



**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ  
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

**Белорусский национальный  
технический университет**

---

---

**Кафедра «Мосты и тоннели»**

**Г. П. Пастушков  
Л. Г. Расинская**

# **ПРОЕКТИРОВАНИЕ МОСТОВ**

**Пособие**

**Часть 1**

**Минск  
БНТУ  
2017**

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ  
Белорусский национальный технический университет

---

Кафедра «Мосты и тоннели»

Г. П. Пастушков  
Л. Г. Расинская

## **ПРОЕКТИРОВАНИЕ МОСТОВ**

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

в 2 частях

Часть 1

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

Минск  
БНТУ  
2017

УДК 624.21.04(075.8)

ББК 39.112я7

П19

Рецензенты:

канд. техн. наук, начальник мостового управления РУП «БелдорНИИ»

*О. М. Вайтович;*

канд. техн. наук, главный специалист мостового отдела ООО «Экомост»

*Д. Е. Гусев*

### **Пастушков, Г. П**

П19 Проектирование мостов : пособие для студентов специальности 1-70 03 02 «Мосты, транспортные тоннели и метрополитены»: в 2 ч. Ч.1 / Г. П. Пастушков, Л. Г. Расинская. – Минск: БНТУ, 2017. – 41 с. ISBN 978-985-550-621-9 (Ч. 1).

В издании рассматриваются общие сведения о мостовых сооружениях, их классификация, приведены общие требования к мостовым сооружениям на автомобильных и городских дорогах, к расположению мостов и труб, приведены основные требования к их конструкциям, представлены основные данные для проектирования мостов, рассмотрена последовательность проектирования мостов и труб.

**УДК 624.21.04(075.8)**

**ББК 39.112я7**

**ISBN 978-985-550-621-9 (Ч. 1)**

**ISBN 978-985-550-622-6**

© Пастушков Г. П. Расинская Л. Г., 2017

© Белорусский национальный  
технический университет, 2017

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	4
1. Классификация мостовых сооружений.....	5
1.1. Разделение мостовых сооружений на группы.....	7
1.2. Элементы мостового перехода, мостов и труб.....	9
1.3. Элементы мостов.....	10
1.4. Элементы труб.....	11
1.5. Классификация труб.....	12
2. Требования к мостовым сооружениям на автомобильных и городских дорогах.....	13
2.1. Потребительские свойства сооружений.....	14
3. Расположение мостов и труб.....	18
4. Основные требования к конструкциям.....	19
5. Последовательность проектирования мостовых сооружений.....	21
6. Основные данные для проектирования мостов.....	22
6.1. Назначение ширины мостовых сооружений.....	22
6.2. Разбивка моста на пролеты.....	33
7. Методы расчета мостовых конструкций.....	37

## ВВЕДЕНИЕ

Автомобильные дороги пересекают различные препятствия: реки, ручьи, озера, морские заливы и проливы, овраги, ущелья. Они пересекаются между собой, а также с железными дорогами. Для беспрепятственного движения на дорогах строят различные сооружения: трубы, мостовые сооружения, тоннели и специальные сооружения на горных дорогах (галереи, полумосты, балконы и подпорные стенки).

В условиях нашей страны в состав автомобильной дороги входит около 75 % труб и 25 % мостовых сооружений.

Трубы используются для пропуска под дорогой небольших водотоков (водопрпускные трубы), а в сельской местности и скота (скотопрогоны). Они устраиваются в земляном полотне дороги.

Все искусственные сооружения являются ответственными и дорогостоящими элементами дороги. Расходы на них составляют примерно 10 % от стоимости дороги в равнинной местности, 30 % и более – в горной.

# 1. КЛАССИФИКАЦИЯ МОСТОВЫХ СООРУЖЕНИЙ

**Мостовое сооружение** – это искусственное инженерное сооружение для пропуска транспорта и пешеходов, а также в отдельных случаях водотока, коммуникаций различного назначения [1]. Мостовые сооружения (рис. 1.1) используются для пропуска дороги над водными препятствиями, ущельями, оврагами и другими дорогами.

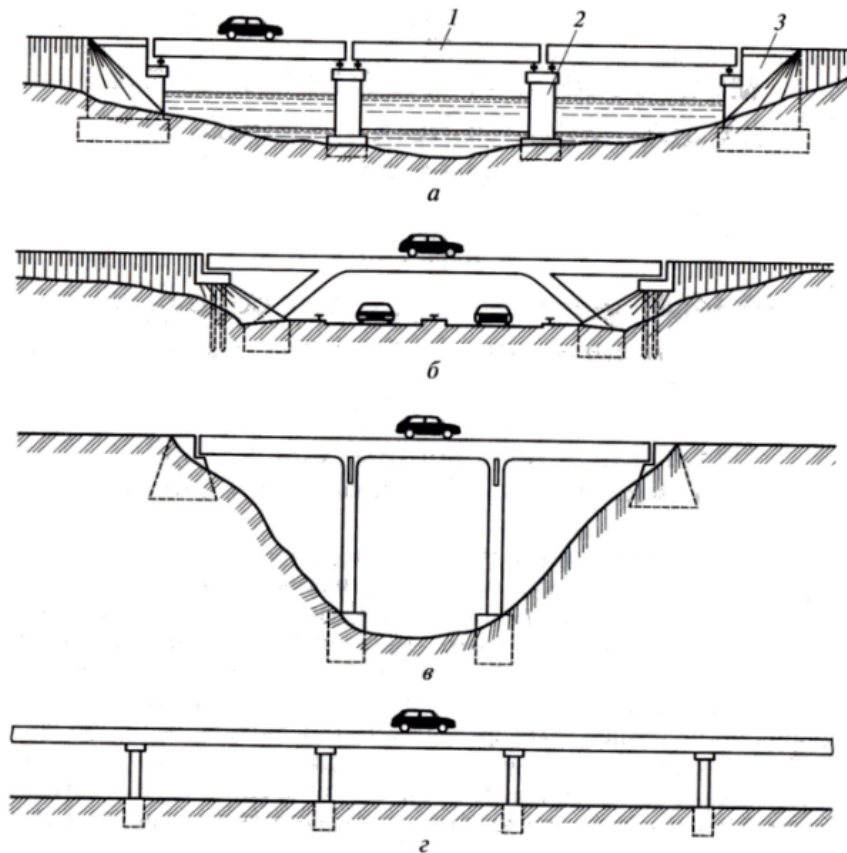


Рис. 1.1. Виды мостовых сооружений [1]:  
а – мост; б – путепровод; в – виадук; z – эстакада; 1 – пролетное строение;  
2 – промежуточная опора; 3 – устой

Собственно **мост** служит для пропуска дороги над каким-либо водным препятствием. Это сооружение, в котором движение осуществляется по его конструкции, в отличие от трубы, где езда осуществляется по земляному полотну.

**Путепровод** – мостовое сооружение, которое служит для пропуска одной дороги над другой в разных уровнях. Устраивается на развязках и пересечениях дорог.

**Виадук** – мостовое сооружение на переходе через глубокий овраг, ущелье, суходол с высоким расположением проезда над дном препятствия. Виадуки имеют опоры весьма большой высоты.

**Акведук** – мостовое сооружение для пропуска водовода через реку, овраг, ущелье, суходол или дорогу.

**Эстакады** – мостовые сооружения для пропуска дороги на некоторой высоте над естественной поверхностью местности. Их применяют для пропуска скоростных автомагистралей над городской застройкой, в развязках в несколько уровней. Эстакады возводят также вместо насыпей для пропуска дороги над долинами рек, болотистыми участками местности, на подходах к мостам и путепроводам.

**Тоннели** (рис. 1.2) применяют для пропуска дороги сквозь горные массивы или под крупными реками, морскими заливами и проливами. В городах – для пропуска автотранспорта и пешеходов под городской застройкой, а также метрополитена.

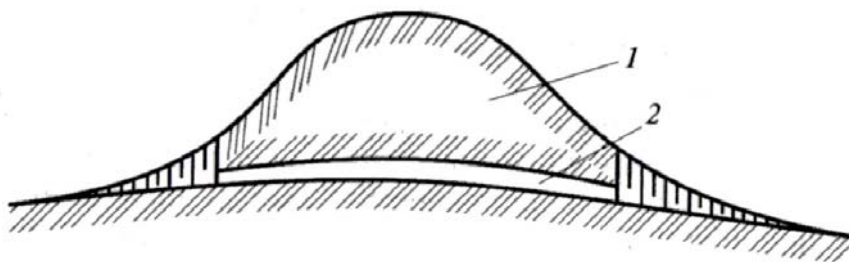


Рис. 1.2. Горный тоннель [1]:  
1 – горный массив; 2 – тоннель

В горной местности (рис. 1.3) также применяются **галереи**, которые служат для защиты дороги от снежных лавин и камнепадов, **полумосты и балконы** – для обеспечения необходимой ширины

проезда у крутых склонов, **подпорные стенки** – для предотвращения обрушения находящегося за ними грунта (верховые подпорные стенки) на дорогу, а также для обеспечения устойчивости земляного полотна (низовые подпорные стенки).

