

Раздел: **ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ ИСКУССТВЕННЫХ
СООРУЖЕНИЯХ**

**Тема 1: ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ ОБ ИСКУССТВЕННЫХ
СООРУЖЕНИЯХ**

Вопросы:

- 1 Предмет и содержание курса.
- 2 Связь с другими дисциплинами.
- 3 Краткий исторический очерк развития мостостроения. Роль отечественных и зарубежных ученых в мостостроении.
- 4 Вида искусственных сооружений на автомобильных дорогах.
- 5 Элементы мостового перехода и моста.
- 6 Классификация мостов.
- 7 Современное состояние и перспективы развития мостостроения.
- 8 Основные требования к мостам.

1. Предмет и содержание курса

«Искусственные сооружения» - является одной из специальных дисциплин, которую изучают студенты специальности «Автомобильные дороги и аэродромы». Знания курса необходимы для плодотворного творчества деятельности современного специалиста – строителя автомобильных дорог.

В курсе рассматриваются теоретические и практические вопросы проектирования, строительства и эксплуатации мостов и других искусственных сооружений на автомобильных дорогах.

Курс состоит из следующих разделов:

- деревянные мосты;
- железобетонные мосты;
- металлические мосты;
- транспортные сооружения на скрещивании автомобильных дорог и в городах;
- трубы, наплавные мосты и паромные переправы;
- эксплуатация, усиление и реконструкция мостов;

- тоннели и сооружения на горных дорогах

Курс «Искусственные сооружения» позволяет дать будущему специалисту – дорожнику знания по проектированию, строительству и эксплуатации мостовых сооружений.

В результате изучения дисциплины студенты должны:

- знать:

- основные понятия о конструкциях элементов мостовых сооружений;
- положение о расчете элементов конструкции;
- методы строительства, эксплуатации и реконструкции мостов.

- уметь:

- рационально применять типовые проекты проектирования строительства и эксплуатации мостовых сооружений;
- пользоваться нормативной и справочной литературой;
- применять современные методы расчета сооружений при их проектирование, строительстве и реконструкции.

2. Связь с другими дисциплинами

Современное дорожное строительство невозможно представить без мостовых сооружений.

Изучение курса и выполнение курсовых проектов обеспечивают дисциплины;

- 1) строительное черчение;
- 2) высшая математика;
- 3) гидравлика;
- 4) строительные материалы;
- 5) сопротивление материалов;
- 6) строительная механика;
- 7) механика грунтов, геология;
- 8) геодезия;
- 9) основания и фундаменты;
- 10) строительные конструкции.

3. Краткий исторический очерк развития мостостроения. Роль отечественных и зарубежных ученых в мостостроении.

Подавляющее большинство сооружений возводится в относительно благоприятных условиях. Мосты же возводятся там, где встречаются естественные или искусственные препятствия: овраги, реки, дороги. Особые условия требуют соответствующих конструкций и способов их возведения. Кроме того, мосты в отличие от других сооружений несут движущуюся нагрузку - пешеходов, автомобили, поезда, метро. Поэтому они формируются как протяженные конструкции с большими расстояниями (пролетами) между опорами.

История мостостроения – это в значительной степени история борьбы за перекрытие как можно больших пролетов. В настоящее время это пролет в 2000м. Выдающимися мостами являются мост «Акаши-Кайкё» (Япония) с пролетом 1991м, мост в Сан-Франциско (США) «Золотые ворота» с пролетом 1280м, на Украине «Московский мост » в Киеве пролет 300м.

Много это или мало? Для сопоставления можно представить, что Останкинская телебашня имеет высоту 533м. Следует учесть, что в высотных сооружениях решается более простая инженерная задача - передача нагрузки сверху вниз, когда ось сооружения совпадает с направлением силы тяжести. В мостах подвижная нагрузка действует на конструкцию весьма далеко от места ее опирания на землю. Поэтому пролеты мостов в несколько тысяч метров – большое достижение инженеров и современной техники.

Строительство моста через реку является двудеиной задачей. С одной стороны - это необходимость перегородить реку, чтобы проложить путь, а с другой - её нежелательно перегораживать, чтобы не мешать её свободному течению.

Для свободного течения реки необходимы большие пролеты, а чем больший пролет, тем больше его давление на опоры, а значит необходимы массивные опоры, в результате это может привести к подмыву опор и размыву берегов .

Большая часть мостов Древнего Рима, которые были сложены из камня, разрушены почти без остатка. Такая же судьба постигли и многие мосты

средневековья, которые долгое время строились по канонам римлян. Из этой проблемы возникла целая отрасль науки – мостовая гидравлика.

В 104 – 105г. н.э. знаменитый строитель Аполлодор из Дамаска построил мост через Дунай с 21 пролетом по 50 м. Быки его, квадратного сечения 18*18м имели высоту 40 м и были сложены из камня. Общий объем кладки камня составил 300 тыс. м³, а вес свыше 750 тыс. т. Чтобы обработать такое количество материала нужно было не только много рабочих рук, но и хорошо организовать саму работу. Поэтому уже в рабовладельческую эпоху проектирование и строительство мостов требовало специальных знаний и навыков.

На Руси специализация мостовиков возникла еще при Ярославе Мудром. В сословии военных строителей выделялись «городники» - строители крепостей, «порочные мастера» - устроители различных машин и приспособлений для осады крепостей и «мостники» - строители мостов. Инженерами русских специалистов стали звать только при Петре I, а прежде так именовали только приглашенных иностранцев.

