

Колоколов Н. М., Вейнблат Б. М.

**Строительство мостов.
Учебник**

**Москва
«Книга по Требованию»**

УДК 504
ББК 20.1
К61

К61 **Колоколов Н. М.**
Строительство мостов. Учебник / Колоколов Н. М., Вейнблат Б. М. – М.:
Книга по Требованию, 2013. – 504 с.

ISBN 978-5-458-36037-1

Изложена технология строительства железобетонных, стальных и деревянных мостов различных систем с учетом индустриального изготовления сборных элементов их конструкций. Приведены сведения об инвентарных вспомогательных сооружениях, мостостроительном оборудовании и технологической оснастке, расчет вспомогательных сооружений и устройств. Первое издание опубликовано в 1975 г. Во втором издании нашли отражение новые нормативно-инструктивные положения и достижения последних лет в области мостостроения. Учебник предназначен для студентов мостовой специальности автодорожных вузов и может быть использован инженерно-техническими работниками. В книге, составленной в соответствии с программой курса строительства мостов для студентов мостовой специальности автомобильно-дорожных вузов, нашли отражение результаты современного отечественного и зарубежного передового опыта мостостроения и научно-исследовательских работ в этой области. В связи с тем, что в нашей стране прекратилось строительство каменных мостов и кессонных фундаментов опор, в учебнике эти вопросы не рассмотрены.

ISBN 978-5-458-36037-1

© Издание на русском языке, оформление

«YOYO Media», 2013

© Издание на русском языке, оцифровка,

«Книга по Требованию», 2013

Эта книга является репринтом оригинала, который мы создали специально для Вас, используя запатентованные технологии производства репринтных книг и печати по требованию.

Сначала мы отсканировали каждую страницу оригинала этой редкой книги на профессиональном оборудовании. Затем с помощью специально разработанных программ мы произвели очистку изображения от пятен, кляксы, перегибов и попытались отбелить и выровнять каждую страницу книги. К сожалению, некоторые страницы нельзя вернуть в изначальное состояние, и если их было трудно читать в оригинале, то даже при цифровой реставрации их невозможно улучшить.

Разумеется, автоматизированная программная обработка репринтных книг – не самое лучшее решение для восстановления текста в его первозданном виде, однако, наша цель – вернуть читателю точную копию книги, которой может быть несколько веков.

Поэтому мы предупреждаем о возможных погрешностях восстановленного репринтного издания. В издании могут отсутствовать одна или несколько страниц текста, могут встретиться невыводимые пятна и кляксы, надписи на полях или подчеркивания в тексте, нечитаемые фрагменты текста или загибы страниц. Покупать или не покупать подобные издания – решать Вам, мы же делаем все возможное, чтобы редкие и ценные книги, еще недавно утраченные и несправедливо забытые, вновь стали доступными для всех читателей.

Глава 1. ОБЩИЕ ВОПРОСЫ

**1.1. Исторический обзор и основные
направления строительства мостов
и труб**

Совершенствование технологий и организации строительства мостов и других искусственных сооружений на дорогах в разные исторические периоды неразрывно связано с общим уровнем общественного производства и социальными условиями в стране.

Мостостроительная техника дореволюционной России хотя и находилась на сравнительно высокой для своего времени ступени развития, однако отличалась слабой механизацией работ. Это объяснялось в частности недостаточным развитием машиностроительной промышленности, которая не могла обеспечить потребностей строительства необходимыми машинами и оборудованием. В тот период опоры капитальных мостов сооружали преимущественно из бутовой ручной кладки, а пролетные строения средних и больших мостов — из металлических конструкций с ручной сверловкой и клепкой. Вручную же выполняли и плотничные, земляные, погрузочно-разгрузочные и многие другие работы по возведению искусственных сооружений. Все это приводило к необходимости большого числа рабочих на строительстве и невысокой производительности их труда.

