

*И.И. Иванчев К.Х. Топуров*

*А.Н. Топилин Н.И. Иваненко*

# **ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ АВТОДОРОЖНЫЕ МОСТЫ**



**И.И. Иванчев, К.Х. Топуров,  
А.Н. Топилин, Н.И. Иваненко**

# **ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ АВТОДОРОЖНЫЕ МОСТЫ**



Москва 2008

Издательство Ассоциации строительных вузов

## Рецензенты:

Кафедра «Строительства мостов и тоннелей»  
Военной академии тыла и транспорта (д.т.н., профессор *В.Н. Мячин*);  
Кафедра «Гидротехнических сооружений и мостов»  
Военно-технического университета (к.т.н., доцент *А.В. Балахнов*).

**И.И. Иванчев, К.Х. Топуров, А.Н. Топилин, Н.И. Иваненко**

Железобетонные автодорожные мосты: Научное издание. – М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2008. – 280 с.

**ISBN 978-5-93093-539-4**

Книга написана коллективом болгарских (проф. д-р инж. Илия Ив. Иванчев, доц. д-р инж. Костадин Хр. Топуров) и российских (к.т.н. проф. А.Н. Топилин, к.т.н. проф. Н.И. Иваненко) авторов и отражает современное состояние проектирования и строительства железобетонных мостов с использованием примеров преимущественно из болгарского опыта.

Теория и практика строительства мостовых сооружений на протяжении длительного исторического периода в Болгарии и России развивались в тесной взаимосвязи и имеют много близких конструктивных и технологических решений. Это хорошо просматривается из содержания книги. Для российского читателя особый интерес может представлять использование в Болгарии европейского опыта проектирования и строительства железобетонных мостов.

В книге изложены классификация мостов, принятая в болгарских нормах, общие положения по проектированию мостовых переходов, конструкции пролетных строений, опор и опорных частей наиболее распространенных железобетонных мостов балочных и рамных систем, расчеты железобетонных мостовых конструкций с ненапрягаемой (обычной) и напрягаемой арматурой. В краткой форме представлены описания основных способов сооружения железобетонных мостов, основы их содержания и эксплуатации.

Значительная часть территории Болгарии расположена в предгорной и горной местности, что вынуждает строить большое количество мостовых сооружений на дорогах, в том числе и уникальных. Поэтому уровень мостостроения в стране всегда был высоким.

Авторы книги имеют большой научный и производственный опыт в области мостостроения своих стран и преподают мостовые дисциплины в вузах Болгарии и России. Поэтому, несмотря на сравнительно ограниченный объем книги, в ней удалось осветить важнейшие достижения, направления развития и проблемные вопросы в области железобетонного мостостроения.

Книга может быть использована научными работниками, ведущими исследования железобетонных мостов, проектировщиками и специалистами мостостроительного производства. Отдельные разделы книги изложены в стиле, характерном для учебников, поэтому она может быть рекомендована для студентов и аспирантов строительных, автодорожных и железнодорожных вузов в качестве дополнительной литературы.

**ISBN 978-5-93093-539-4**

© Издательство АСВ, 2008

© Коллектив авторов, 2008

## ВВЕДЕНИЕ

Автомобильные дороги являются важнейшей составляющей сети путей сообщения. Автотранспортом перевозится наибольший объем грузов. Он едва ли не единственный вид транспорта, обеспечивающий перевозку грузов от «двери до двери». Кроме того, автотранспорт играет связующую роль между остальными видами транспорта.

Известно, что автомобильная дорога включает комплекс инженерных сооружений, предназначенный для обеспечения движения транспортных потоков автомобилей и автопоездов с установленными нормами скоростями и весом при обеспечении безопасности и комфортности движения. Для прокладки автодорог через различного рода препятствия возводят мостовые сооружения, водопропускные трубы и тоннели. Мостовые сооружения предназначены для пропуска дорог или коммуникаций (например, трубопроводов) через реки и водные акватории, овраги и ущелья, другие автомобильные или железные дороги и т.д. К мостовым сооружениям относятся мосты, путепроводы, эстакады, виадуки, трансбордеры.

Мостовые сооружения являются наиболее массовыми дорожными объектами (за исключением водопропускных труб) на автомобильных дорогах. Они должны отвечать комплексу потребительских качеств, главным из которых является обеспечение безопасности пользователей в пределах нормативного срока эксплуатации. Кроме того, они должны удовлетворять экономическим, архитектурным (эстетическим), экологическим и др. требованиям.

Мостовые сооружения довольно часто строятся и эксплуатируются в опасных и изменяющихся во времени природно-климатических, эксплуатационных и техногенных условиях. К ним можно отнести воздействие неблагоприятных факторов окружающей среды и предприятий с опасным производством, продолжающийся рост веса транспортных средств, повреждения и разрушения в зонах чрезвычайных ситуаций и др. Прослеживается тенденция увеличения числа мостов с большими пролетами (100–2000 м), относящихся к сооружениям повышенной ответственности. Вместе с тем стремление к увеличению пролетов и высоты мостов не должно быть самоцелью. Оно всегда должно обосновываться экономической и эксплуатационной целесообразностью.

