только гидростатическим давлением воды, проникающим между стенкой и грунтом на глубину h_b , величину которой можно принимать равной (рис. 2.14):

а) для ограждений, не имеющих распорок (рис. 2.14 а):

$$h_b^1 = 0,7 \cdot h^1$$

где h_b^1 – глубина погружения шпунта в водонепроницаемый грунт;

б) для ограждений с одним ярусом креплений (рис. 2.14, б):

$$h_b^1 = h^1 - t/2,$$

где t – глубина погружения шпунта ниже дна котлована;

в) для ограждений с несколькими ярусами креплений (рис. 2.14, в) на 0,5 м ниже уровня грунта в котловане.

Аналогично случаю с песчаными грунтами для определения глубины забивки шпунта t составляется уравнение

$$M_u \leq \frac{m}{\gamma_n} M_z,$$

Задача решается методом подбора величины t до тех пор, пока не будет выполнено данное условие.

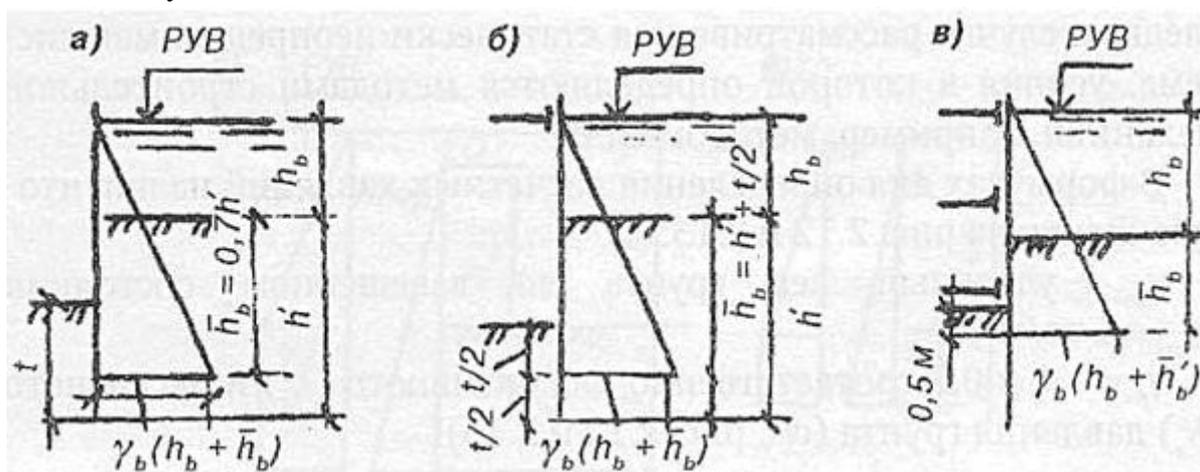


Рис. 2.14 – Схемы к расчету шпунтовых стенок, погруженных в связные грунты: а – при ограждении без распорок; б – с одним ярусом креплений; в – с несколькими ярусами

Прочность стенки ограждения проверяется рассмотрением ее как балки на двух опорах (при одноярусном креплении) или на нескольких (при многоярусном креплении).

Расчетные давления воды и грунта получают путем умножения нормативных давлений на коэффициенты надежности по нагрузке. Их принимают равными для активного давления грунта $\gamma_f = 1,2$, для пассивного $\gamma_f = 0,8$.

Независимо от результатов расчета глубина забивки шпунта t ниже дна котлована принимается для пылеватых и мелких песков, текучих глин и суглинков не менее 2 м.

В ограждениях с тампонажным слоем бетона глубина забивки не должна быть меньше 1 м ниже нижней поверхности бетона в любых грунтах. Устойчивость положения шпунта в этом случае определяется предварительно, если в котловане есть вода и отсутствует тампонажный слой.

Проверка устойчивости положения и прочности стенки производится при откачанной из котлована воде и уложенном тампонажном слое бетона по расчетным схемам, изображенным на рис. 2.15.