До Великой Октябрьской Социалистической революции в стране не было достаточно мощной строительной промышленности, не было специализированных фирм с подготовленными кадрами специалистов, резервом оборудования и механизмов, не существовало мостовых заводов и баз. Великая Октябрьская Социалистическая революция открыла большие возможности развития производительных сил страны, вскрыла неисчерпаемые источники народного творчества во всех областях социалистического строительства. После окончания гражданской войны и завершения восстановительного периода были созданы государственные проектные и строительные мостовые организации, объединяющие разрозненные кадры специалистов и рабочих. Это позволило совершенствовать старые и разрабатывать новые виды конструкций, а также значительно сократить ручной труд за счет механизации работ и изготовления элементов конструкций на промышленных предприятиях.

Мостостроительные организации стали быстро пополняться машинами, оборудованием, кадрами.

В тот же период особенно четко выявились тенденция тесной увязки конструктивных решений с технологией постройки. Установлено, что высокое качество строительства искусственных сооружений с наименьшей стоимостью и малыми сроками их возведения возможно только при хорошей организации работ, достаточно полной разработке конструктивных и технологических вопросов строительства.

Одно из первых крупных мероприятий в советском мостостроении в период первой пятилетки — широкое внедрение бетона и железобетона взамен каменной кладки и металла. Механизация работ по приготовлению, транспортированию и укладке бетонной смеси позволила резко сократить их трудоемкость.

В течение первых двух десятилетий после Великой Октябрьской Социалистической революции в стране было построено значительное число крупнейших железобетонных мостов через реки Днепр, Волгу, Ангару, Неву, через канал имени Москвы и др. Отдельные перекрываемые пролеты в них достигали 130 м. По своим размерам, конструкциям и методам производства работ эти мосты значительно превосходили ранее построенные. Особо широкое применение получил железобетон в малых и средних мостах, трубах под насыпями. Большие железобетонные мосты строили преимущественно арочной конструкции из монолитного бетона на подмостях и кружалах, устанавливаемых непосредственно в пролете. Строительство монолитных железобетонных мостов продолжалось и в 40-х годах, но на более высокой технической основе. Примером могут служить уникальные двухъярусные железобетонные мосты под совмещенное железнодорожное и автомобильное движение через реки Старый и Новый Днепр у Запорожья с арочными пролетами в 140 и 228 м. Здесь арки сооружали на стальных инвентарных кружалах с подачей материалов мощными кабель-кранами и применением ряда передовых приемов строительства.

Принятые КПСС и советским правительством в 1954 г. постановления по вопросам индустриализации строительства, развития промышленности строительных материалов и сборных конструкций, улучшения качества работ и снижения их стоимости способствовали ускоренному развитию мощной промышленности сборного железобетона. Началось корениное изменение технологии производства, выразившееся в переходе на сборные конструкции и индустриальные методы работ. Это в полной мере коснулось и постройки искусственных сооружений (рис. 1.1). В настоящее время автодорожные и городские мосты с пролетами до 150 м строят преимущественно из сборных железобетонных и сталежелезобетонных конструкций при заводском и полигонном способе изготовления их элементов. Применение в малых и средних автодорожных мостах металлических конструкций с пролетами менее 50 м сократилось, чему в значительной мере способствовало освоение пролетных