Мостовые сооружения долговечны. Их прогнозируемый жизненный цикл достигает 80–100 лет и более. С увеличением возраста моста его потребительские качества неуклонно снижаются, в том числе и под воздействием факторов, которые трудно спрогнозировать на столь длительный срок. В частности, надо весьма осторожно относиться к применению новых материалов, которых все больше и больше предлагается современным рынком, так как предвидеть изменения их прочности за столь длительный срок эксплуатации моста весьма затруднительно.

Таким образом, каждый мост, мостовое сооружение можно рассматривать как ответственное долговечное сооружение и очень часто как произведение искусства. Его проектирование и строительство требуют от инженеров и архитекторов глубоких профессиональных знаний и индивидуального

творчества. Эти специфические особенности обособили в мировой практике самостоятельную науку сооружения мостов.

Конечно, и другие сложные и ответственные строительные сооружения (телебашни, атомные электростанции и др.) тоже требуют особого подхода при проектировании и строительстве. Однако их создание не рассматривается как отдельные науки, поскольку строительство таких сооружений не носит массового характера.

В данной книге приведены основные конструктивные решения, отдельные вопросы проектирования и строительства железобетонных мостов и других мостовых сооружений, которые начиная с середины XX века получили наибольшее распространение на автомобильных дорогах многих стран мира, в том числе в Болгарии и России. Предполагается, что уважаемый читатель уже имеет основополагающие знания строительной механики, строительных материалов и других общинженерных наук. Однако требуется обратить внимание на некоторые излагаемые в данной книге особенности их применения при проектировании мостов.

В книге не ставилась цель дать точные рецепты или алгоритмы проектирования и строительства конкретного моста. Главное внимание уделено изложению общих принципов выбора конструктивных форм и технологических методов строительства. Кроме того, даны некоторые особенности выбора поперечных сечений несущих элементов и расчета конструкций.

Авторы книги исходят из того, что расчет железобетонных элементов не сводится только к определению количества арматуры, что было бы во многих случаях недостаточным. При выборе вида и формы конструкции учитываются технология ее сооружения, предшествующий опыт проектирования аналогов, расчетная модель, а при расчете методами нелинейного анализа вначале назначается количество и расположение рабочей арматуры. На основании данных предпосылок и после принятия теоретической модели (расчетной схемы) выполняется статический и динамический расчет, в результате которого получают усилия в сечениях элементов конструкции. По этим усилиям проверяется правильность назначения геометрических размеров и количества арматуры по общей зависимости

$$[S_{ou}] \leq [S_{in}],$$

в котором:  $S_{ou}$  – величина, полученная в результате статического или динамического расчета, например момент, сила, перемещение и т.д.;  $S_{in}$  – величина с размерностью как  $S_{ou}$ , но зависящая от параметров конструкции, расчетных сопротивлений материалов, ограничения перемещений и т.д.

Если хоть одно неравенство из данного типа не удовлетворено, надо сделать изменения в каком-нибудь элементе и процесс расчета повторить. В настоящем изложении представлена последовательность процесса проектирования.

Ознакомление или изучение материалов данной книги студентами полезно для формирования и расширения профессиональной теоретической базы в области строительства железобетонных мостов.

# ГЛАВА 1. КЛАССИФИКАЦИЯ МОСТОВ. ПРЕИМУЩЕСТВА И НЕДОСТАТКИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ МОСТОВ

## 1.1. КЛАССИФИКАЦИЯ МОСТОВ ПО РАЗНЫМ КРИТЕРИЯМ

Каждая классификация относительна и зависит от выбора критериев. В этом выборе, в зависимости от автора, не исключен и субъективный элемент. Учитывая субъективность, предложенная классификация не универсальна.

### 1.1.1. В зависимости от основного материала главной несущей конструкции

- а) Каменные – из естественного или искусственного камня.
- б) Бетонные (без арматуры).
- в) Железобетонные, в том числе преднапряженные.
- г) Деревянные.
- д) Металлические – стальные, алюминиевые и т.д.
- е) Сталежелезобетонные.
- ж) Пластмассовые.

### 1.1.2. В зависимости от функционального назначения

а) Автодорожный мост – сооружение, на котором расположена автомобильная дорога и обычно пешеходные тротуары; иногда городские мосты классифицируют как отдельную группу, имея в виду их специфику.

б) Железнодорожный мост – сооружение, на котором расположена железная дорога (нормальная, узкоколейная, метро).

в) Совмещенный мост – для железнодорожного и автодорожного движения. Возможно движение на двух уровнях, обычно верхний ярус – для движения автомобилей и пешеходов, а нижний – для поездов.