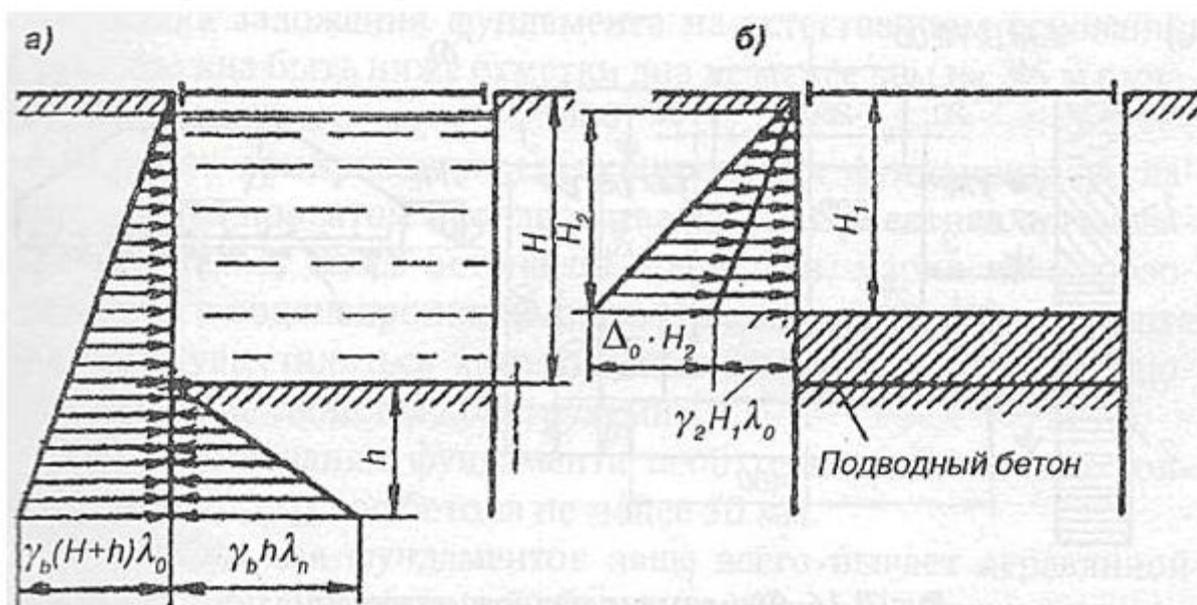


Рис. 2.15 – Расчетные схемы стенки в случае укладки тампонажного слоя бетона: а – до укладки подводного бетона; б – после откачки воды из ограждения

Практическое занятие 7. Расчет закладных креплений, ограждений

Расчет закладного крепления. Расчет досок закладного крепления выполняют на восприятие активного давления грунта p_a как балки на двух опорах пролетом l (см. рис. 5.1, б), равным расстоянию между стойками. Для неглубоких котлованов в однородном грунте рассчитывают нижние доски крепления.

При наличии на откосе нагрузки q активное давление сыпучего грунта на нижнюю доску вычисляют по формуле (на рис. 5.1 нагрузка $q = 0$)

$$p_a = [q + gI(H - b/2)] \operatorname{tg}^2(45 - jI/2), \quad (5.1)$$

где gI — расчетный удельный вес грунта в откосе; jI — расчетный угол внутреннего трения грунта в уровне доски.

При определении давления связных грунтов учитывают их внутреннее сцепление. Сцепление снижает активное давление грунта на величину

$$p_{ac} = 2cI \operatorname{tg}(45 - jI/2) \quad (5.2)$$

(где cI — расчетное сцепление грунта), которую следует вычесть из давления p_a по формуле (5.1).

По величине наибольшего изгибающего момента из условия прочности определяют либо толщину доски d для принятого пролета l , либо назначают расстояние l между стойками при известной толщине доски,

$$l = 2\delta \sqrt{\frac{R_{и}}{3p_a}} \quad (5.3)$$

где $R_{и}$ — расчетное сопротивление древесины на изгиб.

Сечение стойки подбирают по наибольшему изгибающему моменту как балки на двух опорах с нагрузкой от активного давления грунта (см. рис. 5.1, в).

Распорки проверяют на продольное сжатие (см. рис. 5.1, г) по условию

$$RA/jA_p \leq R_{сж}, \quad (5.4)$$

где RA — продольная сила в распорке от давления стойки; j — коэффициент продольного изгиба; A_p — площадь поперечного сечения распорки; $R_{сж}$ — расчетное сопротивление древесины сжатию.

Расчет забивной стойки в закладном креплении по схеме рис. 5.2 заключается в определении необходимой глубины ее забивки из условия устойчивости от давления грунта и проверке ее на прочность при изгибе от этого давления.

Расчет забивной свободно стоящей стойки. На стойку со стороны откоса действует горизонтальная нагрузка от давления грунта. Пусть стойка будет жесткой и под действием этой нагрузки поворачивается вокруг точки O (см. рис. 5.2, б). Выше этой точки слева на стойку действует активное давление грунта, справа — пассивное, ниже точки O — наоборот. Поскольку в точке O стойка не смещается ни влево, ни вправо, то вблизи нее давление грунта будет отличаться как от активного, так и от пассивного. Для упрощения расчета эпюры давления грунта ниже точки O отбрасывают, а для соблюдения равновесия сил в этой точке прикладывают некоторую эквивалентную силу R и устойчивость стенки в грунте оценивают по условию

$$M_a \leq (g_c/g_n) M_p, \quad (5.5)$$

где

M_a — момент относительно точки поворота всех активных (опрокидывающих) сил;

M_p — момент относительно той же точки пассивных (удерживающих) сил;

g_c — коэффициент условий работы;

g_n — коэффициент надежности.