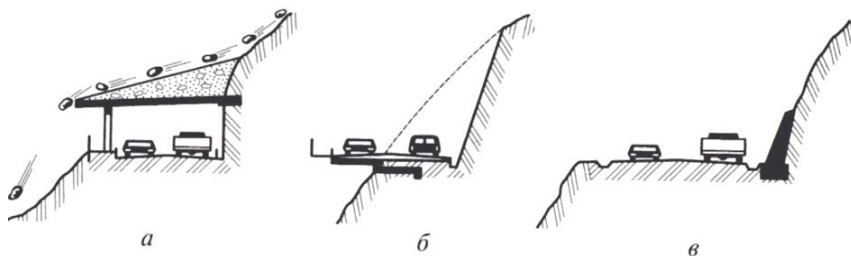


Рис. 1.3. Сооружения на горных дорогах [1]:  
а – галерея; б – балкон; в – подпорная стенка

### 1.1. Разделение мостовых сооружений на группы

**Мостовые сооружения** можно классифицировать по следующим признакам:

1. По расположению уровня проезда:

- с ездой поверху;
- ездой понизу;
- ездой посередине.

2. По материалу:

- постоянные;
- временные.

К постоянным относятся мосты с большим сроком службы (100 лет):

- каменные;
- металлические;
- бетонные;
- железобетонные;
- клееные деревянные.

К временным – остальные деревянные со сроком службы ( $\leq 25$  лет).

3. По роду обращаемой нагрузки:

- автодорожные;
- железнодорожные;



- совмещенные;
- городские;
- пешеходные;
- специального назначения (для пропуска коммуникаций – газа, канализации).

4. По особенностям и условиям службы:

- высоководные;
- низководные;
- разводные;
- наплавные;
- трансбордеры (мостовые паромы);
- путепроводы;
- эстакады;
- виадуки;
- акведуки.

5. По статическим схемам:

- балочные (разрезные, неразрезные, консольные);
- рамные;
- арочные;
- комбинированные;
- висячие:
- с кабелем или цепью;
- с балкой жесткости, поддерживаемой вантами;
- с вантовыми фермами.

6. По характеру пересечения препятствия:

- прямые,
- косые
- криволинейные.

7. По длине:

- малые длиной ( $\leq 25$  м),
- средние (25–100 м);
- большие ( $>100$  м);
- внеклассные ( $\geq 500$  м).

Мосты длиной  $< 100$  м, но с одним из пролетов более 60 м, относятся к большим.

## 1.2. Элементы мостового перехода, мостов и труб

**Мостовым переходом** называется комплекс инженерных сооружений, возводимых при пересечении дорогой водной преграды. В его состав входят мост, подходы к нему, регулирующие сооружения, берегоукрепительные устройства и ледорезы (рис. 1.4).

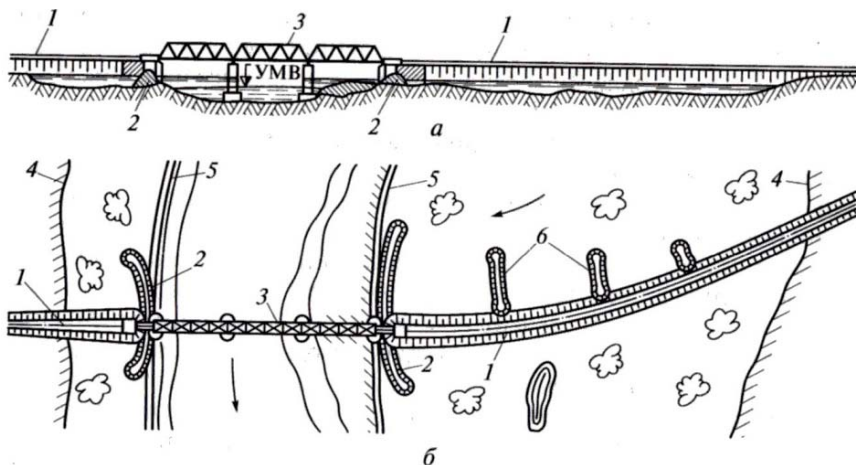


Рис. 1.4. Профиль (а) и план (б) мостового перехода [1]:

1 – подходы; 2 – струенаправляющая дамба; 3 – мост;  
4 – граница затопления поймы (ПУВВ); 5 – укрепление берега; 6 – траверсы

Мост перекрывает русло и часть поймы реки. Подходы к нему обеспечивает сопряжение дороги с мостом. Их устраивают в виде земляных насыпей или эстакад. Регуляционные сооружения в виде струенаправляющих дамб и траверс и берегоукрепительные устройства применяются для защиты берегов реки у моста от значительных размывов. Струенаправляющие дамбы сооружают у береговых опор в виде насыпей с трапециевидным поперечным сечением. Дамбы обеспечивают плавное вхождение водного потока в отверстие моста с верховой стороны.

С верховой стороны иногда устраивают траверсы в виде коротких дамб. Они снижают скорость течения воды вдоль насыпи, предохраняют их от размыва.

**Ледорезы** – сооружения для защиты промежуточных опор моста от ледохода. Их возводят с верховой стороны моста.

### 1.3. Элементы мостов

**Мост** – это искусственное сооружение, в котором езда осуществляется по его конструкции, в отличие от трубы, где движение осуществляется по земляному полотну (рис. 1.5).

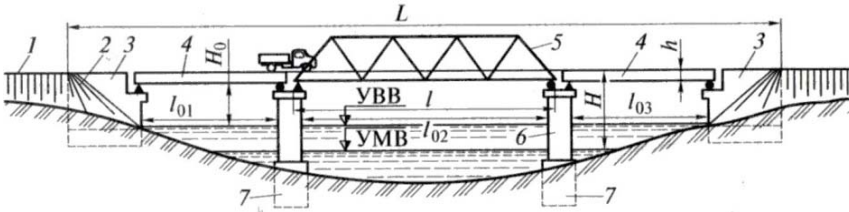


Рис. 1.5. Элементы моста [1]:

- 1 – насыпь подхода; 2 – конус насыпи; 3 – устой; 4 – пролетное строение с ездой поверху; 5 – пролетное строение с ездой понизу;  
6 – промежуточная опора – бык; 7 – фундамент опоры

**Конструктивные элементы моста** – пролетные строения 4, 5 и опоры: береговые массивные – устои 3 и промежуточные массивные – быки 6.

**Гидравлические элементы моста** – это уровни и рабочая площадь под мостом.

Уровни: УМВ – уровень меженных вод, УВВ – уровень высоких вод, УВЛ – уровень высокого ледохода, УНЛ – уровень низкого ледохода, РСУ – расчетный судоходный уровень (на судоходных реках).

**Генеральные размеры моста** – это длина моста  $L$ , ширина моста  $B$ , отверстие моста  $L_0$ , высота моста  $H$ , свободная высота под мостом  $H_0$ , строительная высота  $h$ .

Длина моста  $L$  – это расстояние по оси моста между внешними гранями устоев.

Ширина моста  $B$  – расстояние между перилами в свету.

Отверстие моста  $L_0$  – это свободная ширина зеркала воды под мостом, измеренная по уровню высоких вод, то есть сумма пролетов в свету

$$L_0 = l_{01} + l_{02} + l_{03},$$

где –  $l_{01}$ ,  $l_{02}$ ,  $l_{03}$  пролеты в свету.

Высота моста  $H$  – расстояние от верха ездого полотна до уровня меженных вод.

Свободная высота  $H_0$  – расстояние от низа пролетного строения до УВВ (на несудоходных реках принимается 1 м).

Строительная высота  $h$  – это расстояние от верха ездого полотна по оси проезжей части до низа пролетного строения.

#### 1.4. Элементы труб

Основными элементами труб (рис. 1.6) являются входной  $1$  и выходной оголовки  $4$ , тело трубы  $2$ , фундамент  $3$ . **Тело трубы** – основная часть трубы между входным и выходными оголовками в виде оболочки, служит для восприятия давления грунта насыпи и временных нагрузок, а также для образования необходимого отверстия. **Оголовки**, расположенные с верховой стороны трубы, называются входными, а расположенные с низовой стороны – выходными. Они обеспечивают сопряжение тела с откосами земляного полотна и улучшают условия протекания воды. **Фундамент** трубы под ее телом и оголовками воспринимает передаваемое давление и обеспечивает необходимую надежность грунтового основания под трубой.

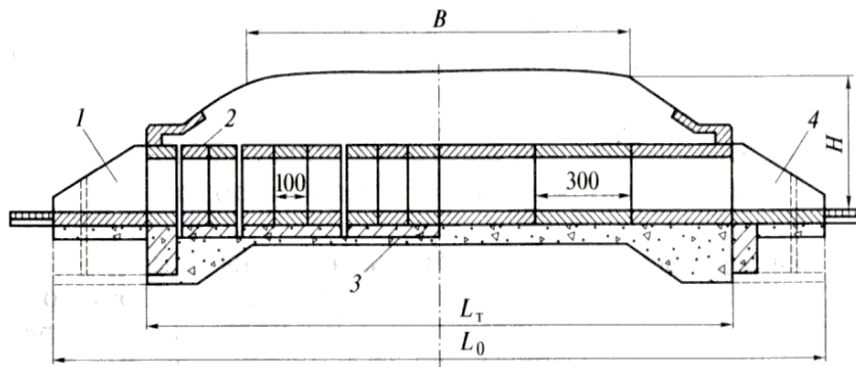


Рис. 1.6. Элементы труб [1]:  
1 – входной оголовок; 2 – тело (звено) трубы;  
3 – фундамент; 4 – выходной оголовок

## 1.5. Классификация труб

1. В зависимости от условий строительства трубы подразделяются на два типа:

- сооружаемые на равнинной местности;
- на косогорах.