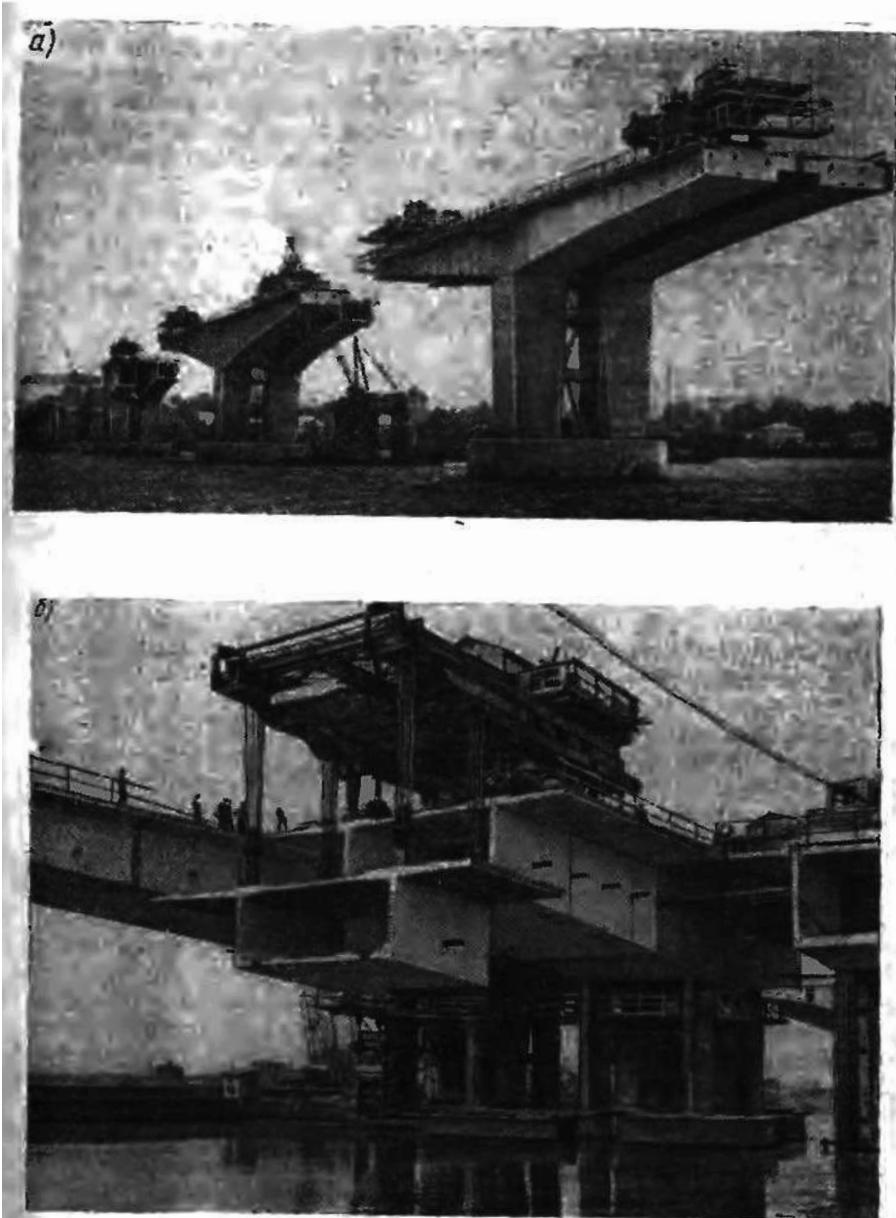


Рис. 1.1. Навесной монтаж железобетонных пролетных строений:
а — моста через р. Волгу, рамно-консольного с пролетами по 118 м; б — через р. Москву,
балочно-неразрезного с пролетами по 117 м

строений из сборного предварительно напряженного железобетона, получившего особое развитие после 1956 г.

Расширение объема и повышение уровня мостостроения неразрывно связано со строительством новых и реконструкцией существующих дорог. Возникновение новых промышленных районов, особенно в Сибири, на Дальнем Востоке и в Средней Азии, а также развитие крупнейших энергетических центров с большой индустрией и городами связано с необходимостью постройки дорог и мостов под интенсивно обращающиеся тяжелые нагрузки. Не меньшее значение имела реконструкция дорог, на которых насчитывались десятки тысяч деревянных сильно изношенных мостов малой грузоподъемности, сотни переправ через средние и большие реки, ограничивавшие пропуск автомобильного транспорта, а в ряде случаев создававшие небезопасные условия для эксплуатации дорог, а поэтому требовавшие замены их на капитальные мосты.