Полную глубину стойки принимают $h = 1,2h_0$.

Нарис. 5.2, б показана расчетная схема свободно стоящей стойки в связном грунте, когда составляющая активного давления за счет сцепления по (5.2) меньше давления от нагрузки на откосе: $p_{ас} < q\alpha$.

Интенсивность давления грунта на стойку на любой глубине z от расчетной поверхности определяют по формулам:

$$\text{активное давление} — p_a = (q + gIz)\alpha - p_{ас}, \quad (5.6)$$

где

$$\text{пассивное давление} — p_p = gIz\chi_p + p_{пс}, \quad (5.7)$$

где:

$\alpha = \text{tg}^2(45 - jI/2)$ — коэффициент активного давления грунта;

$\chi_{II} = \operatorname{tg}^2(45 + jI/2)$ — коэффициент пассивного давления грунта.

Эпюры давления грунта разбивают на прямоугольные и треугольные участки, а нагрузку от каждого участка, приложенную в центре его тяжести, определяют, как произведение площади участка на размер, с которого передается давление грунта на стойку. Этот размер для участков, расположенных выше дна котлована, равен расстоянию между стойками l , а для участков ниже дна котлована — расчетной ширине стойки $b_p = b + a$, которая превышает ее фактическую ширину b . Обычно принимают постоянное в пределах глубины забивки h значение этого превышения. Так, при расчете двутавровых стоек назначают $a = 0,3$ м.

Тогда имеем:

$$\begin{aligned} E_3^I &= (\alpha \gamma_s - \rho_{s3}) H^2; & E_3^{II} &= 0,5 \gamma_s H^2 \chi_{II}; & E_3^{III} &= [(\alpha + \gamma_s H \chi_s - \rho_{s3}) h_0 \rho_s]; \\ E_3^{IV} &= 0,5 \gamma_s h_0^2 \chi_s \rho_s; & E_3^V &= \rho_{s3} h_0 \rho_s; & E_3^{VI} &= 0,5 \gamma_s h_0^2 \chi_s \rho_s \end{aligned} \quad (5.8)$$

Составим уравнение моментов всех сил, действующих на стенку, относительно точки O :

$$E_3^I \left(h_0 + \frac{H}{2} \right) + E_3^{II} \left(h_0 + \frac{H}{3} \right) + E_3^{III} \frac{h_0}{2} + E_3^{IV} \frac{h_0}{3} = \frac{\gamma_s}{\gamma_s} \left(E_3^V \frac{h_0}{2} + E_3^{VI} \frac{h_0}{3} \right) \quad (5.9)$$

Из этого кубического уравнения методом подбора находят h_0 . Как уже отмечалось, глубину забивки стойки ниже дна котлована принимают $h = 1,2h_0$. Изгибающие моменты в сечениях стойки находят, рассматривая последовательно равновесие ее верхних отсекаемых частей. По наибольшему изгибающему моменту (рис. 5.2, в) проверяют прочность стойки.

Расчет забивной стойки закладного крепления с верхней распоркой. Расчетная схема такой стойки (рис. 5.7, а) отличается от схемы свободно стоящей тем, что точка ее возможного поворота при потере устойчивости расположена на уровне оси распорки.