2. По используемым материалам различают

- каменные;
- бетонные;
- железобетонные;
- металлические;
- деревянные;
- полимерные трубы.

Деревянные в настоящее время уже не используются.

3. По форме поперечного сечения различают

- круглые;
- прямоугольные;
- овоидальные;
- сводчатые (рис.1.7).

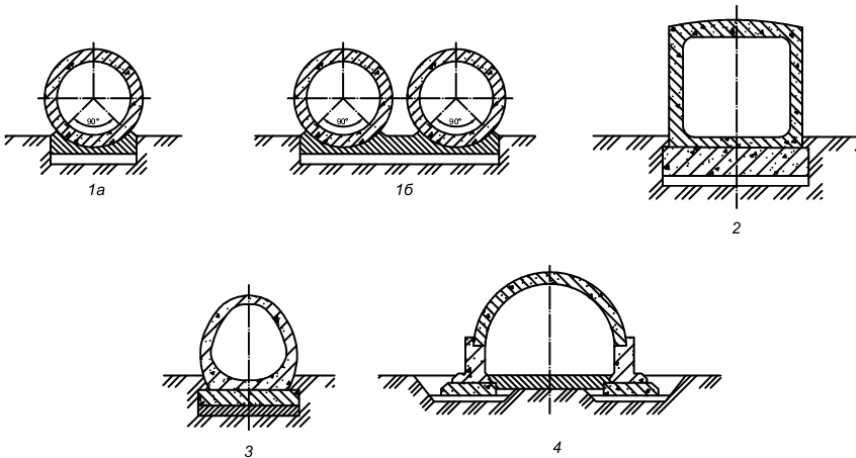


Рис. 1.7. Виды труб:

*1а* – круглая одноочковая труба; *1б* – круглая двухочковая труба;  
*2* – прямоугольная труба; *3* – овоидальная труба; *4* – сводчатая (каменная труба)

По количеству очков трубы могут быть одно-, двух-, трех- и даже четырехочковыми. Для пропуска большого количества воды применяют двух-, трех-, четырехочковые.

4. В зависимости от режима работы трубы могут быть безнапорными, полупапорными и напорными. Чаще применяют безнапорные

5. По размеру отверстий трубы условно подразделяют на малые с отверстиями 0,5 – 1,5 м, средние 2 – 3 м, большие 4 – 5 м, и очень большие – более 6 м.

## **2. ТРЕБОВАНИЯ К МОСТОВЫМ СООРУЖЕНИЯМ НА АВТОМОБИЛЬНЫХ И ГОРОДСКИХ ДОРОГАХ**

К мостовым сооружениям предъявляются эксплуатационные, экономические, экологические, архитектурные и расчетно-конструктивные требования [2].

*Эксплуатационные* требования являются основными и сводятся к тому, чтобы сооружение в течение заданного срока эксплуатации имело заданную грузоподъемность, обеспечивало безопасность и комфортность пропуска по нему пешеходов и транспорта без снижения скорости. Для этого сооружение должно:

- 1) иметь достаточную жесткость, чтобы деформации и перемещения при движении нагрузки были допустимыми;
- 2) иметь необходимую ширину проезжей части и тротуаров в зависимости от его назначения с учетом перспективы;
- 3) иметь требуемый для безопасности движения поперечный и продольный профиль;
- 4) быть долговечным;
- 5) обеспечивать безопасный пропуск паводков и ледохода, удовлетворять требованиям судоходства;
- 6) обеспечивать возможность осмотра, ремонта и реконструкции.

*Экономические* требования определяют, чтобы полная стоимость строительства, содержания, ремонта и возможной реконструкции была минимальной. Полная стоимость снижается при использовании конструкций индивидуального изготовления, механизированном возведении при высоком темпе и хорошем качестве работ.

*Экологические* требования определяются охраной окружающей среды. Должен соблюдаться принцип наименьшего вмешательства в природу при проектировании искусственных сооружений.

*Архитектурные* требования сводятся к тому, чтобы сооружение гармонично вписывалось в окружающую среду, отвечало эстетическим требованиям. Эти требования особенно важны для городских мостов.

*Расчетно-конструктивные* требования связаны с тем, чтобы сооружение в целом и отдельные его элементы были прочными, устойчивыми и жесткими.

## 2.1. Потребительские свойства сооружений

Запроектированные и построенные мостовые сооружения приобретают для эксплуатационников ряд потребительских свойств. Наибольшее значение имеют:

- пропускная способность;
- грузоподъемность;
- безопасность движения;
- долговечность.

**Пропускная способность** мостовых сооружений характеризуется максимально возможной интенсивностью транспортного движения, а также возможностью пропуска под сооружением в поперечном сечении судов, водного потока, транспорта (для путепроводов), а также коммуникаций. Она обеспечивается правильным назначением по нормативным документам габарита проезда (габарита приближения конструкций) и подмостового габарита, а также расчетами отверстий мостов и труб.

**Грузоподъемность моста** – характеристика, определяемая максимальной временной подвижной нагрузкой определенного вида, воздействие которой является безопасным для несущих элементов сооружения. Для эксплуатируемых мостов грузоподъемность характеризуется величиной предельной массы транспортного средства определенного вида.

Грузоподъемность мостов и труб обеспечивается расчетами на прочность и устойчивость и задается нормами нагрузок в эксплуатационных требованиях к их проектированию.

**Безопасность движения** характеризуется максимальной допустимой скоростью автомобильного движения по транспортным сооружениям. Она обеспечивается эксплуатационными требованиями к плану и профилю дорожного и мостового полотна, а также к

прочности ограждающих устройств. Безопасность движения пешеходов обеспечивается требованиями прочности и высоте перильных ограждений и к качеству покрытия тротуаров.

**Долговечность сооружения** – свойство сохранять работоспособное состояние при установленной системе содержания и ремонта в течение определенного времени без капитального ремонта или реконструкции, характеризуется ресурсом или сроком службы. Для нового сооружения он определяется проектной календарной продолжительностью эксплуатации, для сооружения после капитального ремонта или реконструкции – календарной продолжительностью после возобновления эксплуатации до момента ее прекращения.

Долговечность сооружения задается сроками их службы и обеспечивается выполнением требований к выбору соответствующих материалов и конструктивных решений.

Проектный срок службы мостов – 100 лет, труб – 50 лет, деревянных мостов – 25 лет.

Проектный срок службы элементов мостовых сооружений при выполнении нормативных условий содержания и ремонтов приведен в табл. 2.1 (табл. 1 ТКП 45-3.03.-232-2011)[2].

На долговечность сооружения существенно влияние его **живучесть** – свойство сохранять несущую способность при повреждении или разрушении отдельных его частей или элементов.

Характеристики, обеспечивающие живучесть:

- сопротивляемость воздействию водных потоков, ветровых нагрузок ледоходов и других природных явлений;
- огнестойкость;
- живучесть при повреждениях.



Проектный срок службы мостовых сооружений

Элементы моста	Проектный срок службы, не менее лет
Конструкции пролетных строений с пролетами более 33 м, опоры (кроме деревянных)	100
Конструкции пролетных строений с пролетами до 33 м включительно	75
Деревянные конструкции пролетных строений, опор	25
Покрытие проезжей части мостов на республиканских автомобильных дорогах и в городах	7
Покрытие проезжей части мостов на местных автомобильных дорогах, в сельских населенных пунктах	10
Гидроизоляция проезжей части мостов	15
Система водоотвода и дренажа	20
Ограждающие устройства	20
Резиновые опорные части	25
Полиуретановые опорные части	100
Эксплуатационные устройства	50
Деревянные элементы мостового полотна	5

К общим требованиям для мостов и труб относят также **надежность**, то есть сооружение должно быть запроектировано таким образом, чтобы при условии выполнения работ по содержанию сооружения его конструктивные элементы имели надежность не ниже нормированной в течение всего проектного срока службы.

Для мостовых сооружений в зависимости от экономических, социальных и экологических последствий от их отказов устанавливаются три уровня ответственности, которые учитываются коэффициентом надежности по ответственности  $\gamma_n$ .

Значения коэффициента  $\gamma_n$  следует принимать по табл. 2.2 (табл. 2 ТКП) [2].

Таблица 2.2

Значения коэффициента надежности по ответственности  $\gamma_n$

Уровень ответственности	Характеристика сооружения	Коэффициент надежности по ответственности
1 (повышенный)	Мосты высокой экономической и социальной значимости служат безальтернативным путем сообщения; мосты большие и средние; мосты с пролетами 40 м и более; мосты метрополитенов; мосты на железных дорогах	1,05
2 (нормальный)	Все мосты, которые не отнесены к I и III классу	1,0
3 (пониженный)	Временные мосты	0,90

Коэффициент надежности по ответственности учитывается при расчетах.