г) Пешеходный мост – во многих случаях и для велосипедного движения.

д) Мост-канал – сооружение для безнапорного водотока, например ирригационные или судоходные каналы. Мост для безнапорного водопровода называют акведук.

е) Трубопроводный мост. Основной элемент этого моста – труба для транспортировки жидкостей и газов; во многих случаях труба является и элементом пролетного строения.

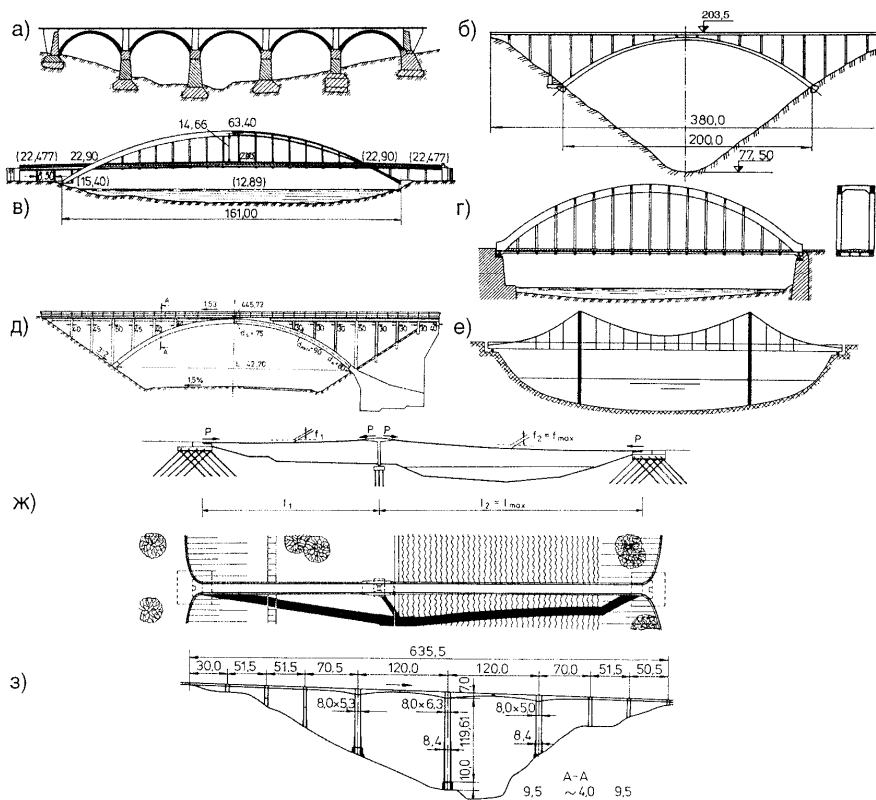
ж) Технологическая эстакада – конструкция для технологических трубопроводов, ленточных транспортеров или других сооружений промышленного транспорта.

По автодорожным, железнодорожным и пешеходным мостам иногда расположены трубопроводы разного предназначения, электрические кабели и т.д.

### 1.1.3. В зависимости от расположения проезжей части относительно главной несущей конструкции (рис. 1.1, 1.3)

1 – с ездой поверху;

- 2 – с ездой понизу;
- 3 – с ездой посередине.



**Рис. 1.1. Продольные разрезы, или виды сбоку мостов:**

а), б) арочные мосты; в) комбинированная система с ездой посередине; г) арочный мост с затяжкой и ездой понизу; д) трехшарнирная арочная конструкция с ездой поверху; е) висячий мост; ж) ленточный мост; з) виадук

#### **1.1.4. В зависимости от вида препятствия**

а) Мост через водное препятствие – река, канал, морская акватория, озеро и т.д.

б) Путепровод – мост, по которому автомобильная или железная дорога пропускается над другой дорогой.

в) Виадук – мост над суходолом, глубоким оврагом, горным ущельем; отверстия моста обусловлены топографией местности, а не каким-нибудь габаритом.

г) Эстакада – сооружение беспрепятственного пропуска скоростных автомагистралей над городской застройкой или промышленной территорией.