Первые мосты на Руси были деревянными - опоры из деревянных срубов - ряжей, заполненных камнем.

К эпохе Возрождения в Западной Европе начали строительство мостов. Во Франции в XII в. был создан духовный орден «мостовых братьев», которые строили мосты.

Практически до периода позднего средневековья мосты строились «на глазок», по интуиции.

В период первых капиталистических предприятий возникла необходимость в сокращении сроков строительства мостов и их удешевления.

Сначала конструкция каменных мостов была в виде сводов, потом идея свода была перенесена в деревянные мосты в виде балок с подкосами, арок с брусьями.

Русский изобретатель-самоучка И.П.Кулибин представил на конкурс проект арочного деревянного моста через Неву с пролетом 300м. Он сделал модель моста в 1/10 величины и испытал её в присутствии комиссии во главе с Эйлером.

В XVII – XIX в. дерево конкурировало в мостостроении с камнем и металлом, но потом уступило металлу.

Первые металлические мосты – висячие цепные.

Интенсивное развитие мостостроения в России началось со строительства железобетонных дорог. Русские инженеры Мельников П.П. и Волков М.С. совершили поездку за границу для ознакомления с опытом строительства железобетонных дорог и мостов, что позволило впоследствии избежать ошибок, которые были у западных инженеров. Проектирование большинства мостов на Петербург-Московской железной дороге осуществил выпускник Петербургского института путей сообщения Д.И. Журавский, который и качества основного вида пролетных строений избрал решетчатые фермы инженера Гау, но усовершенствовал их. Проектирование было поставлено на научную основу и сопровождалось исследованиями материалов. Размеры деталей мостов подбирались по величине воспринимаемых ими усилий. Журавский создал теорию определения усилий в элементах ферм. Теоретические выводы подкреплялись опытами на модели, раскосы которой были изготовлены из струн. Журавский разработал теорию изгиба двутавровых балок, которую мы пользуемся к сих пор.

Принципы организации проектной работы, которые обеспечивали объединение теоретических и конструктивных разработок с опытами в дальнейшем стали основополагающими для отечественной школы мостостроения. Этим объясняется то, что русская школа мостовиков избежала механистических и разного рода конъюнктурных уклонов, которые были у западноевропейских и американских мостовиков. Такой подход обеспечил высокую надежность отечественных мостов. Россия не знала такие катастрофы с человеческими жертвами, как разрушение Тейского моста у Англии, или висячего моста в Германии (1825г.), когда погибло 240 человек.

Кроме Журавского Д.И., Кербедза С.В., известными является Белелюбский Н.А., Ясинский Ф.С., Проскуряков Л.Д. и другие.

К началу XX в. были сформулированы основные конструктивные особенности мостов, разработана теория расчета, освоены эффективные методы производства строительных работ.

В мостостроении интенсивно внедряется железобетон. Широко используются конструкции сборного железобетона.

В конструкциях металлических мостов вместо заклепочных соединений стали применять соединение на высокопрочных болтах. Широко используется сварка. Широко известно имя академика Е.О. Патона. Мостовик по образованию, он стал пионером использования сварки в мостостроении. Патон Е.О. и его ученики разработали совершенную технологию автоматической сварки, которая теперь широко применяется в мире для изготовления металлоконструкций. В 1953г. в Киеве был возведен цельносварной мост через Днепр, он носит имя Е.О. Патона.

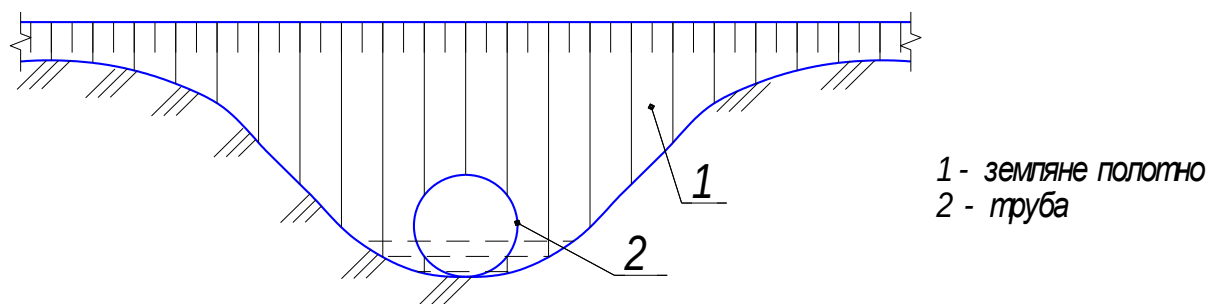
Традиции отечественной инженерной школы сохранены и укреплены известными инженерами-мостостроителями Передерий Г.В., Щусев П.В., Н.С. и Н.Н. Стрелецкие, Евграфов Г.К., Колоколов М.М., Богданов Н.Н., Иосилевский Л.И., Петропавловский А.А., Лившиц Я.Д. и другие.

4. Вида искусственных сооружений на автомобильных дорогах

Автомобильная дорога, проходя по местности, пересекает разные препятствия: ручьи, овраги, реки, суходолы, горные хребты, ущелья, автомобильные и железные дороги.

Все искусственные сооружения на автомобильных дорогах разделяются на:

1) **трубы** – их укладывают в тело земляного полотна дороги. Они служат для пропуска под дорогой небольших ручьев, транспортных средств и скота (рис.1). В местах расположения трубы земляное полотно не перерывается.