Все эти обстоятельства привели к ежегодному возрастанию объемов работ по строительству мостов всех видов и назначений. Так, в течение девятой и десятой пятилеток этот рост составлял ежегодно в среднем от 8 до 12 %. Характерен опережающий рост строительства автодорожных и городских мостов, путепроводов (рис. 1.2) и эстакад, доля которых достигает 75 % от общего числа строящихся по стране объектов мостостроения.

За годы десятой пятилетки построен ряд крупнейших городских мостов, например, железобетонный мост через р. Даугаву в Риге, где для пересечения русла реки были применены сборные неразрезные пролетные строения с максимальным пролетом 90 м, построен ряд крупных многопролетных путепроводов балочно-неразрезной конструкции. Интересным явилось применение неразрезных сборных конструкций, монтируемых с перемещающимися подмостей (рис. 1.3). На строительстве путепровода в Ленинграде достигнут высокий темп монтажа — собрано в течение месяца 3 пролетных строения новой системы плитно-ребристых конструкций (ПРК). Построен городской железобетонный мост через р. Оку, где на сборке пролетных строений эффективно применен оригинальный монтажный кран грузоподъемностью 60 т (рис. 1.4); неразрезная пletь из сборных неразрезных конструкций достигла здесь 980 м.

Металлические пролетные строения применяются преимущественно в железнодорожных мостах. Например, на БАМе все средние и большие мосты выполнены из сборных металлических пролетных строений. В автодорожных и городских мостах металл используется при сооружении пролетных строений больших пролетов. За годы десятой пятилетки построены замечательные вантовые мосты через реки Днепр, Даугаву и Шексну, в которых наибольший пролет доведен до 320 м. В ближайшей перспективе этот вид сооружений сильно разовьется. Общее количество металлоконструкций в мостах всех видов достигло 150 тыс. т в год. Создана необходимая промышленность для изготовления сборных конструкций.

В 1981—1985 гг. получает дальнейшее развитие сеть благоустроенных автомобильных дорог: будут введены в действие авто-

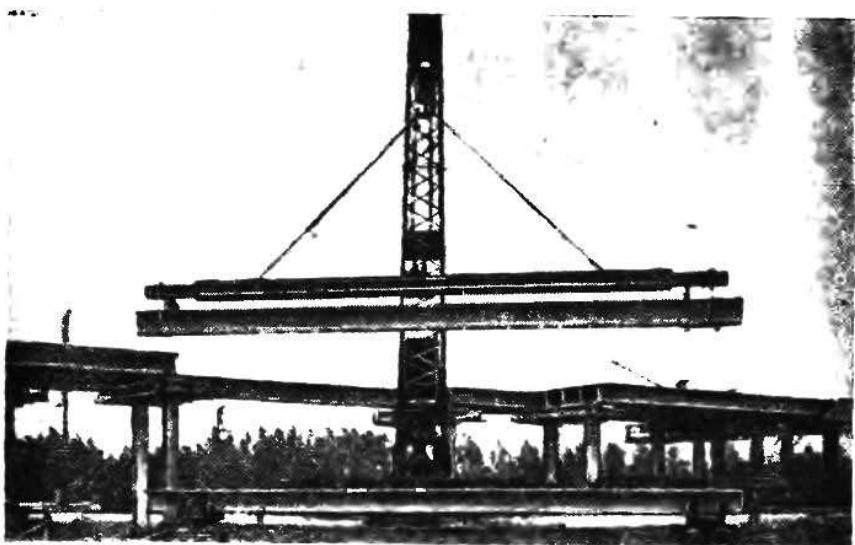


Рис. 1.2. Монтаж пролетных строений п. тепрогона с пролетами по 33 м при помощи 100-тонного б. смотивного крана