Сооружение должно быть запроектировано с гарантированной минимальной возможностью разрушения и последствий от возможных аварий транспорта, террористических актов, других непредвиденных разрушающих воздействий.

При проектировании предотвращение разрушения сооружения или ограничение последствий непредвиденных воздействий должно обеспечиваться следующими условиями:

- применением конструктивных схем и конструкций, которые позволяют уменьшить потенциальный риск повреждения или уничтожения конструктивных элементов сооружения;

- статическая схема сооружений должна минимально реагировать на непредвиденные воздействия (например, просадки грунта);

- конструкции сооружений должны быть долговечными, ремонтнопригодными и доступными для осмотра и выполнения работ по текущему ремонту и содержанию.

Требования надежности обеспечиваются при проектировании мостов и труб и их конструктивных элементов в соответствии с указаниями ТКП 45-3.03.-232-2011[2].

### **3. РАСПОЛОЖЕНИЕ МОСТОВ И ТРУБ**

1. Выбирать места перехода, разбивать мосты на пролеты, назначать положения сооружения в плане и профиле следует с учетом требований трассирования дороги (линии) или принятых градостроительно-планировочных решений, строительных и эксплуатационных показателей вариантов, а также русловых, геологических, гидрологических, экологических, ландшафтных и других местных условий, влияющих на технико-экономические показатели соответствующего участка дороги (линии).

2. При выборе места мостового перехода через судоходные реки следует руководствоваться требованиями ГОСТ 26775 «Габариты подмостовые судоходных пролетов мостов на внутренних водных путях» [5].

3. Число и размеры водопропускных сооружений на пересечении водотока следует определять на основе гидравлических расчетов, при этом учитывать влияние сооружения на окружающую природную среду.

4. Пропуск вод нескольких водотоков через одно сооружение должен быть обоснован, а при наличии лессовых грунтов и возможности образования наледи – не допускается.

5. Продольный уклон ездового полотна автодорожных мостов рекомендуется принимать не более 20 %.

6. Продольный уклон ездового полотна больших мостов должен быть, ‰, не более:

30 – для автодорожных мостов;

40 – для городских мостов;

20 – для мостов с деревянным настилом.

При специальном обосновании продольный уклон в пределах транспортных развязок в городах может быть увеличен, но во всех случаях не должен превышать 80 ‰.

#### **4. ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К КОНСТРУКЦИЯМ**

Основные размеры пролетных строений и опор новых мостов, а также труб следует назначать с соблюдением принципов модульности и унификации в строительстве.

Полную длину пролетных строений автодорожных и городских мостов на прямых участках дорог следует назначать равными 3, 6, 9, 12, 15, 18, 21, 24, 33 и 42 м, а при больших размерах пролетов – кратными 21 м.

Отступление от указанных размеров допускается при технико-экономическом обосновании при проектировании мостов, возводимых вблизи существующих; ремонтов и реконструкции сооружений с сохранением опор; многопролетных путепроводов через железнодорожные станционные пути; деревянных мостов пролетами менее 9 м, а также отдельных пролетов мостов сложных систем.

При назначении длины пролета следует рассматривать экономическую целесообразность принятых конструктивных решений.

Обычно чем дороже опоры, то есть чем выше тело опоры и глубже заложено основание, тем больше должны быть размеры экономических пролетов (например, для деревянных мостов длину пролета рекомендуется принимать 1–1,4 средней высоты опор).

На мостовых переходах при необходимости регулирования направления водного потока и предотвращения подмывов (разрывов), необходимо предусматривать струенаправляющие и берегоукрепительные сооружения.

Струенаправляющие дамбы следует предусматривать при пойменном расходе воды не менее 15 % расчетного расхода или при средних расчетных скоростях течения воды под мостом до размыва бо-

лее 1 м/с, а также при соответствующих ситуационных особенностях перехода (прижимных течениях, перекрытиях проток и т. п.).

Для труб и малых мостов на основании гидравлических расчетов следует предусматривать углубление, планировку и укрепление русел, устройства, препятствующие накоплению наносов, а также устройства для гашения скоростей протекающей воды на выходе и входе.

Размер отверстия (и высоту в свету) труб следует назначать, как правило, м, не менее:

1,00 – при длине трубы до 20 м включительно;

1,25 – при длине трубы от 20 до 30 м включительно;

0,50 – на дорогах III категории и ниже на съездах при устройстве в пределах трубы быстротока (уклон 10 ‰ и более) и ограждений на входе.

При длине трубы более 30 м принимается проектное решение на основе сравнения технико-экономических показателей конкурентоспособных вариантов.

Отверстие труб на дорогах необщего пользования при длине трубы 10 м и менее допускается принимать 0,5 м.

Отверстие труб и малых мостов допускается увеличивать для использования их в качестве пешеходных переходов, скотопрогонов, а в случае технико-экономической целесообразности – для пропуска автомобильного транспорта (низких, узкозахватных сельскохозяйственных машин) с обеспечением соответствующих габаритов.

Водопропускные трубы на расчетный расход следует проектировать на безнапорный режим работы.

Водопропускные трубы, как правило, следует проектировать с входными и выходными оголовками, форма и размеры которых обеспечивают принятые в расчетах условия протекания воды и устойчивость насыпи, окружающей трубу.

Не допускается применять трубы при наличии ледохода и карчехода, а также в местах возможного образования наледи.

В проектной документации должны быть предусмотрены мероприятия по необходимой защите элементов и частей мостов и труб от повреждений при отсыпке насыпи и укреплении откосов, от засорения и загрязнения, вредных воздействий агрессивных сред, высоких температур, блуждающих токов и т. д.

Для проектирования новых мостов вблизи существующих необходимо придерживаться следующих правил:

– длина пролетных строений нового моста должна соответствовать по длине пролетным строениям существующего или быть равной двум или нескольким пролетам;

– новые опоры должны быть соосны существующим и параллельны судовому ходу на судоходных реках.

## **5. ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ПРОЕКТИРОВАНИЯ МОСТОВЫХ СООРУЖЕНИЙ**

Порядок проектирования, согласования и утверждения проектно-сметной документации установлен СНиП и ТКП, согласно которым проектирование объектов строительства ведется в две или в одну стадию. Разработка проекта ведется на основе выполненных проектировщиком и утвержденных заказчиком обоснований инвестиций (ОИ) в строительство сооружения.

При двухстадийном проектировании на первой стадии составляется технико-экономическое обоснование (ТЭО). На второй стадии на основании ТЭО составляется рабочая документация (РД).

ТЭО на строительство искусственного сооружения включает следующие разделы:

1. Основные конструкции (ОК).
2. Проект организации строительства (ПОС).
3. Специальные вспомогательные сооружения и устройства (СВСиУ).

Объемы работ по этим трем разделам являются исходными данными для сметного расчета. В составе ТЭО приводятся также мероприятия по охране окружающей среды.

На второй стадии разрабатывается рабочая документация с полной детализацией решений. Рабочие чертежи (РЧ) составляются в соответствии с государственными стандартами. На этой стадии разрабатывают также проект производства работ (ППР) и рабочие чертежи СВСиУ.

Для несложных объектов применяют одностадийную схему проектирования, при которой сразу после обоснования инвестиций составляют рабочий проект (РП). В нем совмещены две стадии проектирования: здесь одновременно разрабатывают разделы ОК, ПОС, ППР и СВСиУ.

За рубежом разработка проектов ведется по четырем стадиям:

I – программа развития дороги (ПРД);

II – обоснование инвестиций (ОИ);

III – инженерный проект (ИП);

IV – рабочая документация.

При этом составляется проектная документация по четырем разделам:

1. Стандартные документы для конкурса (тендера).

2. Краткая пояснительная записка.

3. Технические спецификации и ведомости объемов работ.

4. Чертежи.

У нас мосты и другие искусственные сооружения обычно проектируют в составе автомобильной дороги. Отдельными объектами проектирования могут быть только мосты через большие реки и городские мосты.

Схемы развития сети автомобильных дорог и сооружений на них разрабатывают на длительную перспективу (не менее 20 лет) и уточняют через каждые пять лет.

Для большинства малых и средних мостов при проектировании применяют типовые конструкции пролетных строений и опор по типовым проектам.

## **6. ОСНОВНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ МОСТОВ**

Основные данные для проектирования мостов:

1. Габариты мостов:

– габариты приближения конструкций (габарит моста);

– подмостовые габариты на судоходных и сплавных реках.

2. Временные нагрузки от подвижного состава и пешеходов.

### **6.1. Назначение ширины мостовых сооружений**

Габариты приближения конструкций мостов, проектируемых для нового строительства, должны обеспечивать свободный пропуск транспортных средств по сооружениям и под ними.

При проектировании капитальных ремонтов мостов габариты мостового полотна, как правило, должны соответствовать параметру дороги. Ширину моста и других искусственных сооружений устанавли-

ливают на стадии ТЭО в зависимости от интенсивности автомобильного и пешеходного движения, то есть от класса и категории дороги.