1 – земляное полотно;

2 – труба.

Рисунок 1 – Труба

2) **мостовые сооружения** – строят для пропуска дороги над реками, ущельями, оврагами и т.п. Они прерывают земляное полотно дороги своими конструкциями.

Разновидности мостовых сооружений:

а) **мост** – сооружение для пропуска дороги над водным препятствием (рис. 2);

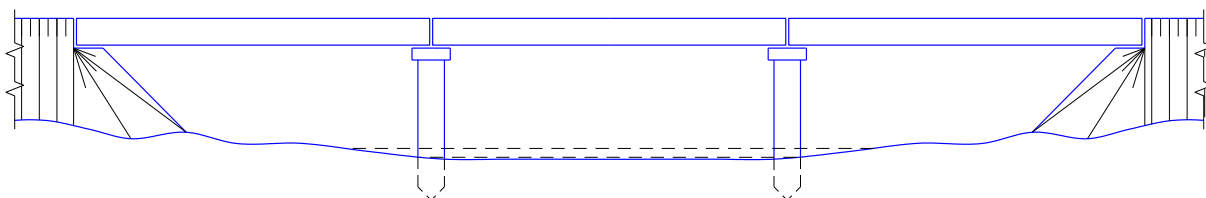


Рисунок 2 – Мост

б) **путепровод** – сооружение для пропуска одной транспортной магистрали над другой в разноразличных уровнях (рис. 3)

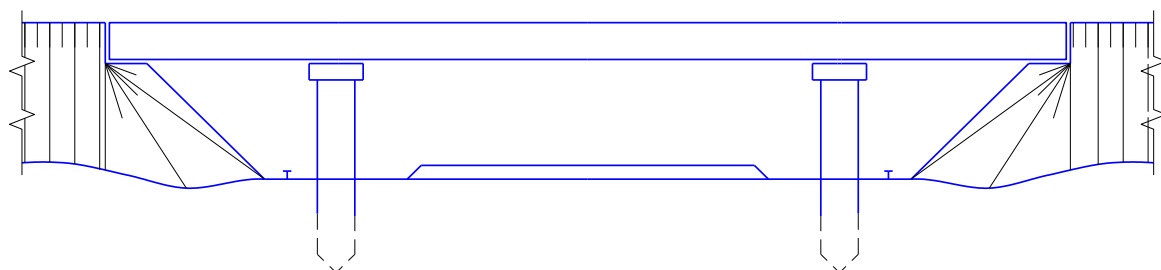


Рисунок 3 – Путепровод

в) **виадук** – мостовое сооружение для пропуска дороги над глубоким оврагом, ущельем с большой высотой (другими словами мост большой высоты) (рис. 4);

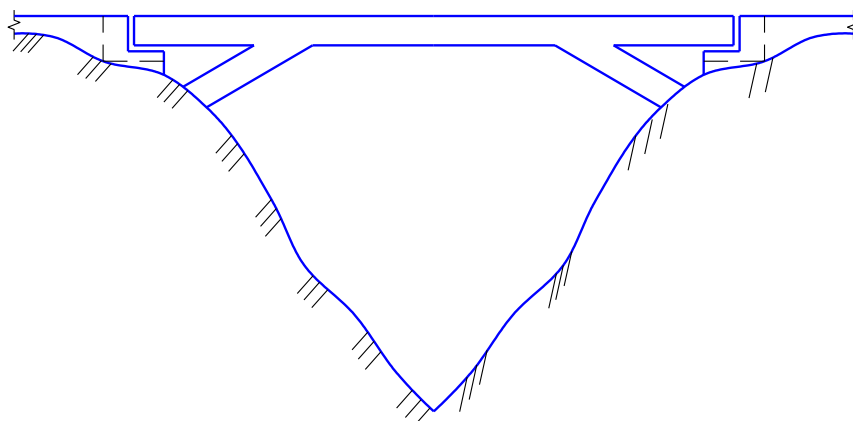


Рисунок 4 – Виадук

г) **эстакада** – возводится вместо высокой насыпи для пропуска дороги на большей длине (рис. 5);

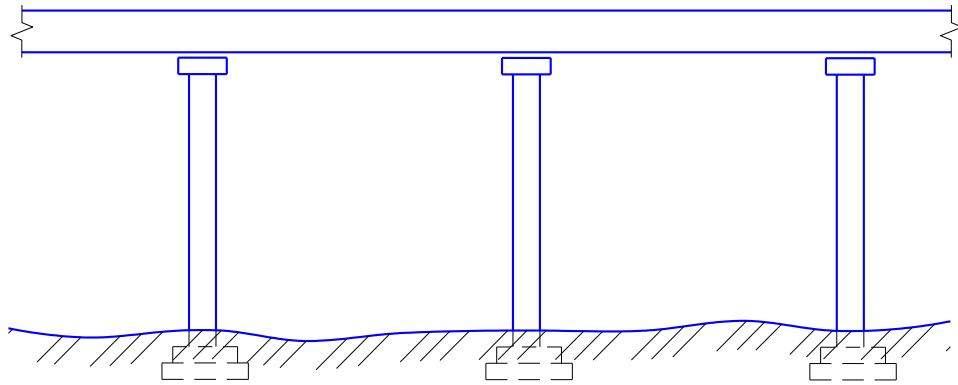


Рисунок 5 – Эстакада

д) **тоннель** – применяют для пропуска дороги сквозь толщу горного массива или под крупными реками, озерами. В городах для пропуска под землей автомобилей и пешеходов (рис.6);