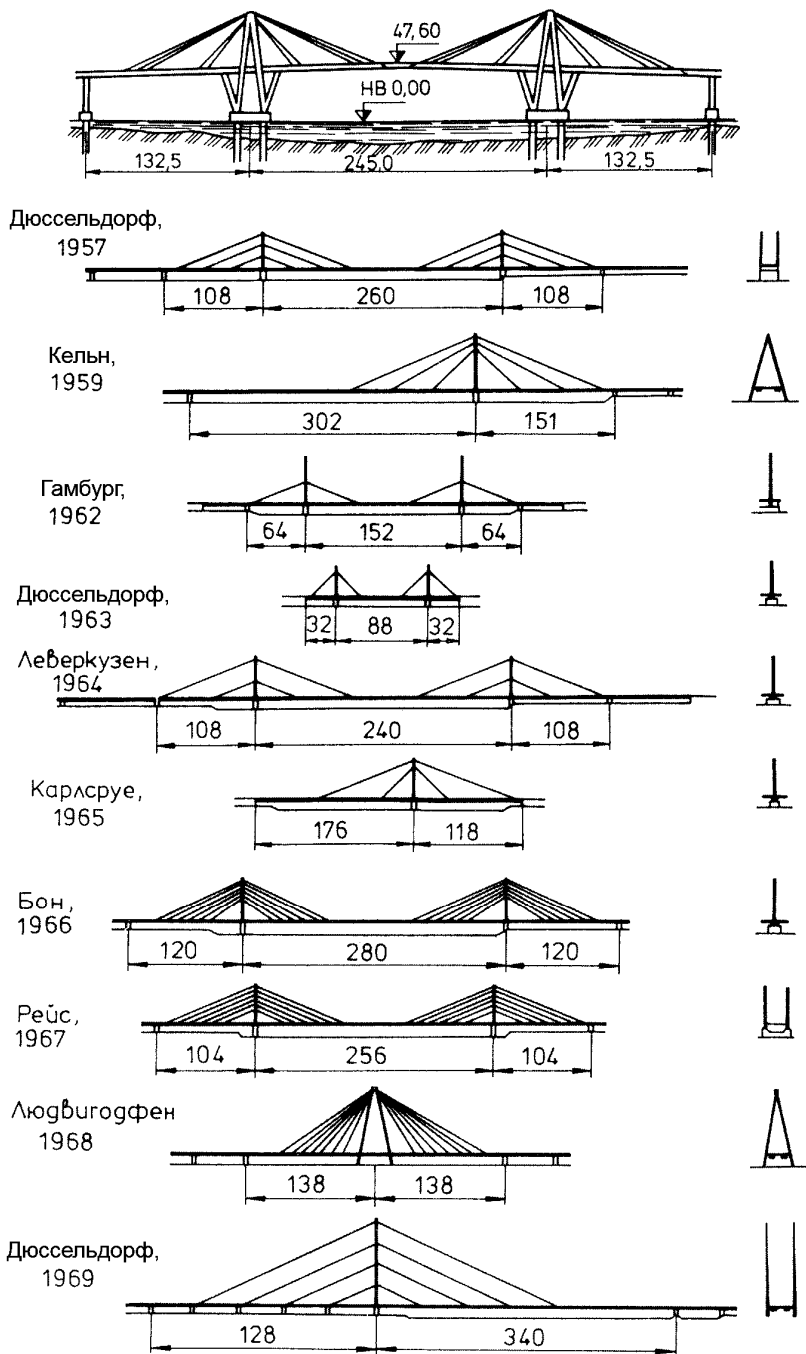


Рис. 1.2. Продольные разрезы вантовых мостов



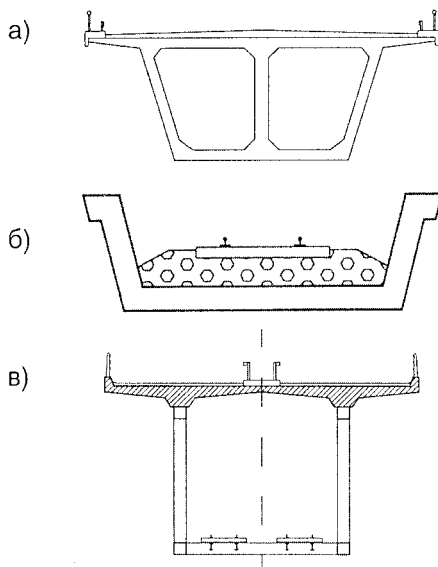
### 1.1.5. В зависимости от формы моста в плане

а) Прямой, нормальный мост – продольная ось моста (ось дороги) прямая, пролетное строение моста прямоугольной формы.

б) Прямой, косой мост – продольная ось моста (ось дороги) прямая, пролетное строение моста в форме параллелограмма. Величина острого угла принимается как показатель косины.

в) Мост по горизонтальной кривой – нормальный, когда оси устоев расположены по направлению радиуса кривой или косой, когда оси устоев не совпадают с радиусом кривой.

г) Мост сложной в плане формы – обычно на развязках дорог.



**Рис. 1.3. Поперечные разрезы мостов:**

а) автодорожный железобетонный мост коробчатого сечения и с ездой поверху;

б) железнодорожный балочный мост из преднапряженного железобетона с ездой понизу;

в) сталежелезобетонный двухъярусный мост – автодорожное движение сверху и железнодорожное – внизу

### 1.1.6. В зависимости от статической схемы

а) Арочные – с главными конструкциями из криволинейных стержней (арок).

б) Балочные – статическая система простая однопролетная, неразрезная многопролетная или консольная балка.