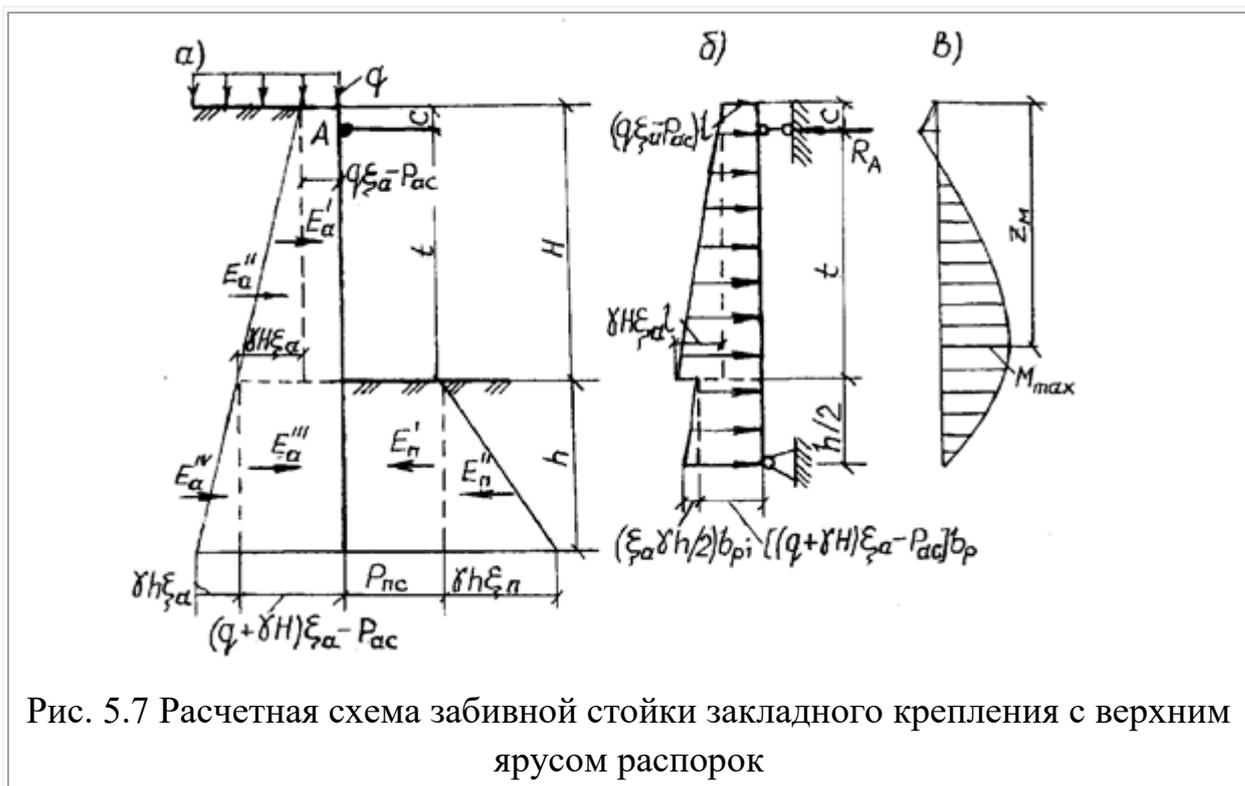


Рис. 5.7 Расчетная схема забивной стойки закладного крепления с верхним ярусом распорок

Эпюры же давления грунта на стойку остаются теми же, но продленными на полную глубину забивки h , которую следует учитывать при оценке равнодействующих составляющих давления грунта по выражениям (5.8) с подстановкой в них $h_0 = h$. В этом случае сила R у нижнего конца стойки отсутствует.

Приравнивая сумму моментов всех сил относительно точки A по условию (5.5), получим уравнение для определения h :

$$\begin{aligned}
 E_a' \left(\frac{H}{2} - C \right) + E_a'' \left(\frac{2H}{3} - C \right) + E_a''' \left(t + \frac{h}{2} \right) + E_a^{IV} \left(t + \frac{2h}{3} \right) = \\
 = \frac{\gamma_c}{\gamma_n} \left[E_n' \left(t + \frac{h}{2} \right) + E_n'' \left(t + \frac{2h}{3} \right) \right]
 \end{aligned}
 \tag{5.10}$$

При расчете стойки на прочность ее рассматривают как балку на двух опорах (рис.5.7б), у которой нижняя шарнирная опора расположена на $\frac{h}{2}$ ниже дна котлована. При этом действие пассивного давления на балку ниже дна котлована не учитывают. Прочность стойки рассчитывают по наибольшему изгибающему моменту (рис.5.7, в). Продольное усилие в распорке R_A определяют, приравнивая сумму моментов всех сил относительно нижней опоры балки. Сечение распорки подбирают по условию (5.4).

Практическое занятие 8. Расчет щитовой опалубки.

Формулы для примерного расчета опалубки фундамента

Для расчета толщины доски, мы будем использовать следующие формулы:

$$h = \sqrt{(0,75 \times G \times n \times l^2 / T)}, \text{ где}$$

h – минимальная толщина доски, м;