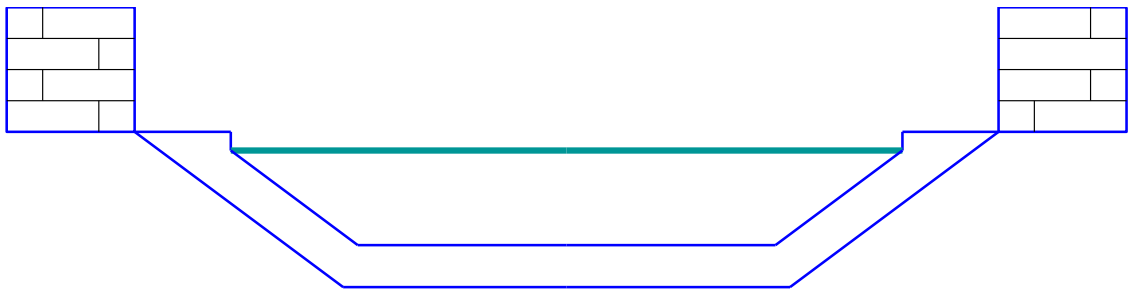


Рисунок 6 – Тоннель

е) **галереи** – для защиты дороги от снежных лавин, камнепадов (рис. 7);

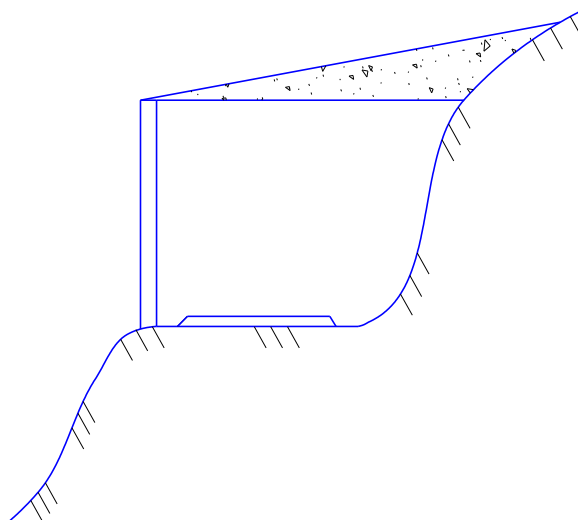


Рисунок – 7 Галерея

ж) **балконы** – для обеспечения необходимой ширины дороги (рис. 8;.

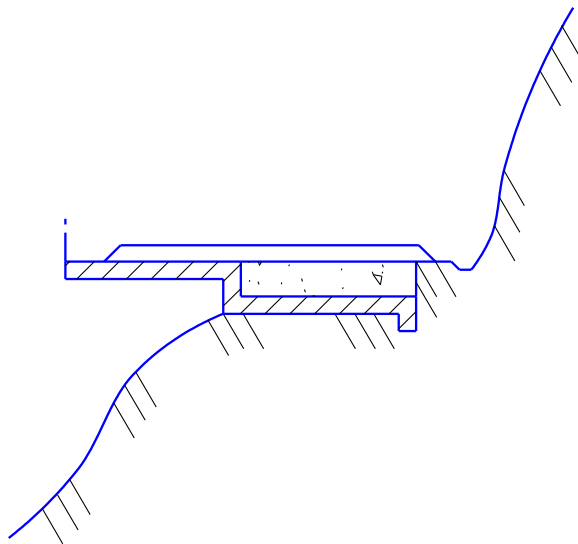


Рисунок 8 – Балкон

з) **подпорные стенки** – для удержания грунта, который находится за стенкой, от обрушения (рис. 9).

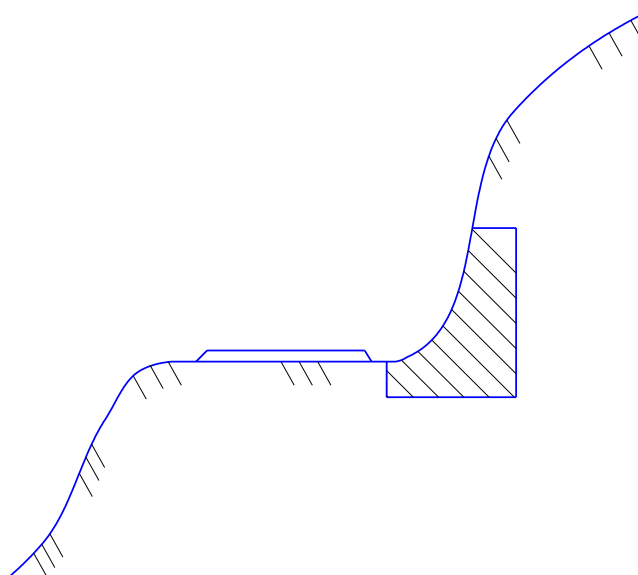
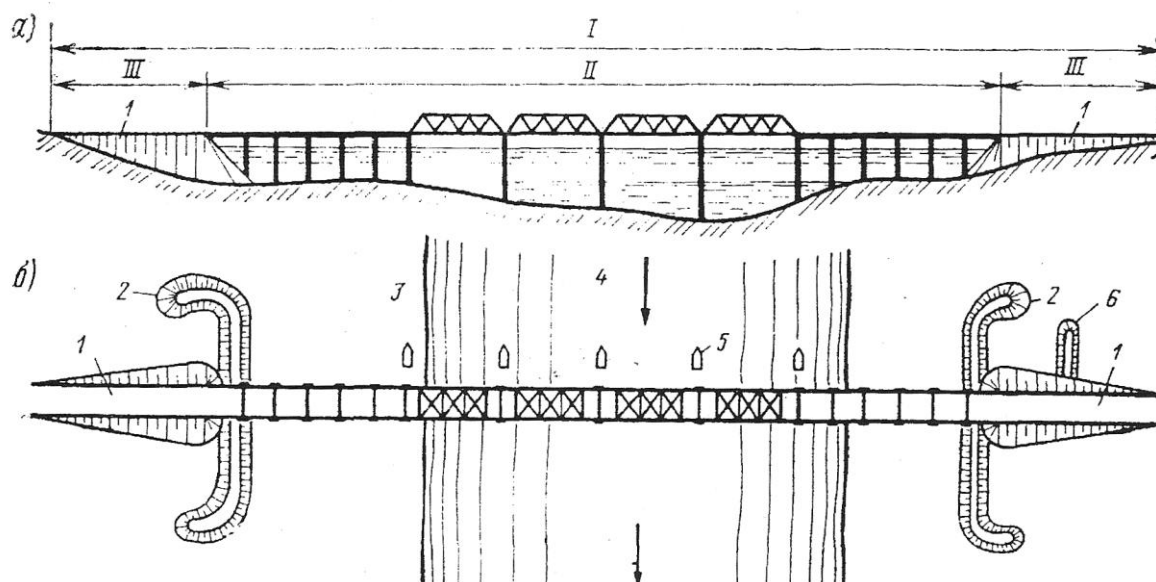