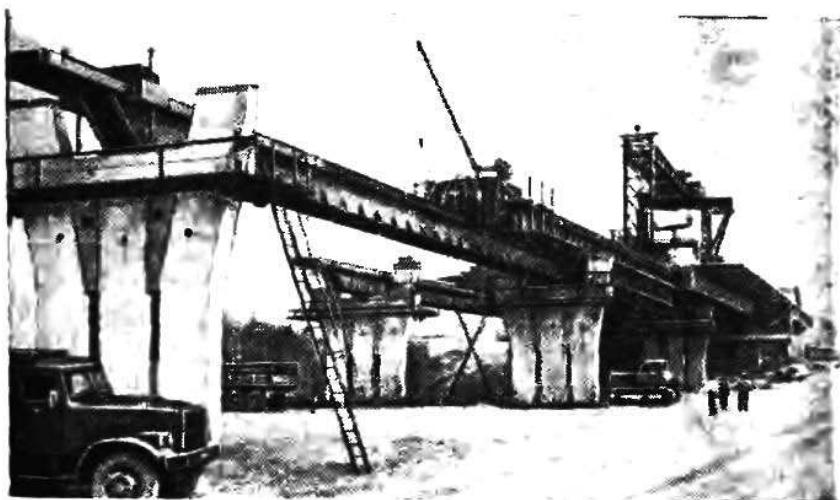


Рис. 1.3. Монтаж неразрезных пролетных строений по 42 м на перемещаемых подмостях на береговых участках эстакады моста через р. Днепр



Рис. 1.1. Монтаж первых пролетных строений пролетом по 128 и 60 тоннами краном

мобильные дороги общей протяженностью 80 тыс. км; намечено осуществить реконструкцию ряда важнейших автомобильных магистралей¹; завершився строительство Байкало-Амурской железнодорожной магистрали². Связанные этим большие масштабы возведения искусственных сооружений из железобетона и металла должны быть успешно решены на основе индустриализации работ, обеспечивающей рост производительности труда, высокие темпы и качество сооружения мостов и водоотводных труб.

1.2. Индустриальные методы строительства

Повышение уровня индустриализации мостостроения неразрывно связано с решением ряда коренных задач, из которых наиболее важны следующие: 1) широкое применение сборных типовых железобетонных конструкций, разработанных на основе унификации

¹ В Центральном Комитете КПСС и Совете Министров СССР (Передовка) — Правда, 1980, 23 апреля.

² Основные направления экономического и социального развития СССР на 1981—1985 годы и на период до 1990 года. — В кн.: Материалы XXVI съезда КПСС. — М.: Политиздат, 1981, с. 171.

и стандартизации их генеральных 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 индустриальных методов в строительстве мостов всех типов и размеров обеспечивает значительное ускорение и удешевление работ. Промышленное производство элементов мостовых конструкций сопряжено со снижением затрат труда и времени, а также с более высоким качеством конструкций по сравнению с их изготовлением непосредственно на строительстве.

Увеличение объемов строительно-монтажных работ достигается без существенного возрастания общей численности работающих на производстве за счет повышения производительности труда. Успешное решение этой задачи обеспечивается повышением степени индустриализации мостостроения с применением более совершенных технологических приемов работ, превращая строительство в машинное производство, где используется эффективная технология и организация на основе передовых методов и экономичных конструкций при высокой степени механизации работ. Развитие и совершенствование индустриального строительства — длительный и сложный процесс, связанный с необходимостью больших проектно-исследовательских работ и капиталовложений на создание и развитие промышленной базы: заводов железобетонных и стальных конструкций, предприятий по подготовке подсобных и вспомогательных изделий и технологического оборудования. Требуется изготовление специального транспортного оборудования для перевозки тяжеловесных и длинномерных конструкций (трейлеров, специальных волоков и платформ), парка тяжелого подъемно-транспортного кранового оборудования для монтажа, а также инвентарных вспомогательных конструкций.

Эффект индустриализации особенно значителен в строительстве малых и средних мостов, путепроводов и водопропускных труб, которые составляют подавляющую массу возводимых на дорогах искусственных сооружений. Применение типовых конструкций и технологических правил на строительстве всех видов искусственных сооружений как малых, так и больших при стабильности типовых проектов — важнейшие условия дальнейшего технического прогресса.