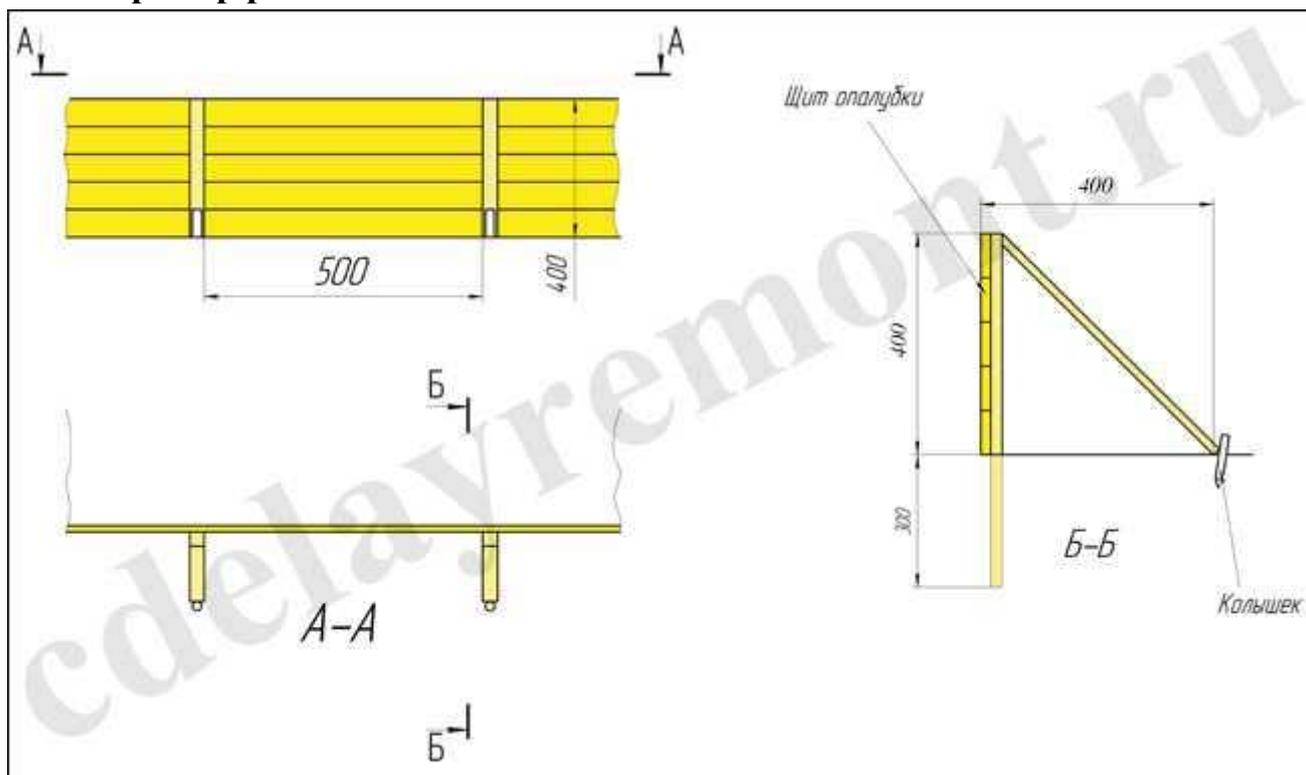
G – нагрузка на опалубку со стороны бетонной смеси. Принимаем G максимальным и высчитываем по формуле $G = q \times H$, где $q = 2500 \text{ кг/м}^3$ – объемная масса бетона, H – высота слоя бетона, м;

n – коэффициент вибратора, который принимаем равным 1,2. Если бетон заливается без виброуплотнения, то $n = 1$;

l – расстояние между вертикальными опорами-раскосами, м

T – допустимое сопротивление древесины. Принимаем T минимальным, равным $8 \times 10^5 \text{ кг/м}^2$

Пример расчета



Предположим, что в наших планах – заливка мелкозаглубленного плитного фундамента высотой 300 мм. Принимаем во внимание, что высота щитов опалубки должна быть как минимум на 50 мм больше, итого – 350 мм. Но т.к. проще использовать доски шириной 200 мм, принимаем высоту опалубки 400 мм или 0,4 м. В одной из следующих статей мы приведем [пример расчета](#)

[оглавление](#)

фундамента полностью, который будет включать все вычисления для различных типов оснований. А пока разберемся с толщиной досок, которой достаточно для сопротивления изгибу материала.

Рассчитываем нагрузку: $G=2500 \times 0,4=1000 \text{ кг/м}^2$.

Для надежности принимаем расстояние между вертикальными опорами-раскосами равным 0,5 м – $I=0,5 \text{ м}$.

Бетон во время заливки будем уплотнять вибраторами, поэтому $n=1,2$.

Подставляем все значения в приведенную выше формулу:

$h=\sqrt{(0,75 \times 1000 \times 1,2 \times 0,5^2 / 800000)}=0,017 \text{ м}$ или 17 мм.

Пример расчета №2

Предположим, что ситуация обратная: у нас есть в наличии доски толщиной 25 мм. Каким должно быть расстояние между опорами-раскосами (I)?

Считаем:

$$h^2=0,75 \times G \times n \times I^2 / T,$$

$$I=\sqrt{T \times h^2 / (0,75 \times G \times n)}=\sqrt{800000 \times 0,025^2 / (0,75 \times 1000 \times 1,2)}=0,75 \text{ м}$$

Практическое занятие 9. Разработка плана строительной площадки

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

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

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

При проектировании стройплощадок соблюдают следующие основные принципы:

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

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

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

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

Для обеспечения выполнения требований охраны труда необходимо:

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

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

– оградить зону работы кранов и других строительных машин;

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

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

Работы на стройплощадке должны отвечать требованиям охраны окружающей среды.

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

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

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

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

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



Рисунок. План строительной площадки

Методические рекомендации по организации и выполнению самостоятельной работы студентов

При изучении дисциплины используется следующая форма самостоятельной работы студентов:

- решение индивидуальных задач в аудитории во время проведения практических занятий под контролем преподавателя в соответствии с расписанием.
- выполнение курсового проекта в соответствии с заданием по курсовому проекту под контролем преподавателя в соответствии с расписанием проведения консультаций.