Рисунок 9 – Подпорная стенка

5. Элементы мостового перехода и моста

Мостовой переход – это комплекс сооружений, которые возводятся при пересечении дорогой реки (рис. 10).

В его состав входят: мост, подходы к нему, ледорезы, регуляционные и берегоукрепительные сооружения.



I – мостовой переход;

II – мост;

III – подходы к мосту.

1 – насыпь подхода; 2 – струенаправляющая дамба; 3 – пойма реки; 4 – русло реки; 5 – ледорез; 6 – траверса.

Рисунок 10 – Схема мостового перехода

Мост – своими конструкциями перекрывает русло реки или русло и часть поймы реки.

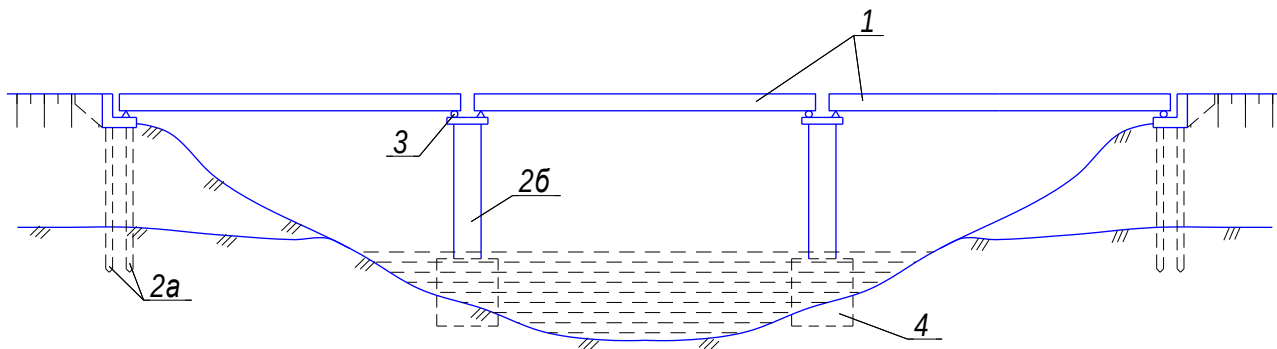
Подходы к мосту – обеспечивают сопряжение дороги с мостом. Их устраивают в виде насыпей или эстакад.

Ледорезы – сооружения для защиты промежуточных опор моста от ледохода (их возводят с верховой стороны реки, где возможен ледоход).

Регуляционные сооружения: струенаправляющая дамба, ее строят у береговых опор, придавая ей в плане очертание, которое способствует плавному протеканию в отверстие моста водного потока.

Берегоукрепительные сооружения: траверса – устраивают с верховой стороны мостового перехода в виде коротких дамб, которые выступают в реку перпендикулярно или под углом к берегу или насыпи подхода. Траверса препятствует течению воды вдоль берега или насыпи, предохраняет их от разлива и способствует направлению водного потока в отверстие моста.

Мост состоит из пролетных строений и опор (рис. 11).



- 1 – пролетные строения;
- 2а – береговые опоры (устои);
- 2б – промежуточные опоры;
- 3 – опорные части;
- 4 – фундамент опоры.