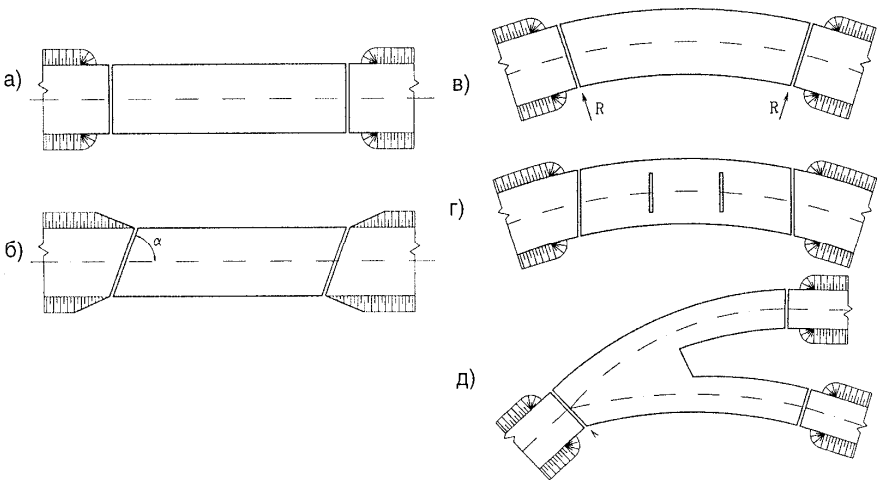
в) Рамные (с вертикальными или наклонными стойками). Усилия в рамах с вертикальными стойками часто не отличаются существенно от усилий в балках, поэтому эти мосты часто рассматривают в одной группе с балочными мостами.

г) Вантовые (рис. 1.2).

д) Висячие (рис. 1.1,е).

е) Комбинированные системы криволинейных и прямолинейных элементов, например арочные с различным соотношением жесткости арки и балки, (рис. 1.1,в и 1.1,г).

ж) Ленты из преднапряженного железобетона (рис. 1.1,з).



**Рис. 1.4. Мосты разных форм:**

а) прямой, нормальный мост; б) прямой косой мост,  $\alpha$  – угол косины; в) мост по горизонтальной кривой – оси устоев по направлению радиуса кривой; г) мост по горизонтальной кривой – оси всех опор параллельны между собой; д) мост сложной в плане формы

### **1.1.7. В зависимости от технологии строительства**

а) Монолитные – на стационарных подмостях, поперлетное бетонирование на переставных подмостях, навесное бетонирование и др.

б) Сборные – с разными видами членения конструкции и оформления стыков между элементами.

в) Сборно-монолитные – основная часть из сборных элементов, связанных с монолитно-бетонируемыми частями.

### **1.1.8. В зависимости от положения конструкции относительно горизонта вод**

а) Высоководные мосты свободно пропускают высокие воды и не препятствуют судоходству.

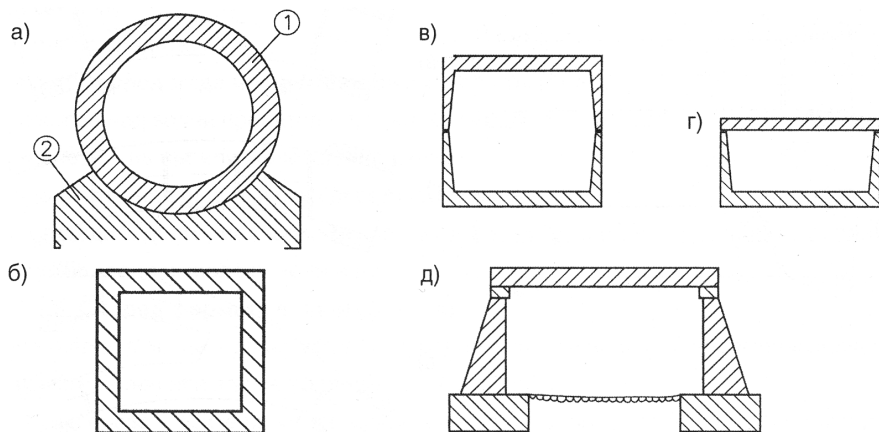
б) Разводные мосты, в которых один пролет разводится для пропуска судов.

в) Наплавные – на плавучих опорах, например понтоны. Другой тип – плавучая труба под водой; труба похожа на туннель с ездой внутри трубы.

Маленькие мосты пролетом в свету до 5 м называются трубами. На рис. 1.5 показаны некоторые поперечные сечения труб.

## 1.2. ПРЕИМУЩЕСТВА И НЕДОСТАТКИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ МОСТОВ

Когда говорим о преимуществах и недостатках, надо принять базу сравнения. На современном этапе стальные мосты занимают второе место по объему построенных мостов исходя из их площади в квадратных метрах. Поэтому сравнение сделано между железобетонными и стальными мостами. В разных странах мира объем железобетонных мостов составляет от 70% до 90%, а в Болгарии 95% мостов, железобетонной конструкции. Известно, что для пролетов свыше 100 м строят преимущественно стальные конструкции. Для самых больших пролетов (свыше 400 м) стальные конструкции являются единственным решением.