При индустриализации мостостроения главенствующая роль принадлежит сборным железобетонным конструкциям опор и пролетных строений, оставляя на долю монолитного бетона укладку бетонной смеси в безарматурные конструкции. Развитие химии и производства синтетических смол и полимерных материалов открывает широкие перспективы их использования в комбинированных конструкциях пролетных строений, для образования надежных соединений сборных элементов, особенно средних и больших мостов из железобетона и сталежелезобетона, а также сборных деревянных kleеных опор и пролетных строений малых и средних мостов.

Эффективность индустриализации зависит от степени типизации и унификации элементов сооружения. Созданные ранее многочисленные типовые проекты искусственных сооружений с недостаточной унификацией элементов затрудняют организацию промышленного массового поточного производства сборных конструкций. Отсутствуют типовые проекты на большие мосты. Все это потребует в ближайшее время пересмотра и создания типовых проектов на основе более полной унификации с учетом последних достижений науки и техники, при сокращенной номенклатуре изделий.

При разработке унифицированных проектов типовых автомобиле-дорожных и городских мостов, в первую очередь, 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 генеральных размеров пролетных строений не только для малых и средних, но и для больших мостов.

В соответствии с единой модульной системой, принятой в промышленном и гражданском строительстве, в качестве модуля для мостовых конструкций был принят размер в 10 см, а для длины пролетных строений — укрупненный 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. Приняв за основу единый модуль, стало возможным унифицировать размеры технологической оснастки и конструкций, применяемых при изготовлении, например, инвентарной металлической опалубки, форм, кассет и подвижных упоров, пучков, напрягаемой арматуры, арматурных сеток, закладных деталей и т. д.

На основе укрупненного модуля с 1962 г. установлена единая сетка длин пролетных строений для автомобильно-дорожных и городских мостов. В унифицированных типовых пролетных строениях балочно-разрезной конструкции установлена следующая сетка размеров полной длины балок: 6, 9, 12, 15, 18, 21, 24, 30 и 42 м. Унификация пролетных строений позволила существенно уменьшить число типоразмеров.

В больших мостах главным параметром принято считать полную длину конструкции пролетного строения и согласованное с ней расстояние между осями опор. Модульная сетка основных размеров, принятая для больших автодорожных мостов, 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 принята по стандартной сетке также с модулем 300 см.

Исходя из этих размеров составляют типовые и индивидуальные проекты пролетных строений больших мостов и разрабатыва-

ют монтажно-технологическое оборудование и инвентарное имущество для их постройки.

Для малых и средних автодорожных мостов с габаритами проезда Г-8 и Г-9 и с разрезными пролетными строениями длиной от 6 до 42 м разработаны типовые конструкции сборных опор высотой от обреза фундамента до верха опоры 5—15 м. Опоры для пролетов от 12 до 24 м в поперечном сечении запроектированы в виде тавровой одностолбчатой конструкции, для пролетов от 18 до 42 м — как правило, двухстолбчатой конструкции. Ригели, колонны-столбы, прокладные ряды и ростверки предусмотрены сборными, фундаменты — на естественном основании и на железобетонных прямоугольных сваях стандартных сечений. Части опоры на участке уровней ледохода приняты сборно-монолитной конструкции. В типовых проектах сборных опор малых и средних мостов, а также опор больших мостов, как правило, применяют железобетонные сваи, оболочки и столбы по унифицированным нормам. Для фундаментов опор установлены железобетонные сваи сплошного сечения стандартных размеров 30×30, 35×35, 40×40 и 45×45 см и длиной до 24 м, трубчатые сваи с наружным диаметром 40, 60 и 80 см и оболочки с наружным диаметром 120, 160, 200 и 300 см. Длина полых свай и оболочек установлена с учетом производственных условий их изготовления и принята кратной модулю 2 м.