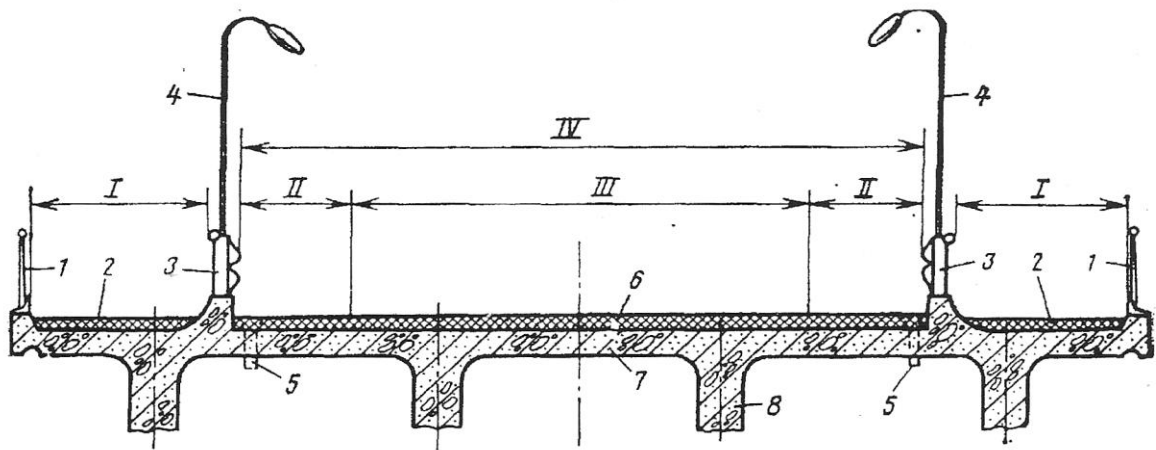
Рисунок 11 – Схема моста

Пролетное строение – это конструкция моста, перекрывающая пространство между опорами и поддерживает все нагрузки, которые находятся на мосту и передает их вес и свой собственный на опоры.

В пролетных строениях выделяют:

- **проезжую часть;**
- **несущую часть;**
- **систему связей;**
- **опорные части.**

Проезжая часть (в первоначальном и основном смысле этого слова) – это совокупность конструктивных элементов, воспринимающих действие подвижных нагрузок и передающих их на несущую часть. В проезжую часть в этом смысле включают мостовое полотно и несущие элементы. (рис. 12).



I – тротуар;

II – полоса безопасности;

III – проезжая часть;

IV – ездвое полотно.

1 – перильное ограждение; 2 – одежда тротуаров; 3 – барьерное ограждение; 4 – мачта для освещения; 5 – водоотводное устройство; 6 – одежда ездвого полотна; 7 – несущие элементы проезжей части; 8 - несущие элементы пролетного строения.

Рисунок 12 – Элементы мостового полотна

Мостовое полотно расположено над несущими элементами проезжей части и предназначено для обеспечения безопасного движения транспортных средств и пешеходов, а также для отвода воды с проезжей части. Оно включает следующие конструктивные элементы: одежду ездвого полотна и тротуаров, перильное и защитные ограждения, устройства для освещения, устройства для водоотвода, деформационные швы и элементы соопряжения моста с насыпью.

В узком смысле **проезжая часть** - это полоса на мостовом полотне для непосредственного движения транспортных средств. Ширина этой полосы равна сумме ширин полос движения, установленных для моста. К этой полосе примыкают предохранительные полосы (**полосы безопасности**), которые назначены для обеспечения движения по мосту с установленной скоростью движения. Они устраняют психологическое воздействие на водителя высокого

ограждения у тротуаров, а также обеспечивают возможность съезда транспортных средств с проезжей части при возникновении опасных для движения ситуаций. Проезжая часть в узком смысле этого понятия вместе с предохранительными полосами составляют полосу ездового полотна или *габарит проезда*.

Несущие элементы проезжей части воспринимают нагрузку от транспортных средств с ездового полотна, от пешеходов с тротуаров и передают их на основные несущие конструкции пролетного строения. Применяют три вида несущих элементов проезжей части:

- *балочная клетка* как совокупность продольных и поперечных деревянных или металлических балок;
- *плоская или ребристая железобетонная плита*;
- *ортотропная плита* – сварная металлическая конструкция, которая состоит из листа, подкрепленного ребрами.

Несущая часть пролетного строения воспринимает действие от собственного веса пролетного строения и временной подвижной нагрузки и передает его на опоры. В качестве этих элементов при небольших пролетах могут быть деревянные или металлические балки, железобетонные плиты, при средних и больших пролетах – балки, фермы, рамы, арки, а также кабели висячие и ванты вантовых мостов.

Система связей между несущими элементами пролетных строений предназначена для объединения пролетного строения в пространственно жесткую конструкцию, способную воспринимать всеми элементами как вертикальные, так и горизонтальные нагрузки. В полной системе связей различают продольные (верхние и нижние) и поперечные (опорные и промежуточные) связи.

Опорные части – это специальные элементы, с помощью которых опорные реакции от несущих конструкций передаются на опоры в заданном месте. Кроме того, опорные части обеспечивают поворот, продольное и поперечное смещение главных ферм (или балок), которые возникают под действиями подвижных нагрузок и температурных деформаций пролетного строения в целом.

Опоры моста воспринимают нагрузки от пролетных строений через опорные части и передают их на грунт через фундамент или на воду (в наплавных мостах).

Опоры бывают:

- *береговые (устои);*
- *промежуточные.*

Промежуточные опоры воспринимают нагрузки от веса пролетных строений, подвижных нагрузок, навала судов, воздействия ледохода, ветра.

Береговые опоры, кроме того, могут работать как подпорные стенки, воспринимая давление от насыпи подходов.

Существенное значение при проектировании моста имеют следующие уровни воды в реке (рис. 13).