КОНТРОЛЬ ЗНАНИЙ

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Средства диагностики результатов учебной деятельности

Оценка уровня знаний студента производится по десятибалльной шкале в соответствии с критериями, утвержденными Министерством образования Республики Беларусь.

Для оценки достижений магистранта используется следующий диагностический инструментарий:

- устный и письменный опрос во время практических занятий;
- выступление магистранта на конференции по подготовленному реферату;
- защита курсового проекта по дисциплине;
- сдача зачета по дисциплине.
- сдача экзамена по дисциплине.

Контрольные вопросы

1. Исторический обзор и основные направления строительства
2. Индустриальные методы строительства
3. Классификация искусственных сооружений и основные принципы их строительства
4. Структура мостостроительных организаций
5. Основы производства строительно-монтажных работ
6. Вспомогательные инвентарные конструкции и сооружения
7. Геодезические работы при разбивке осей опор
8. Сооружение котлованов в сухих и маловлажных грунтах. Перемычки и ограждения на местности покрытой водой. закладное крепление
9. Шпунтовое ограждение. Погружение шпунта. Оборудование
10. Разработка грунта и водоотлив
11. Устройство фундаментов в котлованах
12. Сваи и способы их погружения
13. Фундаменты на железобетонных оболочках
14. Фундаменты на сваях и столбах с устройством уширения у основания
15. Устройство фундаментов на опускных колодцах
16. Бетонные работы на строительстве сооружения и при изготовлении сборных конструкций
17. Арматурные работы
18. Опалубки и формы для изготовления мостовых конструкций

19. Сооружение монолитных опор
20. Бетонирование в скользящей опалубке
21. Особенности постройки опор в зимних условиях
22. Особенности постройки монолитных пролетных строений. Подмости и кружала
23. Устройство опалубки и установка арматуры
24. Бетонирование и раскружаливание пролетных строений
25. Навесное бетонирование пролетных строений
26. Бетонирование на перемещающихся подмостях
27. Основные способы изготовления сборных железобетонных мостовых конструкций
28. Предприятия для изготовления сборных конструкций
29. Основные положения монтажа сборных конструкций
30. Стыки сборных железобетонных конструкций
31. Монтаж опор малых мостов
32. Монтаж опор больших мостов
33. Монтаж балочно-разрезных и температурно-неразрезных пролетных строений стреловыми кранами
34. Установка балок козловыми кранами
35. Монтаж балок стреловыми кранами
36. Установка балок монтажными агрегатами
37. Примеры актов и журналов на строительные работы и их заполнение
38. Омоноличивание сборных балочно-разрезных пролетных строений. Устройство проезжей части
39. Монтаж балочно-неразрезных пролетных строений. Особенности способов монтажа конструкций
40. Сборка балочно-неразрезных пролетных строений на стационарных подмостях и временных опорах
41. Монтаж пролетных строений продольной подвижкой
42. Монтаж пролетных строений на перемещающихся подмостях
43. Инъектирование каналов составных конструкций
44. Монтаж железобетонных пролетных строений больших пролетов. Особенности навесного монтажа конструкций больших пролетов
45. Монтажные краны и агрегаты для навесной сборки
46. Технология навесной сборки пролетных строений
47. Сборка пролетных строений на подмостях
48. Продольная и поперечная перекавка пролетных строений
49. Перевозка конструкций пролетных строений на плавучих опорах
50. Изготовление конструкций стальных мостов. Сырье и продукция заводов стальных мостовых конструкций
51. Группы технологических операций и технологические схемы заводов
52. Подготовка металла и обработка металла

53. Сборка элементов сварных конструкций и устройство сварных соединений
54. Сварочные напряжения и деформации
55. Особенности сборки клепаных элементов и устройства заводских заклепочных и болтовых соединений
56. Образование отверстий для монтажных соединений элементов
57. Допускаемые отклонения размеров стальных конструкций
58. Монтаж стальных пролетных строений. Состав монтажных работ
59. Транспортирование и складирование конструкций
60. Технология устройства монтажных соединений
61. Соединение и усиление пролетных строений при монтаже
62. Сборка стальных пролетных строений. Сборка на сплошных подмостях
63. Полунавесная и навесная сборка
64. Особенности сборки сталежелезобетонных пролетных строений
65. Сборка вантовых и висячих мостов
66. Установка пролетных строений в проектное положение. Установка кранами
67. Продольная и поперечная передвижка пролетных строений
68. Установка на опоры с плавучих средств
69. Подъем и опускание пролетных строений. Установка на опорные части
70. Постройка водопропускных труб. Перевозка элементов и устройство железобетонных труб
71. Изготовление конструкций и постройка металлических труб
72. Строительство деревянных мостов
73. Изготовление элементов деревянных конструкций
74. Постройка свайных и рамных опор
75. Постройка деревянных пролетных строений
76. Состав и элементы строительных площадок
77. Проектирование строительных площадок
78. Компоновка строительных площадок
79. Охрана окружающей среды

ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЙ РАЗДЕЛ

Целью изучения учебной дисциплины «Строительство мостов» 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.