**Рис. 1.5. Характерные поперечные сечения труб:**

1 – сборные железобетонные трубные элементы; 2 – монолитный бетон; а) труба из сборных элементов кольцевого сечения; б) монолитная труба прямоугольного сечения; в) труба из сборных элементов П-сечения; г) труба из сборных элементов П-сечения и плитных сборных элементов; д) труба с монолитными устоями и плитным пролетным строением

Один из недостатков железобетонных мостов – их большой собственный вес. Поэтому вводим коэффициент  $K$ :

$$K = \gamma / R, \quad (1.1)$$

где  $\gamma$  – собственный вес материала в  $\text{кН/м}^3$ ;  $R$  – нормативное сопротивление материала в МПа.

Материал для конструкции лучше, когда коэффициент  $K$  меньше. Для бетона и железобетона  $K$  – в границах от 1,8 до 0,5 (в зависимости от класса бетона и процента армирования). Для дерева  $K$  – от 0,5 до 0,4. Для обычной конструкционной стали  $K$  – около 0,35, а для высокопрочной стали величина  $K$  еще меньше.

Это соотношение предопределяет и область применения железобетона. Для мостовых пролетных строений из обычного железобетона пролеты в

30–40 м считаются предельными. Для преднапряженного железобетона и классов бетона свыше В40 можно достичь увеличения диапазона применения железобетона. Теперь считают, что пролеты 200–250 м находятся в области эффективного применения железобетона с технической точки зрения. Экономическая эффективность определяется для каждого конкретного случая и связана со стоимостью строительных материалов и трудовых затрат, а также с продолжительностью строительства.

Другой недостаток железобетонных конструкций связан с процессом возведения. Как правило, стальные конструкции более удобные для сборной технологии и их монтаж мало зависит от погоды. Стремление к преодолению основного недостатка железобетонных мостов был основным двигателем для развития современных технологий: сборное строительство, поперлетное бетонирование на инвентарных подмостях и т.д.

Надо отметить и другое качество железобетона. Существует мнение, что железобетон имеет большую долговечность, чем сталь. Такое суждение можно принять условно. Большая загрязненность окружающей среды, применение соли во время зимней эксплуатации автомобильных дорог ведут к быстрому развитию коррозии бетона и железобетона преимущественно в элементах, находящихся в контакте с агрессивными агентами (например тротуары, карнизы и т.д.). Фактическая долговечность конструкции снижается, когда водоприемные воронки загрязнены и элементы конструкции подвержены действию агрессивных вод. С другой стороны, надо отметить, что теперь чаще применяют эффективные материалы для защиты стальных конструкций – полимеры, металлизация поверхностей и т.д. Все эти меры ведут к увеличению срока эксплуатации стальных конструкций и сокращению расходов на эксплуатацию.

В конце надо сказать, что долговечности железобетонных конструкций можно достичь при определенных условиях. Необходимо качественное проектирование и выполнение строительно-монтажных работ. Регулярно проводить техническое обслуживание, чтобы предотвратить ранний отказ конструкций и преимущественно в характерных зонах, например стыки и водоприемные воронки.

Стоимость мостовых конструкций, как было отмечено, зависит от многих факторов и определяется для каждого конкретного случая. Все-таки можно сказать, что для малых и средних пролетов стоимость квадратного метра железобетонных пролетных конструкций, как правило, ниже, чем для стальных. В этом – основная причина применения железобетонных мостов.