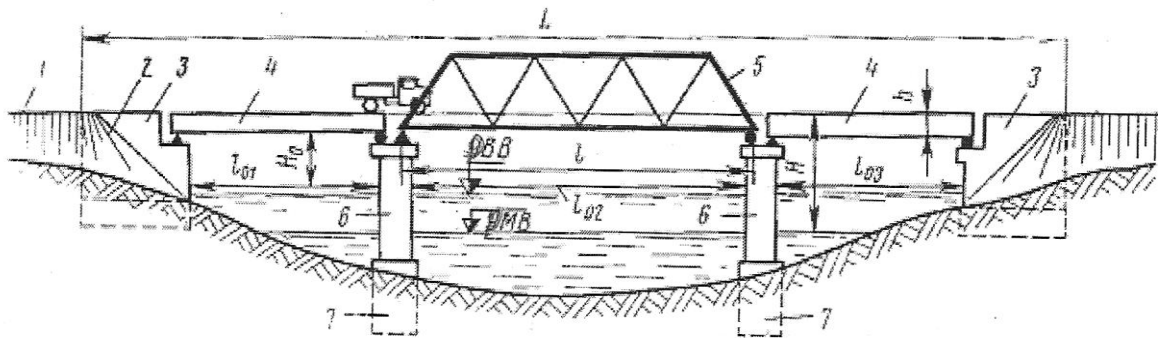


Рисунок 13 – К характеристикам моста и уровням воды в реке.

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

Уровень высоких вод (УВВ) – наибольший уровень воды в реке;

Уровень меженных вод (УМВ) – средний уровень воды в период между паводками.

Расчетный судоходный уровень в реке в судоходный период.

$$PCY = UBB - 0,5 \text{ м}$$

В мостах используют следующие основные понятия и обозначения:

Длина моста (L) – расстояние по оси моста между линиями, соединяющими внешние концы устоев, примыкающих к насыпи подходов.

Отверстие моста (L_0) – горизонтальный размер между внутренними гранями устоев или конусами насыпи, измеренный по УВВ за исключением толщины промежуточных опор:

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

Высота моста (H) – расстояние от поверхности проезжей части до УМВ.

Свободная высота под мостом (H_0) – расстояние между низом пролетного строения и УВВ или РСУ (если есть судоходство).

Высота опоры ($H_{ол}$) – расстояние от верха опоры до грунта.

Строительная высота пролетного строения (h) – расстояние от проезжей части до самых нижних частей пролетного строения.

Расчетный пролет (l_p) – расстояние между осями опирания пролетного строения на опоры.

Ширина моста (B) – расстояние между перилами в свету.

Ширина пролетного строения (B_0) – расстояние между осями крайних главных балок.

Ширина проезжей части (b_0) – расстояние между внутренними гранями полос безопасности.

Ширина ездогового полотна (Γ) – расстояние между ограждениями.

6. Классификация мостов

Мосты классифицируют по следующим признакам:

1) по назначению:

- а) **автодорожные** – для всех видов транспорта, пропускаемого по автомобильным дорогам, и пешеходов;
- б) **железнодорожные** – для железнодорожных поездов;
- в) **городские** – для всех видов городского транспорта (автомобилей, троллейбусов, трамваев, метро) и пешеходов;

- г) *пешеходные* – только для пешеходов;
- д) *совмещенные* – для автомобилей и железнодорожных поездов;
- е) *специальные* – для пропуска трубопроводов, кабелей, и т.п..

2) по типу применяемых опор моста:

- а) *на жестких опорах* – передают нагрузку от пролетных строений через фундаменты грунту (отсутствие значительных осадок);
- б) *на плавучих опорах* – передают нагрузку воде (наплавные мосты), имеют значительные осадки.

3) по типу пролетного строения:

- а) *неподвижные*, в которых пролетное строение всегда занимает по отношению к опоре неизменное положение;
- б) *разводные*, в которых для пропуска судов устраивают специальный разводной пролет.

4) по виду применяемых материалов:

- а) *деревянные;*
- б) *каменные;*
- в) *бетонные;*
- г) *железобетонные;*
- д) *металлические.*

5) по уровню проезда:

- а) *с ездой поверху;*
- б) *с ездой понизу;*
- в) *с ездой посередине.*

6) по статической схеме главных несущих конструкций пролетных строений:

- а) *балочные системы (разрезные, неразрезные, консольные)* – которые характеризуются тем, что в их пролетных строениях от

вертикальных нагрузок возникают только вертикальные опорные реакции;

б) распорные системы (арочные, рамные, висячие, вантовые) – в них возникают наклонные опорные реакции, которые имеют горизонтальную составляющую – распор;

в) комбинированные системы, в которых совмещаются системы первых двух групп.

7) по характеру пересечения препятствия:

а) прямой - ось моста перпендикулярна течению реки;

б) косой - ось моста пересекает реку под углом;

в) криволинейный - ось моста пересекает реку по длине под переменными углами.

8) по ширине проезжей части:

а) одно полосные – допускают одну полосу движения;

б) двухполосные;

в) четырехполосные;

г) шестиполосные;

д) восемь полос движения;

е) двенадцать полос движения.

9) по длине моста:

а) малые – длина моста $L \leq 25$ м;

б) средние – $25 \text{ м} < L \leq 100$ м;

в) большие – $L > 100$ м, или если один из пролетов больше 60 м;

г) внеклассные - $L > 500$ м или один из пролетов более 147 м;

10) по обеспечению в отношении пропуска высоких вод и ледохода:

а) высоководные – предназначены для длительной нормальной эксплуатации и обеспечивают пропуск паводковых вод и весеннего ледохода;

- б) низководные** – предназначены для эксплуатации в течение ограниченного времени и не обеспечивают пропуск высокой воды и весеннего ледохода.