Основными задачами преподавания дисциплины являются: прочное овладение студентами комплекса знаний, включающих принципы организации строительства транспортных сооружений, подбор наиболее подходящих методов ведения работ, машин, механизмов и вспомогательных сооружений, и конструкций. Изучение и разработка передовых технологий возведения транспортных сооружений.

В результате изучения учебной дисциплины «Строительство мостов» студент должен:

знать:

- принципы геодезической разбивки осей сооружения;
- составы проектов организации строительства и производства работ;
- габариты погрузки элементов конструкций на передвижной транспорт и габариты приближения конструкций;
- основы проектирования вспомогательных сооружений;
- типы инвентарных конструкций, применяемых при строительстве мостовых сооружений;
- нагрузки и предельные состояния на стадии строительства;
- технологические приемы изготовления сборных железобетонных конструкций мостов;
- возведение фундаментов и опор мостов с геодезическими приемами контроля качества;
- строительство монолитных железобетонных пролетных строений;
- монтаж сборных железобетонных пролетных строений различными способами;
- основные положения изготовления стальных конструкций пролетных строений;
- монтаж стальных конструкций пролетных строений;
- особенности монтажа сталежелезобетонных пролетных строений

устройство мостового полотна и технологические приемы его возведения;

- возведение водопропускных труб под насыпями;
- строительство деревянных мостов;
- способы монтажа пилонов и пролетных строений вантовых и висячих

мостов;

уметь:

– осуществлять расчет и подбор строп, траверс, закладных креплений ограждений, щитовой опалубки;

– проектировать вспомогательные сооружения из комплектов УИКТ, МИК-С, МИК-П;

– владеть методикой расчета подкрановых эстакад;

– проектировать узлы качения и скольжения при движении пролетных строений с использованием аванбека;

– осуществлять расчет тяговых усилий при движении;

– проектировать подкрановые эстакады;

– производить проектирование плавучих опор и владеть методикой их расчета.

владеть:

– применять и осуществлять на современном уровне новые научные, производственные и организационные решения в области строительства транспортных сооружений с использованием современных машин, механизмов и оборудования.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
очная форма получения высшего образования

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов					Количество часов УСР	Форма контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия	Иное		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
	7 семестр							
I.	Основы проектирования вспомогательных сооружений	16	4					
1.1	Общие сведения о технологии производства работ и организации строительства	4						
1.2	Основы производства строительно-монтажных работ	4	2					
1.3	Вспомогательные инвентарные конструкции и сооружения	4						
1.4	Основы расчетов вспомогательных сооружений. Нагрузки и предельные состояния	4	2					
II.	Возведение фундаментов и опор мостов	32	12					
2.1	Геодезические работы при разбивке осей опор	2	2					
2.2	Сооружение котлованов в сухих и маловлажных грунтах. Перемычки и ограждения на местности покрытой водой. Закладное крепление	4	2					
2.3	Погружения свай, оболочек и шпунта. Оборудование	4						

1	2	3	4	5	6	7	8	9
2.4	Устройство свайных фундаментов. Виды опалубки. Расчет. Тампонажный слой. ВПТ	4	2					
2.5	Устройство фундаментов на сваях-оболочках	4						
2.6	Устройство фундаментов на сваях и столбах с уширением	4	2					
2.7	Опускные колодцы. Особенности технологии. Тиксотропная рубашка	2						
2.8	Технология возведения буровых свай. Бурение скважин. Оборудование. Крепление стенок скважин	4	2					
2.9	Технология сооружения монолитных опор. Скользящая опалубка. Технология возведения сборно-монолитных опор. Контурные блоки	4	2					
	Итого за семестр	48	16					зачет
	Всего аудиторных часов	64						
	8 семестр							
III.	Сооружение балочных пролетных строений из монолитного железобетона	14	4					
3.1	Способ попролетного бетонирования на перемещающихся подмостях неразрезных пролетных строений	4						
3.2	Способ навесного бетонирования неразрезных и рамно-консольных пролетных строений	2						
3.3	Способ тылового изготовления и продольной надвигки неразрезных пролетных строений	4	2					