### 6.1.1. Категории автомобильных дорог

Автомобильные дороги на всем протяжении или на отдельных участках подразделяются на классы и категории в соответствии с табл. 6.1 (табл. 1 ТКП 45 3.03-19-2006 «Автомобильные дороги») [3].

Таблица 6.1

Класс дороги	Категория дороги	Функциональное назначение дороги	Область применения	Расчетная интенсивность движения, ед/сут	
				Республиканские дороги	Местные дороги
Автомобильные	I-a	Для передвижения интенсивных транспортных потоков на большие расстояния без обслуживания прилегающих территорий	Участки основных республиканских дорог протяженностью не менее 150 км с долей транзита в транспортном потоке более 50%	Свыше 8000	
Скоростные автомобильные дороги	I-b	Для локального передвижения интенсивных транспортных потоков с высокой скоростью	Республиканские автомобильные дороги на подходах к крупнейшим городам на расстоянии 40–50 км, подъезды к аэропортам первого класса, кольцевые дороги вокруг крупнейших городов	Свыше 10 000	



Окончание табл. 6.1

Класс дороги	Категория дороги	Функциональное назначение дороги	Область применения	Расчетная интенсивность движения, ед/сут	
				Республиканские дороги	Местные дороги
Обычные автомобильные дороги	I-в	Дороги общего назначения	Республиканские автомобильные дороги (кроме автомагистралей и скоростных дорог), а также местные автомобильные дороги (кроме автомобильных дорог низших категорий)	Свыше 10 000	–
	II			Свыше 5000 до 10 000	Свыше 7000 включительно
	III			Свыше 2000 до 5000	Свыше 3000 до 7000 включительно
	IV			Свыше 200 до 2000	Свыше 400 до 3000 включительно
	V			До 200	До 400 включительно
Автомобильные дороги низших категорий	VI-а	Обеспечение постоянных подъездов к малым сельским поселениям	Тупиковые дороги с незначительной интенсивностью движения	–	Свыше 25 до 50 включительно
	VI-б			–	До 25 включительно

**Примечание.** Для подъездов к аэропортам первого класса следует проектировать скоростную автомобильную дорогу, если расчетная интенсивность движения превышает 4000 ед/сут.

Нормы проектирования автомобильных дорог низших категорий следует принимать в соответствии с П1 к СНиП 2.05.02.

В соответствии с СНБ 3.01.04 к крупнейшим относятся города с численностью населения на перспективный период, превышающей 1 000 000 чел., к крупным – превышающей 200 000 чел.

Основные параметры поперечного профиля дорожного полотна следует принимать по табл. 6.2 (табл. 5 ТКП) [2].

Таблица 6.2

Параметры поперечного профиля, м

Наименование параметра поперечного профиля	Значение параметра поперечного профиля для категорий дорог					
	I-а	I-б, I-в	II	III	IV	V
1. Число полос движения	4; 6	4; 6	2	2	2	2
2. Ширина полосы движения	3,75	3,5	3,5	3,5	3	2,75
3. Ширина проезжей части	$7,5 \times 2$ $11,25 \times 2$	$7 \times 2$ $10,5 \times 2$	7	7	6	5,5
4. Ширина обочины, в том числе	3,75	3	3	2,5	2	1,25
укрепленной полосы	–	0,5	0,75	0,5	0,5	–
остановочной полосы	2,5	2,5	–	–	–	–
5. Наименьшая ширина разделительной полосы, в том числе:	$2 + s$	$2 + s$	–	–	–	–
укрепленной полосы	0,75	0,5	–	–	–	–
6. Ширина дорожного полотна	$24,5 + s$ $32 + s$	$22 + s$ $29 + s$	13	12	10	8

**Примечание.**  $s$  – ширина барьерного ограждения, устанавливаемого на разделительной полосе.

### 6.1.2. Габарит моста (габарит приближения конструкций)

Ширина моста определяется его габаритом.

**Габарит приближения конструкций, или габарит моста** – это контур, необходимый для беспрепятственного пропуска по мосту транспорта и пешеходов.

Габарит моста состоит из ширины проезжей части дороги и полос безопасности, то есть он шире проезжей части дороги и уже земляного полотна.

Габариты мостов обозначают буквой Г и числом, равным расстоянию в метрах между ограждениями. Как уже отмечалось выше, их назначают в зависимости от категории дороги, на которой расположен мост, числа и ширины полос движения (табл. 6.3). При наличии разделительной полосы к обозначению габарита добавляют ее ширину, обозначаемую буквой С.

Ширина проезжей части  $B = nb$  равна произведению числа полос  $n$  на ширину  $b$  одной полосы, принимаемой в зависимости от категории дороги 2,75 – 3,75 м (см. табл. 6.2).

По краям проезжей части располагают полосы безопасности шириной П, принимаемой в зависимости от категории дороги от 0,5 до 2,5 м. За полосами безопасности располагают ограждения безопасности – барьерные ограждения, бордюры, на деревянных мостах колесоотбойный брус. Тротуары шириной Т и высотой прохода не менее 2,5 м могут примыкать к проезжей части или быть отдельными от нее.

Габариты по ширине автодорожных мостов на дорогах общего пользования, число полос движения, ширину проезжей части и полосу безопасности, ширину разделительных полос следует принимать согласно табл. Б.1 ТКП 45-3.03-232-2011 [2], мостов в городах, поселках и сельских населенных пунктах – по ТКП 45-3.03-227 [4]. Схемы габаритов приближения конструкций автодорожных и городских мостов при отсутствии трамвайного движения приведены на рис. 6.1, при этом левая половина каждой схемы относится к случаю примыкания тротуаров к ограждениям, правая – к случаю раздельного размещения тротуаров.

Таблица 6.3

## Габариты мостовых сооружений по ширине, м

Категория дороги	Число полос движения	Габарит мостовых сооружений Г	Ширина	
			правой полосы безопасности П	проезжей части В
I-а	6	$13,75 + C + 13,75$	2,5	$2 \times 11,25$
I-а	4	$10 + C + 10$	2,5	$2 \times 7,5$
I-б, I-в	6	$12,5 + C + 12,5$	2,0	$2 \times 10,5$
I-б, I-в	4	$9 + C + 9$	2,0	$2 \times 7,0$
II	2	11	2,0	7,0
III	2	10	1,5	7,0
IV	2	8	1,0	6,0
V	2	6,5	0,5	5,5

**Примечание:**

1. Для автомобильных дорог I-а, I-б, I-в категорий указаны габариты по ширине при отсутствии ограждений на разделительной полосе. При наличии ограждений или при отдельных пролетных строениях для каждого направления движения габариты каждого сооружения, м, следует устанавливать по формуле

$$Г = П + В + Л,$$

где В – ширина проезжей части, м;

П – ширина правой по ходу движения полосы безопасности, м;

Л – ширина левой по ходу движения полосы безопасности, м.

Значение Л следует принимать в соответствии с участком дороги на подходах к сооружению, но не более 2 м.

2. Ширину разделительной полосы С, м, следует принимать равной ширине разделительной полосы на подходах.

На мостовых сооружениях длиной более 100 м при соответствующем обосновании ширину разделительной полосы допускается уменьшать, но принимать не менее чем 2 м плюс ширина ограждения.

3. Полосы безопасности меньшей ширины при соответствующем обосновании допускается принимать для мостовых сооружений длиной свыше 100 м на автомобильных дорогах I-а, I-б, I-в, II и III категорий и длиной свыше 50 м – на дорогах IV категории при условиях:

– мосты расположены на расстоянии более 100 км от Минска и более 50 км от других городов, а расчетная интенсивность движения транспортных средств снижается в два раза и более по сравнению с пригородными участками;

– в случае расположения мостов и путепроводов на участках дорог с уменьшенной шириной обочины;

– при реконструкции;

– при наличии дополнительной полосы для подъема, переходной скоростной полосы (со стороны этих полос).

В каждом из перечисленных случаев ширина полосы безопасности должна быть не менее 1 м на автомобильных дорогах I-а, I-б, I-в, II и III категорий и 0,75 м – на дорогах IV категории.

Для деревянных мостов (кроме мостов из клееной древесины) допускается принимать габарит Г-7, на дорогах V и низших категорий габарит деревянных мостов допускается принимать Г-6.

Габарит по ширине и составляющие поперечного профиля для мостов на дорогах необщего пользования должны приниматься в соответствии с заданием на проектирование. Для мостов на дорогах промышленных предприятий ширину полосы безопасности II следует принимать 1,50 м. Габарит деревянных мостов на автомобильных дорогах необщего пользования допускается принимать Г-6.

Высота габарита должна составлять 5,0 м для дорог I–III категории и 4,5 м – для IV–V категории.

Габариты приближения конструкций под путепроводами на автомобильных дорогах общего пользования  $H$  назначают, руководствуясь формулой

$$H = h + 0,2 + \Delta,$$

где  $h = 5,0$  – для мостов на автомобильных дорогах общего пользования и улиц, м;

0,2 – запас на возможное наращивание толщины покрытия при ремонтах, м;

$\Delta$  – расчетный прогиб конструкций пролетного строения путепровода, м.