# СОДЕРЖАНИЕ

<b>ВВЕДЕНИЕ</b> .....	<b>3</b>
<b>ГЛАВА 1. КЛАССИФИКАЦИЯ МОСТОВ. ПРЕИМУЩЕСТВА И НЕДОСТАТКИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ МОСТОВ</b> .....	<b>5</b>
1.1. Классификация мостов по разным критериям.....	5
1.1.1. В зависимости от основного материала главной несущей конструкции.....	5
1.1.2. В зависимости от функционального назначения.....	5
1.1.3. В зависимости от расположения проезжей части относительно главной несущей конструкции.....	5
1.1.4. В зависимости от вида препятствий.....	6
1.1.5. В зависимости от формы моста в плане.....	8
1.1.6. В зависимости от статической схемы.....	8
1.1.7. В зависимости от технологии строительства.....	9
1.1.8. В зависимости от положения конструкции относительно горизонта вод.....	9
1.2. Преимущества и недостатки железобетонных мостов.....	10
<b>ГЛАВА 2. ИСТОРИЧЕСКИЙ ОБЗОР</b> .....	<b>12</b>
<b>ГЛАВА 3. ОБЩИЕ ВОПРОСЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ МОСТОВ</b> .....	<b>18</b>
3.1. Основные положения.....	18
3.2. Данные топографии местности и проект трассы дороги.....	18
3.3. Инженерно-геологические изыскания.....	19
3.4. Гидрологические изыскания и гидравлические расчеты.....	20
3.4.1. Гидрологические изыскания.....	20
3.4.2. Гидравлические расчеты.....	21
3.5. Технология возведения мостового перехода и его себестоимость.....	24
3.6. Общие сведения о нормах проектирования.....	25
3.7. Нагрузки и воздействия.....	26
3.7.1. Основные положения.....	26
3.7.2. Временные вертикальные нагрузки от подвижного состава и пешеходов.....	28
3.7.3. Временные горизонтальные нагрузки от подвижного состава автодорожных мостов.....	31
3.7.4. Прочие временные нагрузки на мосты.....	32
3.8. Габариты отверстий и проезжей части мостов.....	33
3.9. Общие положения по выбору форм и основных размеров мостов.....	36
3.9.1. Оформление мостов в продольном и поперечном направлении.....	36
3.9.2. Выбор формы моста в плане.....	37
<b>ГЛАВА 4. МОСТОВОЕ ПОЛОТНО</b> .....	<b>39</b>
4.1. Дорожное покрытие и гидроизоляция.....	39
4.2. Водоотвод – продольные и поперечные уклоны, водоотводные трубы.....	43
4.3. Деформационные швы.....	46
4.4. Предохранительные ограждения.....	49
4.5. Тротуары.....	51

## **ГЛАВА 5. ПРОЛЕТНЫЕ СТРОЕНИЯ БАЛОЧНЫХ И РАМНЫХ МОСТОВ .....53**

5.1. Формы поперечных сечений монолитных конструкций.....	53
5.1.1. Плитные пролетные строения .....	53
5.1.2. Ребристые пролетные строения .....	56
5.1.3. Пролетные строения с пустотами .....	59
5.1.4. Балочные пролетные строения с ездой понизу.....	63
5.2. Особенности разных статических систем .....	63
5.2.1. Разрезные балки, однопролетные консольные балки.....	63
5.2.2. Неразрезные балки и многопролетные рамы.....	67
5.2.3. Многопролетные консольные балки.....	71
5.3. Сборное строительство мостов и возможность членения пролетных строений.....	74
5.4. Формы поперечного сечения сборных и сборно-монолитных пролетных строений.....	75
5.4.1. Плитные пролетные строения .....	75
5.4.2. Ребристые пролетные строения .....	76
5.4.3. Пролетные строения с пустотами .....	81
5.5. Сборные неразрезные балки и многопролетные рамы.....	83
5.6. Температурно-неразрезные пролетные строения мостов .....	86

## **ГЛАВА 6. ОСОБЕННОСТИ СТАТИЧЕСКОГО РАСЧЕТА     КОНСТРУКЦИЙ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ МОСТОВ ..... 90**

6.1. Общие положения .....	90
6.2. Расчет плитных пролетных строений .....	92
6.2.1. Общие положения по расчету плитных пролетных строений.....	92
6.2.2. Методы определения усилий.....	94
6.3. Назначение геометрических размеров плитных пролетных строений .....	96
6.4. Расчет плит проезжей части балочных плито-ребристых железобетонных пролетных строений.....	98
6.4.1. Определение усилий в плитах, работающих на изгиб в одном направлении.....	99
6.4.2. Особенности расчета сборно-монолитных и сборных плит, опертых двумя сторонами .....	107
6.4.3. Расчет соединительных плит температурно-неразрезных пролетных строений.....	109
6.4.4. Особенности расчета переходных плит.....	111
6.5. Расчет балочного ростверка пролетных строений моста.....	112

## **ГЛАВА 7. РАСЧЕТ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ МОСТОВ..... 114**

7.1. Сравнение расчетов железобетонных конструкций требуемых Еврокодом 2 с действующими в Болгарии нормами .....	115
7.1.1. Предельные состояния первой группы.....	115
7.1.2. Предельные состояния второй группы и допускаемые напряжения.....	117
7.2. Расчеты, предусмотренные в болгарских нормах проектирования по допускаемым напряжениям.....	118
7.2.1. Расчет по нормальным сечениям изгибаемых элементов.....	118
7.2.2. Восприятие поперечных сил .....	122

7.2.3. Восприятие крутящих моментов .....	128
7.2.4. Восприятие касательных напряжений в стыке между плитой и ребром таврового сечения .....	130
7.2.5. Расчет по деформациям .....	131
7.2.6. Расчет по трещиностойкости .....	133
7.3. Некоторые конструктивные требования для балок из обычного железобетона .....	135

## **ГЛАВА 8. ПРИМЕНЕНИЕ В МОСТАХ ПРЕДВАРИТЕЛЬНО НАПРЯЖЕННЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ .....142**