1	2	3	4	5	6	7	8	9
3.4	Особенности строительства арочных пролетных строений	2						
3.5	Особенности строительства мостов рамных систем	2	2					
IV.	Монтаж сборных железобетонных пролетных строений	12	6					
4.1	Монтаж балочных разрезных пролетных строений	2	2					
4.2	Укрупнительная сборка балок пролетных строений, члененных поперечными швами	2						
4.3	Сборка многопролетных мостов шлюзовыми и козловыми кранами	2	2					
4.4	Монтаж балочных неразрезных пролетных строений способом продольной подвижки с конвейерной тыловой сборкой	2						
4.5	Монтаж балочных пролетных строений из блоков плитно-ребристой конструкции с помощью перемещающихся подмостей	2	2					
4.6	Установка ж/б пролетных строений в пролеты с применением плавучих опор	2						
V.	Монтаж стальных пролетных строений	12	4					
5.1	Способы монтажа пролетных строений стальных мостов. Выбор способа монтажа	2	2					
5.2	Монтажные соединения стальных пролетных строений. Соединение на высокопрочных болтах. Сварные соединения	2						

1	2	3	4	5	6	7	8	9
5.3	Продольная надвижка стальных пролетных строений. Навесной и полунавесной монтаж пролетных строений	2	2					
5.4	Навесной и полунавесной монтаж пролетных строений. Уравновешенная сборка. Сборка с применением временных опор	2						
5.5	Особенности сборки сталежелезобетонных пролетных строений. Монтаж главных балок. Способы укладки и включения в работу железобетонных плит	2						
5.6	Сборка вантовых и висячих мостов. Сооружение пилонов. Монтаж канатов и вант. Монтаж главной балки	2						
VI	Установка пролетных строений в проектное положение	2						
6.1	Область применения. Установка кранами. Продольная и поперечная передвижка пролетных строений. Установка на опоры с плавучих средств. Подъем и опускание пролетных строений. Установка на опорные части	2						
VII	Строительство водопропускных труб и деревянных мостов	4						
7.1	Постройка водопропускных труб. Перевозка элементов и устройство железобетонных труб. Изготовление конструкций и постройка металлических труб	2						

1	2	3	4	5	6	7	8	9	
7.2	Строительство деревянных мостов. Основные положения. Материал. Изготовление элементов деревянных конструкций. Постройка свайных и рамных опор. Постройка пролетных строений	2							
VIII	Строительные площадки	4	2						
8.1	Состав и элементы строительных площадок. Состав строительных площадок. Транспорт. Энерго- и водоснабжение. Бетонные узлы	2	2						
8.2	Проектирование строительных площадок. Основы разработки схем площадок. Компоновка строительных площадок. Вопросы охраны окружающей среды	2							
	Курсовой проект								
	Итого за семестр	48	16					экзамен	
	Всего аудиторных часов	64							
	Итого за год	96	32						
	Всего аудиторных часов	128							

ЛИТЕРАТУРА

Основная литература

1. Бобриков, Б. В. Строительство мостов / Б. В. Бобриков, И. М. Русаков, А. А. Царьков. – М.: Транспорт, 1987. – 304с.
2. Колоколов, Н. М. Строительство мостов / Н. М. Колоколов, Б. М. Вейнблат. – М.: Транспорт, 1984. – 504с.
3. Глотов, И. М. Основания и фундаменты мостов. Справочник / Г. П. Соловьев, Н. С. Файнштейн. – М.: Транспорт, 1990. - 383с.
4. 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 : Изд-во ДВГУПС, 2005. – 153 с.: ил.

Дополнительная литература

1. Круглинский, А. В. Сборно-разборные временные мосты / А. В. Круглинский. – М.: Транспорт. 1987.- 191с.
2. Вейнблат, Б. М. Краны для строительства мостов Справочник / Б. М. Вейнблат, И. И. Елинсон, В. В. Каменцев. – М.: Транспорт, 1988. – 215с.
3. Пащенко, В. А. Заводское изготовление мостовых железобетонных конструкций / В. А. Пащенко. - М.: Транспорт: 1972. – 248с.
4. Мамлин, Г. А. Изготовление конструкций стальных мостов / Г. А. Мамлин. – М.: Транспорт, 1976. – 357с.
5. Круглинский, А. В. Монтаж стальных пролетных строений мостов / В. К. Белый. – М.: Транспорт, 1978. – 393с.
6. Организация работ по строительству мостов. М.: Транспорт, 1978. – 336 с.
7. Учебно-методическое пособие по дисциплине «Строительство автомобильных мостов». – Мн.: БГПА, 1998. – 18с.
8. ВСН 136-78. Указания по проектированию вспомогательных сооружений и устройств для строительства мостов. М.: ЦНИИС, Минстрой СССР, 1978 г.
9. Красный, Ю. М. Проектирование стройгенплана и организация строительной площадки / Ю. М. Красный. – Екатеринбург : УГТУ, 2000. – 148 с.
10. Яцков, А. Д. Методика расчета монтажной и ремонтной оснастки / А. Д. Яцков, Н. Ю. Холодилин, О. А. Холодилина. – Тамбов : ТГТУ, 2008. – 67 с.
11. Рязанов, Ю. С. Строительство мостов. Временные вспомогательные сооружения и устройства / Ю. С. Рязанов. – Хабаровск : ДВГУПС, 2005. – 154 с.