Типовой проект унифицированных водопропускных сборных железобетонных труб под насыпями автомобильных и железных дорог общей сети предусматривает в качестве генерального параметра отверстие звеньев следующих размеров: 0,5, 0,75, 1,0, 1,25, 1,5, 2,0, 3,0 и 4,0 м. Проекты типовых металлических круглых и эллиптических труб предусматривают размеры отверстий равными 1,0, 1,5, 2,0, 3,0, 4,0 и 5,0 м.

На основе утвержденных модульных генеральных размеров сборных мостовых конструкций и разработки унифицированных типовых проектов уточнены остальные размеры и формы отдельных элементов и деталей искусственных сооружений, а также соответствующие типы и размеры технологической оснастки для изготовления конструкций на заводах и полигонах. В типовых проектах наряду с унификацией генеральных размеров и форм конструкций ограничено число применяемых сортов и размеров арматурных стальных, а также марок бетона. Основной принцип технологии и изготовления унифицированных конструкций — создание масштабного поточного производства.

В технологической части проектов унифицированных конструкций указывают: инвентарные металлические опалубки, а также приемы механизированной их установки и снятия; специальные механизмы укладки и уплотнения бетонной смеси, теплового обогрева; приспособления для натяжения высокопрочной напрягаемой арматуры; передвижные тележки с упорами и т. д.

Степень индустриализации, в значительной мере характеризуемая отношением объема или массы используемых сборных кон-

структур к общему их числу в сооружении, не одинакова для основных элементов моста — она большая для пролетных строений и меньшая для фундаментов и опор. Однако из года в год возрастает объем сборных конструкций промышленного изготовления также и в опорах.

При строительно-монтажных работах по устройству фундаментов опор средних и особенно больших мостов еще сохраняется необходимость изготовления на строительных площадках бетонной смеси, укладываемой в фундаменты, например, в низкие свайные ростверки, которые служат для объединения свай и оболочек в монолитную конструкцию. Монолитный бетон также применяют для заполнения внутреннего пространства погруженных оболочек и колодцев, особенно внизу на контакте с грунтом. По этим причинам степень сборности фундаментных конструкций опор больших мостов не превосходит 40—50 %.

В малых и средних мостах начинают применять так называемые безростверковые конструкции, где глубоко погружаемые сваи и оболочки объединяют лишь в пределах верхнего ростверка, расположенного непосредственно под пролетным строением.

В надфундаментной части опор средних и особенно больших мостов до недавнего времени сборные конструкции применяли в ограниченных размерах, обычно в верхней части опор, расположенной выше высокого уровня воды, а остальную часть бетонировали на месте постройки. В таких случаях требовалась большая затрата труда и времени на бетонные работы. Расширяется применение сборных бетонных и железобетонных опор, в которых на омоноличивание конструкций расход бетона не превышает 30—35 % от полного их объема.

В пролетных строениях степень сборности имеет наиболее высокие показатели. В железобетонных мостах она составляет 80—85 %, в сталежелезобетонных 85—90 %, а в стальных до 100 %. В железобетонных мостах наблюдается тенденция дальнейшего сокращения количества «мокрого» бетона, требующегося на омоноличивание сборных конструкций пролетных строений. Это достигается внедрением новых прогрессивных конструкций пролетных строений, собираемых из блоков максимальной заводской готовности.

В малых искусственных сооружениях, например, в водопропускных трубах, получили широкое применение полнособорные конструкции из железобетона и гофрированного металла. Степень сборности этих сооружений до 95—100 %.

Строительные организации имеют в своем распоряжении необходимые механизмы и оборудование, позволяющие успешно монтировать сооружения на основе отработанных технологических приемов.

Одним из важнейших элементов индустриализации строительства, обеспечивающих высокую производительность труда, являются механизация и автоматизация всех производственных процессов. Различают две стадии механизации — частичную и комплексную. При первой с помощью машин выполняют лишь от-