8.1. Общие положения и классификация способов предварительного напряжения .....	144
8.2. Принципы расположения напрягаемой арматуры в продольном направлении .....	150
8.3. Поперечные сечения предварительно напряженных конструкций и расположение напрягаемой арматуры .....	156
8.4. Определение усилий вызванных преднапряжением арматуры .....	163
8.5. Расчет на поперечный изгиб .....	172
8.5.1. Выбор критериев трещиностойкости (степени преднапряжения) .....	172
8.5.2. Геометрические характеристики сечений .....	173
8.5.3. Расчеты в стадии эксплуатации (по предельным состояниям второй группы) .....	176
8.5.4. Расчет по несущей способности (по прочности) .....	179
8.6. Особенности напряженного состояния и расчеты в зонах анкеровки напрягаемой арматуры .....	188
8.6.1. Длина (участок) передачи силы преднапряжения .....	188
8.6.2. Анкерные зоны элементов, напряженных на бетон .....	194
8.6.3. Расчет и конструирование поперечной арматуры в зонах передачи сил преднапряжения .....	200
8.7. Способы предварительного натяжения и требования по выполнению работ. Анкерные устройства .....	201
8.7.1. Стали напрягаемой арматуры .....	201
8.7.2. Некоторые требования по выполнению работ преднапряжения .....	203
8.7.3. Анкерные устройства .....	210

## **ГЛАВА 9. СТРОИТЕЛЬСТВО БАЛОЧНЫХ И РАМНЫХ МОСТОВ.....214**

9.1. Строительство монолитных пролетных строений на сплошных подмостях .....	214
9.2. Монтаж сборных конструкций .....	215
9.2.1. Монтаж пневмоколесными кранами .....	215
9.2.2. Монтаж консольно-шлюзовыми кранами .....	217
9.3. Попролетное бетонирование .....	219
9.3.1. Попролетное бетонирование на переставных подмостях .....	219
9.3.2. Попролетное бетонирование с поднятием .....	220
9.4. Консольно-навесная сборка(навесное бетонирование и навесная сборка .....	221
9.5. Продольная надвигка .....	227

<b>ГЛАВА 10. ОПОРНЫЕ ЧАСТИ И ШАРНИРЫ МОСТОВ .....</b>	<b>230</b>
10.1. Общие положения .....	230
10.2. Опорные части несовершенного типа .....	231
10.3. Свинцовые, бетонные и железобетонные шарниры и опорные части .....	231
10.4. Резинометаллические опорные части (РОЧ).....	233
10.5. Стаканообразные опорные части .....	238
10.6. Опорные части скольжения .....	239
10.7. Выбор опорных частей.....	240
<b>ГЛАВА 11. БЕТОННЫЕ И ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ ОПОРЫ</b>	
<b>БАЛОЧНЫХ МОСТОВ.....</b>	<b>244</b>
11.1. Общие положения .....	244
11.2. Устои .....	244
11.2.1. Массивные устои.....	244
11.2.2. Крылья устоев.....	245
11.2.3. Железобетонные устои .....	247
11.2.4. Свайные устои .....	249
11.2.5. Переходные железобетонные плиты .....	249
11.3. Промежуточные опоры .....	251
11.3.1. Массивные быки.....	251
11.3.2. Рамные промежуточные опоры.....	252
11.3.3. Опоры виадуков.....	254
11.4. Зависимость между жесткостью опор и типами опорных частей .....	256
<b>ГЛАВА 12. ЭКСПЛУАТАЦИЯ И СОДЕРЖАНИЕ МОСТОВ .....</b>	<b>260</b>
12.1. Содержание мостов с целью обеспечения их функционирования .....	262
12.2. Осмотр и регистрация .....	263
12.3. Ремонтные работы.....	264
<b>ЛИТЕРАТУРА.....</b>	<b>267</b>



Научное издание

Илия Иванов ИВАНЧЕВ  
Костадин Христов ТОПУРОВ  
Александр Николаевич ТОПИЛИН  
Николай Ильич ИВАНЕНКО

# **ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ АВТОДОРОЖНЫЕ МОСТЫ**

Компьютерная верстка: *В.В. Сергеев*  
Корректор: *Г.М. Мубаракишина*  
Дизайн обложки: *Н.С. Романова*

Лицензия ЛР № 0716188 от 01.04.98.  
Подписано к печати 10.04.08. Формат 60х90/16.  
Гарнитура Таймс. Печать офсетная. Бумага офсетная.

Усл. 17,5 п.л. Тираж 1000 экз. Заказ №

Издательство Ассоциации строительных вузов (АСВ)  
129337, Москва, Ярославское шоссе, 26, оф. 511  
тел., факс: 183-57-42; e-mail: [iasv@mgsu.ru](mailto:iasv@mgsu.ru)