Габариты приближения конструкций под путепроводами на железных дорогах следует принимать по ГОСТ 9238, для метрополитенов – по ГОСТ 23961, для трамваев – по СНиП 2.05.09.

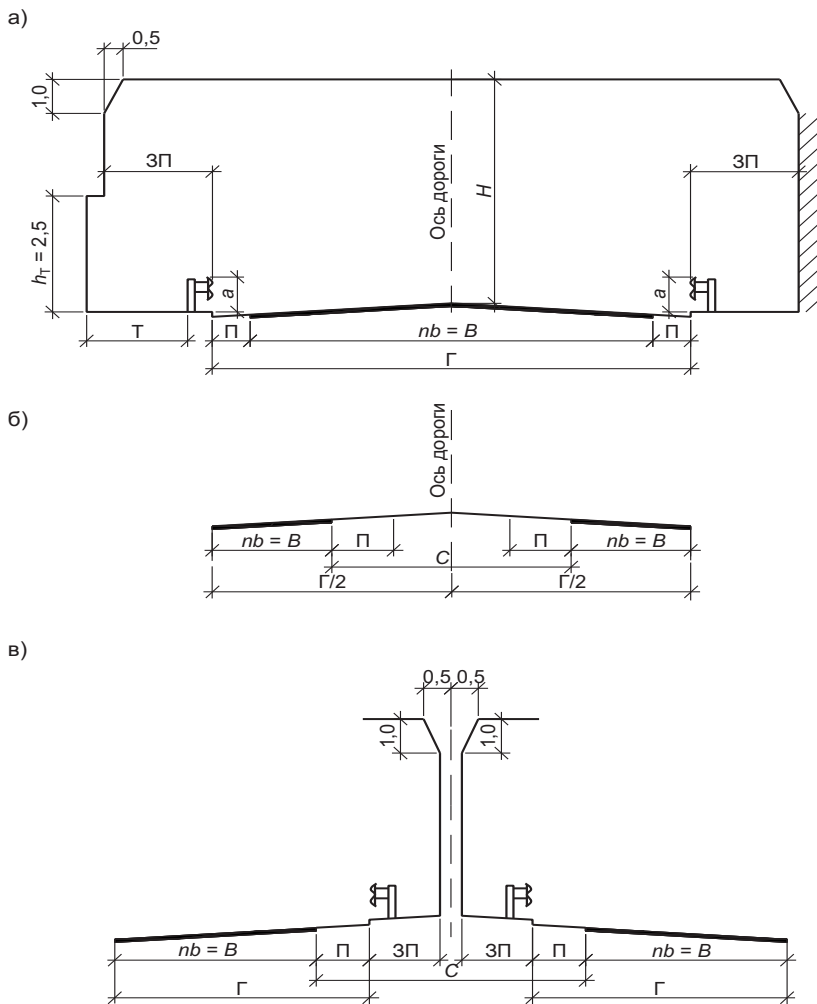


Рис. 6.1. Схемы габаритов приближения конструкций автодорожных и городских мостов:

- a* – при отсутствии разделительной полосы;
- б* – с разделительной полосой без ограждений;
- в* – с разделительной полосой при наличии ограждений

Обозначения, принятые на схемах габаритов:

$B$  – общая ширина проезжей части или ширина проезжей части для движения одного направления, м;

$n$  – число полос движения,

$b$  – ширина каждой полосы движения, м, принимаемая:

– для мостов на дорогах общего пользования – по табл. 6.2 (табл. 5 ТКП 45-3.03-19) [2];

– на дорогах промышленных предприятий – по СНиП 2.05.07;

– на улицах и дорогах в городах, поселках и сельских населенных пунктах – по ТКП 45-3.03-227;

$H$  – габарит по высоте (расстояние от поверхности проезда до низа пролетного строения над проездом);

$\Pi$  – полосы безопасности (предохранительные полосы);

$C$  – разделительные полосы (при многополосном движении в каждом направлении), ширина которых равна расстоянию между кромками проезжих частей разного направления движения;

$ЗП$  – защитные полосы, ширину которых, как правило, следует принимать равной 0,5 м, для деревянных мостов с ездой понизу – 0,25 м;

$\Gamma$  – расстояние между ограждениями проезда, в которое входит и ширина разделительной полосы, не имеющей ограждений;

$T$  – ширина тротуаров;

$a$  – высота ограждений проездов в соответствии;

$h_T$  – габарит по высоте на тротуарах, принимаемый не менее 2,5 м.

Ширину тротуаров на автодорожных и городских мостах назначают в зависимости от расчетной перспективной интенсивности движения пешеходов в час пик. Расчетную пропускную способность пешеходной полосы шириной 0,75 м следует принимать 1500 чел./ч. Ширину многополосных тротуаров, как правило, следует назначать кратной 0,75 м, ширину однополосных – не менее 1 м.

Среднюю расчетную пропускную способность 1 м ширины следует принимать для пешеходных мостов и подземных переходов 2000 чел./ч, для лестниц – 1500 чел./ч.

Ширина пешеходных мостов должна быть не менее 2,25 м.

Ширину пешеходных мостов, сооружаемых вне населенных пунктов, допускается принимать равной 1,5 м.

Тротуары или служебные проходы, как правило, следует предусматривать на каждой стороне моста.

На мостах с отдельными пролетными строениями тротуары и служебные проходы могут предусматриваться только с внешней стороны (по отношению к оси дороги) каждого пролетного строения.

На городских мостах, изолированных от пешеходного движения, а также на автодорожных мостах при интенсивности пешеходного движения 200 чел./сут и менее допускается предусматривать только служебные проходы.

Ширина служебных проходов принимается не менее 0,5 м.

На мостах длиной до 60 м, расположенных вне населенных пунктов, а также на путепроводах и эстакадах в пределах транспортных развязок в разных уровнях при отсутствии пешеходного движения, или при обеспечении условий, исключающих движение пешеходов, тротуары не устраиваются, а служебные проходы устраиваются только по заданию заказчика.

Ширина  $C$  разделительной полосы равна расстоянию между кромками проезжих частей разного направления движения и принимается такой же, как на подходящей к мосту дороге или улице. По условию безопасности движения на мостах ширина разделительной полосы  $C$  должна быть не менее 2 м. Если мост имеет два отдельных пролетных строения или на разделительной полосе установлены ограждения безопасности, то габарит моста составляют из двух отдельных габаритов и обозначают  $2Г$ . Такие же габариты по условию безопасности движения применяют для автомобильных дорог или улиц, проходящих под путепроводами, если на их разделительной полосе располагается опора.

Схемы габаритов приближения конструкций городских мостов при наличии трамвайного движения приведены на рис. 6.2.

Для пропуска трамвайных путей по городским мостам или путепроводам выделяют полосу шириной 7,5 м (рис. 6.3). При втопленных в проезжую часть рельсах полосу не защищают полосами безопасности, а высоту габарита принимают такой же, как для всего сооружения. При невтопленных в проезжую часть рельсах полосу трамвайного движения защищают полосами безопасности с одной или двух сторон в зависимости от ее расположения на проезжей части. Высоту габарита отсчитывают от головки рельса ( $H > 4,6$  м). Габарит по ширине мостов, предназначенных только под трамвайное движение (два пути), следует принимать не менее 9,0 м.



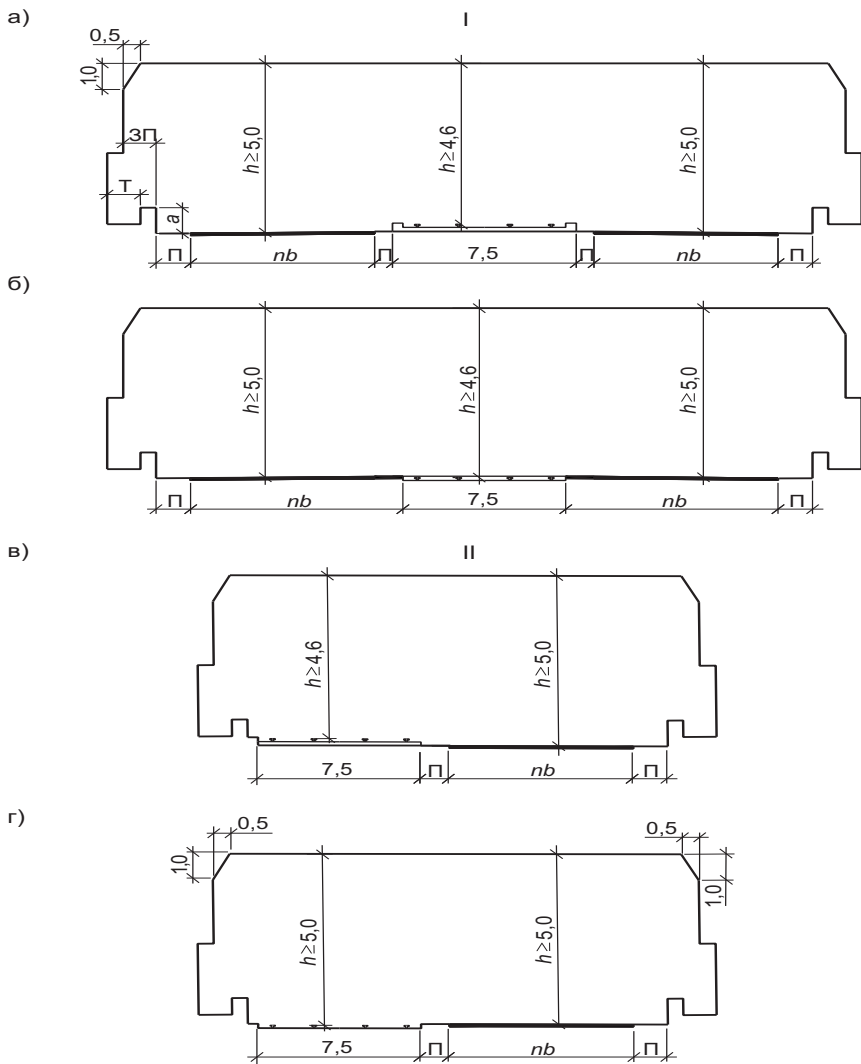


Рис. 6.2. Схемы габаритов приближения конструкций городских мостов с трамвайным движением:

I – трамвайные пути расположены на оси моста;

II – трамвайные пути смещены относительно оси моста;

$a, в$  – на обособленном полотне;

$б, г$  – на общем полотне

При пересечении городских скоростных дорог и улиц опоры всех видов следует располагать на расстоянии не менее 1,0 м от ограждения (бордюра), при отсутствии ограждения – не менее 1,5 м от кромки проезжей части улиц.

Стенки (устои) городских путепроводов тоннельного типа следует располагать на границах габаритов приближения конструкций под путепроводами согласно рис. 6.3.

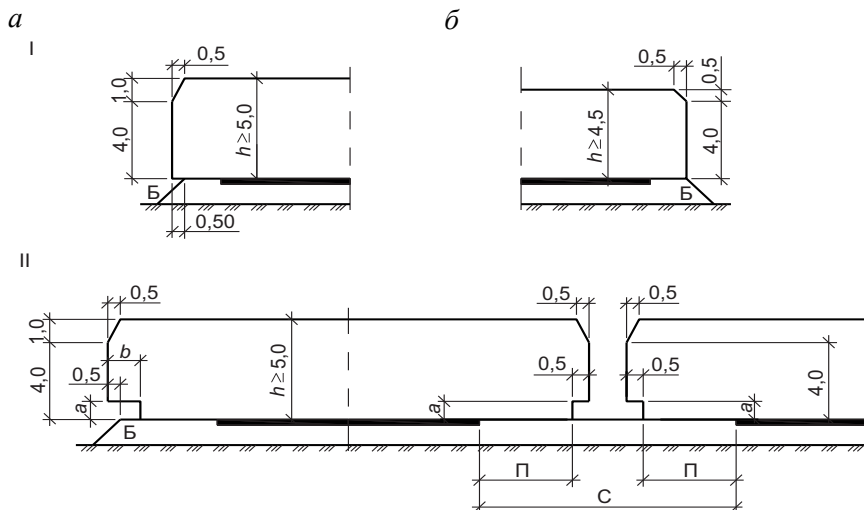


Рис. 6.3. Схемы габаритов приближения конструкций под путепроводами:

I – при отсутствии ограждений на пересекаемых дорогах;

II – при наличии опор на разделительной полосе и ограждений на дороге;

*a* – для дорог категорий I-а, I-б, I-в, II, III;

*б* – то же, IV, V

## 6.2. Разбивка моста на пролеты

Разбивка моста на пролеты производится с учетом требований экономичности и унификации пролетных строений, судоходства, а также пропуска ледохода и высоких вод.

Пролеты для пропуска судов располагают в основном русле так, чтобы опоры моста не стесняли движения судов. Количество и размер судоходных пролетов определяется подмостовым габаритом.

**Подмостовым габаритом** называется предельное очертание пространства под мостом, которое должно оставаться свободным для беспрепятственного пропуска судов и сплава леса. Внутрь этого габарита не должны вдаваться никакие элементы моста.

В зависимости от глубины судового хода все реки подразделяются на семь классов.

Подмостовые габариты назначаются по ГОСТ 26775-85 «Габариты подмостовые судоходных пролетов мостов на внутренних водных путях» [5].

Таблица 6.4

Классы подмостовых судоходных габаритов

Класс внутреннего водного пути	Глубина судового хода, м		Высота подмостового габарита $h$ , м	Ширина подмостового габарита $b$ , м		
	гарантированная	Средненавигационная		для неразводного пролета		для разводного пролета
				основная	смежная	
I	Более 3,2	Более 3,4	16,0	140	120	60
II	2,5–3,2	2,9–3,4	14,5	140	100	60
III	1,9–2,5	2,3–2,9	13,0	120	80	50
IV	1,5–1,9	1,7–2,3	11,5	120	80	40
V	1,1–1,5	1,3–1,7	10,0	100	60	30
VI	0,7–1,1	0,9–1,3	7,5	60	40	–
VII	0,5–0,7	0,6–0,9	5,0	40	30	–

Надводная часть подмостового габарита отсчитывается от расчетного судоходного уровня (PCY), подводная от HCY – наимизшего судоходного уровня.

Очертание подмостового габарита должно быть прямоугольным ABCD (рис. 6.4). На водных путях I–IV классов для неразводных пролетных строений с криволинейным очертанием нижнего пояса пролетных строений, располагаемых в стесненных условиях, допускается принимать очертание подмостового габарита по контуру AEFKLD.

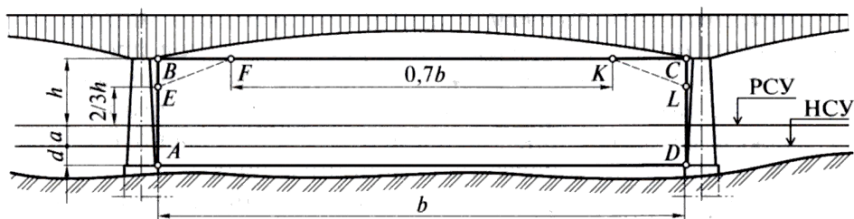


Рис. 6.4. Подмостовые габариты

Неразводные мосты проектируют не менее чем с двумя судоходными пролетами: основным – для низового направления движения судов, смежным – для взводного направления.

Если ширина водного пути с гарантированными глубинами недостаточна для размещения двух судоходных пролетов, то предусматривают один судоходный пролет. На широких реках с неустойчивым положением русла (меандрирующие реки) рекомендуется применять схемы мостов с одинаковыми пролетами, каждый из которых может стать судоходным на случай изменения положения основного русла.

В мостах через несудоходные реки (как уже отмечалось) возвышение низа пролетного строения принимают не менее 1 м.

При устройстве путепроводов через а/д или городские улицы необходимо соблюдать габариты пропускаемой под путепроводом дороги. Для путепроводов над железнодорожными путями необходимо под ними вписывать железнодорожный габарит приближения строений.

Для пропуска под автомобильной дорогой местных дорог наименьшее отверстие должно составлять 6 м в ширину и 4,5 в высоту, а для скотопрогонов – соответственно 4 и 2,5 м.

Пределы изменения длины экономичных пролетов ограничиваются судоходными габаритами и типовыми длинами пролетных строений. Как уже отмечалось выше (раздел 4), длину пролетных строений рекомендуется назначать с соблюдением принципа модульности и унификации в строительстве (6, 9, 12 и т. д.). Если судоходный пролет больше экономически целесообразного, то удовлетворяется требование судоходства. Поэтому при пересечении судоходных рек длины двух пролетов на главном русле в большинстве случаев определяются условиями судоходства.

При назначении пойменных пролетов необходимо также ориентироваться на стандартные длины, несмотря на то, что высота и стоимость пойменных опор может изменяться по длине поймы.

На реках с мощным ледоходом, а также для временных мостов, длина пролетов может определяться условиями пропуска ледохода. Длина пролета устанавливается в зависимости от интенсивности и скорости ледохода (вида ледохода).

Интенсивность ледохода характеризуется размерами льдин, толщиной льда, продолжительностью ледохода и возможностью образования заторов льда. Различают слабый, средний и сильный ледоход (табл. 6.5).

Таблица 6.5

### Виды ледохода

Интенсивность ледохода	Размеры льдин по наименьшему измерению, м	Толщина льда, см	Возможность образования заторов льда
Слабый	Менее 10	Менее 30	Заторов не бывает
Средний	10–20	30–60	Редкие заторы
Сильный	Более 20	Более 60	Частые заторы

Наибольшие скорости ледохода обычно бывают в русле, что требует применения больших пролетов. На пойме скорости ледохода меньше, пролеты могут быть уменьшены. В табл. 6.6 приведены наименьшие пролеты, обеспечивающие пропуск ледохода под мостом.

Таблица 6.6

### Наименьшие пролеты, обеспечивающие пропуск ледохода

Интенсивность ледохода	Скорость ледохода, м/с	Наименьшие пролеты моста, м	
		в главном русле	на поймах
Сильный	>2	40	25
	<2=	30	20
Средний	>2	25	20
	<2=	20	15
Слабый	>2	20	15
	<2=	15	10

При проектировании мостовых переходов пролеты моста на русле и поймах назначают такими, чтобы они обеспечивали пропуск под мостом высоких вод без опасного размыва опор.

Пролеты, принятые по условиям судоходства, высоких вод и ледохода, а также по трудоемкости и стоимости, могут быть уточнены и несколько увеличены по соображениям типизации. Длина пролетов зависит и от системы моста, хотя длина пролета часто определяет его систему.

## **7. МЕТОДЫ РАСЧЕТА МОСТОВЫХ КОНСТРУКЦИЙ**

Необходимость выполнения расчетов у инженера-мостовика возникает при решении следующих задач:

1. Определении необходимых размеров элементов создаваемой конструкции для пропуска заданной нагрузки – задача проектирования конструкции.

2. Определении возможности пропуска заданной нагрузки по имеющейся конструкции – задача проверки прочности элементов конструкции.

3. Определении максимально возможного значения нагрузки на существующую конструкцию с учетом ее действительного состояния – задача определения грузоподъемности конструкции.

Основы расчета строительных конструкций по разрушающим нагрузкам, которые сравнивались с предельными, были разработаны в СССР еще в 1932–1938 гг. В 1955 г. были изданы «Строительные нормы и правила», в которых нормировался расчет строительных конструкций с точки зрения достижения предельных состояний. Метод предельных состояний был разработан советскими учеными под руководством профессоров Н. Н. Стрелецкого, А. А. Гвоздева, В. М. Келдыша, Г. К. Евграфова и др.

Мосты и другие искусственные сооружения рассчитывают по методу предельных состояний.

Под предельными состояниями понимают состояния, при которых конструкция под влиянием силовых факторов перестает удовлетворять эксплуатационным требованиям.

В соответствии с ГОСТ 27751 предельные состояния делятся на две группы:

– первая группа характеризуется невозможностью эксплуатации конструкций сооружения или утратой несущей способности сооружения в целом;

– вторая группа характеризуется усложнением (препятствием) для нормальной эксплуатации сооружения, уменьшением проектной долговечности.

Предельное состояние первой группы или аварийное разрушение:

- потеря несущей способности грунтов основания;
- потеря прочности;
- потеря устойчивости формы;
- потеря устойчивости положения (опрокидывание, скольжение и т. п.);
- потеря выносливости.

Предельное состояние второй группы, усложнение или невозможность нормальной эксплуатации:

- чрезмерные деформации;
- образование трещин или достижение трещинами предельно допустимой ширины раскрытия;
- недопустимые колебания конструкций при воздействии временных нагрузок;
- другие явления, при которых возникает необходимость временного ограничения нормальной эксплуатации сооружения (например, разрушение элементов мостового полотна).

Расчет мостов производится по двум группам предельных состояний: по первой группе, гарантирующей сооружение от нарушения эксплуатации в связи с исчерпанием прочности, устойчивости или выносливости, то есть несущей способности, и по второй группе, гарантирующей сооружение от появления недопустимых перемещений – деформаций (прогибов, осадок, углов поворота, колебаний, трещин).

Нормальной считается эксплуатация, осуществляемая без ограничений и внеочередного ремонта.

Расчет конструкций должен гарантировать их от возможности наступления любого из предельных состояний (из двух групп).

Предельное состояние первой группы не наступает, если наибольшее возможное усилие  $N_{\max}$  в нем не будет превосходить наименьшее значение его несущей способности  $\Phi_{\min}$ :

$$N_{\max} < \Phi_{\min}.$$

Левая часть неравенства зависит от нагрузки, действующей на конструкцию, расчетной схемы и размеров конструкции, а правая – от прочности материала, формы и размеров поперечного сечения элемента конструкции.

Нагрузки, действующие на конструкцию, прочность материала, размеры элементов конструкции не являются строго определенными величинами, им свойственна статистическая изменчивость.

Степень изменчивости можно характеризовать кривыми распределения (рис. 7.1)

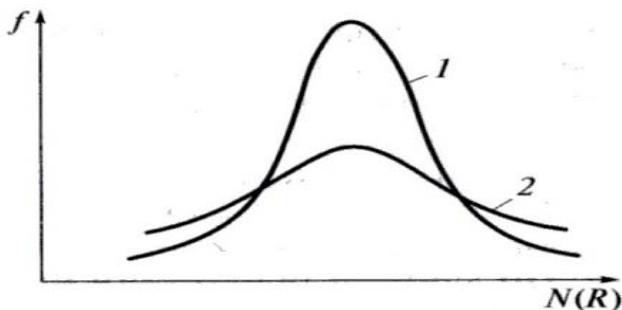


Рис. 7.1. Кривые плотности распределения нагрузок и прочности материалов

Ось ординат – число случаев (или их частота), при которых наблюдалась рассматриваемая нагрузка или прочность, отложенная на оси абсцисс. При определенной частоте нагрузки или прочность имеют некоторое среднее значение. От этого среднего значения имеются отклонения как к большим, так и к меньшим значениям этих величин: если кривая вытянута вдоль оси ординат (кривая 1), то соответствующая величина имеет малую изменчивость; если кривая пологая (2) – большую.

Статистический характер значений прочности материалов и нагрузок на сооружения учитывается на основе анализа путем введения их нормативных и расчетных значений.

**Нормативные значения** временных нагрузок устанавливаются ТКП 45 – 3.03-232 – 2011[2]. Рассмотрим их во второй части пособия. Для постоянных нагрузок нормативные значения принимаются по проектным размерам конструкции и средним значениям удельного веса материала. **Расчетные значения** определяют умножением их нормативного значения на коэффициент надежности по



нагрузке  $\gamma_f$ , учитывающий возможные отклонения нагрузки в неблагоприятную сторону

$$P = P_n \gamma_f.$$

Коэффициент надежности по нагрузке при расчете мостов принимается по табл. 11 ТКП 45 – 3.03-232-2011 [1] и его следует принимать по табл. 7.1.

Таблица 7.1

Коэффициенты надежности по нагрузке

Нагрузки и воздействия	Коэффициент надежности по нагрузке $\gamma_f$ для постоянных воздействий
Все нагрузки и воздействия, кроме нижеуказанных	1,1 (0,9)
Вес мостового полотна с ездой на балласте под железную дорогу, а также пути метрополитена и трамвая	1,3 (0,9)
Вес балластного мостового полотна под трамвайные пути на бетонных и железобетонных плитах	1,2 (0,9)
Вес выравнивающего, изоляционного и защитного слоя автодорожных и городских мостов	1,3 (0,9)
Вес покрытия ездового полотна и тротуаров автодорожных мостов	1,5 (0,9)
Вес покрытия ездового полотна и тротуаров городских мостов	2,0 (0,9)
Вес деревянных конструкций мостов	1,2 (0,9)
Горизонтальное давление грунта от веса насыпи:	
на опоры мостов (включая устои)	1,4 (0,7)
на звенья труб	1,3 (0,8)
Воздействие усадки и ползучести бетона	1,1 (0,9)
Воздействие осадки грунта	1,5 (0,5)

**Примечание.** Значения  $\gamma_f$ , указанные в скобках, следует принимать в случаях, когда при невыгодном сочетании нагрузок увеличивается их суммарное воздействие на элементы конструкций.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Инженерные сооружения в транспортном строительстве : учебник для студентов высших учебных заведений: в 2 книгах. Книга 1 / П. М. Саламахин [и др.]; под ред. П. М. Саламахина. – 2-е изд., стер. – М.: Издательский центр «Академия», 2008. – 352 с.
2. Мосты и трубы. Строительные нормы проектирования: ТКП 45-3.03-232-2011 / Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь. – Минск, 2012. – 198 с.
3. Автомобильные дороги. Нормы проектирования : ТКП 45- 3.03-19-2006 / Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь. – Минск, 2007. – 188 с.
4. Улицы населенных пунктов. Строительные нормы проектирования: ТКП 45-3.03-227-2010 / Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь. – Минск, 2011. – 46 с.
5. Габариты подмостовые судоходных пролетов мостов на внутренних водных путях: ГОСТ 26775 – 85 / Государственный комитет СССР по делам строительства. – М., 1985. – 8 с.

Учебное издание

**ПАСТУШКОВ** Геннадий Павлович  
**РАСИНСКАЯ** Лидия Григорьевна

## **ПРОЕКТИРОВАНИЕ МОСТОВ**

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

В 2 частях

Часть 1

Редактор *Е. С. Кочерго*  
Компьютерная верстка *О. Ю. Селезневой, Е. А. Беспанской*

Подписано в печать 27.10.2017. Формат 60×84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Бумага офсетная. Ризография.  
Усл. печ. л. 2,44. Уч.-изд. л. 1,91. Тираж 150. Заказ 826.

Издатель и полиграфическое исполнение: Белорусский национальный технический университет.  
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя, распространителя  
печатных изданий № 1/173 от 12.02.2014. Пр. Независимости, 65. 220013, г. Минск.