7. Современное состояние и перспективы развития мостостроения

Основными направлениями развития мостостроения являются:

- обеспечение максимально возможной комплексной механизации и автоматизации операций при строительстве мостов;
- внедрение прогрессивной технологии производства работ;
- дальнейшая типизация и унификация мостовых конструкций по основным конструктивным параметрам;
- поиск наиболее рациональных и совершенных форм мостов, удовлетворяющих лучшим образом технологии строительства и обеспечивающих создание надежных конструкций;
- использование более прочных и качественных строительных материалов для элементов мостовых конструкций.

8. Основные требования к мостам

Искусственные сооружения на дорогах должны удовлетворять эксплуатационным, экономическим, экологическим, архитектурным и расчетно-конструктивным требованиям.

Эксплуатационные требования являются основными и сводятся к тому, чтобы сооружение в течение заданного срока эксплуатации обеспечивало безопасность движения.

Для этого сооружения должны:

- иметь ширину проезжей части и тротуаров, которая отвечает интенсивности движения транспортных средств и пешеходов;
- иметь эффективную систему водоотвода с проезжей части, которая обеспечивает долговечность;
- обеспечивать требования судоходства;
- обеспечивать безопасный пропуск паводковых вод и ледохода;

- обеспечивать возможность осмотра, ремонта и реконструкции сооружения.

Экономические требования сводятся к необходимости получения такого конструктивного решения, для которого при заданном сроке его службы полная его стоимость, в которую входит стоимость строительства, содержания, ремонта и возможной реконструкции, были бы минимальными.

Экологические требования определяются интересами охраны окружающей среды: здесь важно соблюдение принципа наименьшего к ней вмешательства.

Архитектурные требования – форма сооружения должна гармонизировать с окружающей местностью и городской застройкой.

Расчетно-конструктивные требования – сооружение в целом и его элементы должны удовлетворять требованиям прочности, жесткости, устойчивости и надежности в течение заданного срока эксплуатации.

Тема 2: ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ МОСТОВ

Вопросы:

- 1 Разработка проекта последовательными стадиями.
- 2 Габариты мостов. Судоходные требования и подмостовые габариты.
- 3 Нагрузки и воздействия.
- 4 Основы расчета мостов.

1. Разработка проекта последовательными стадиями

Мосты и другие искусственные сооружения проектируются в составе автомобильных дорог. Отдельными объектами проектирования могут быть только мосты через большие реки.

Вначале проектные организации на основе схем развития сети автомобильных дорог разрабатывают технико-экономическое обоснование инвестиций, в котором уточняют очередность проектирования объектов на основе дополнительных экономических и инженерных изысканий.

При разработке технико-экономического обоснования инвестиций решают следующие вопросы:

- определяют количество полос движения, назначают габарит мостов;
- на основании технико-экономического сравнения вариантов определяют оптимальный;
- намечают план и продольный профиль перехода, длину подходов и схему моста, тип конструкций пролетных строений, опор, фундамента, тип земляного полотна и дорожной одежды на подходах;
- намечают решение по организации строительства, охране труда;
- определяют расчетную стоимость строительства;
- определяют экономическую эффективность объекта.

ТЕО инвестиций проходят экспертизу. Затем для несложных объектов проектирование выполняют в одну стадию – разрабатывается рабочий проект.

Для технически сложных объектов – проектирование выполняется в две стадии: разрабатывают проект и рабочую документацию.

Стадийность разработки документации и очередность\ь строительства устанавливается заказчиком в задании на проектирование согласно ТЕО инвестиций.

Проект мостового перехода состоит из разделов:

1. Общая пояснительная записка, где приводят выходные данные, краткую характеристику объекта и условий строительства, природные условия.
2. Строительные решения, приводится обоснование технических решений по фундаментам, опорам, пролетным строениям, земляному полотну, дорожной одежде.
3. Организация строительства, обосновываются принятые способы и методы работ по строительству опор, пролетных строений и других элементов моста, приводят схемы выполнения основных строительно-монтажных работ, обоснование сроков и продолжительности строительства.
4. Сметная документация состоит из сметных расчетов и проекта договорной цены.
5. Паспорт проекта, имеет основные сведения о проектируемом объекте.

Рабочий проект включает чертежи.

При двух стадийном проектировании (проект и рабочая документация) рабочая документация разрабатывается после утверждения проекта и передается заказчику частями.

В рабочую документацию входят рабочие чертежи, сметы, ведомости строительно-монтажных работ, расчеты сметной стоимости, затрат труда расхода основных строительных материалов.

Проект и рабочий проект утверждают и подвергают экспертизе.

Рабочие чертежи для строительства утверждению не подлежат, заказчик утверждает только сметы по объемам.

2. Габариты мостов. Судоходные требования и подмостовые габариты

Ширину моста устанавливают на стадии ТЕО инвестиции в зависимости от интенсивности автомобильного и пешеходного движения на дороге.

Ширина моста включает ширину проезжей части (в узком смысле этого понятия), полос безопасности, разделительной полосы, тротуаров и ограждений.

Габарит моста – это контур в плоскости, перпендикулярной оси проезжей части, внутрь, которого не должны заходить никакие элементы сооружения.

Габарит моста на автомобильных дорогах и в городах обозначают буквой Г и числом, равным расстоянию в метрах между ограждениями.

Габариты назначают в зависимости от категории автомобильной дороги, на которой находятся мосты согласно ДБН В.2.3–22:2009

Например Г–10+2х1,0 (рис.1)

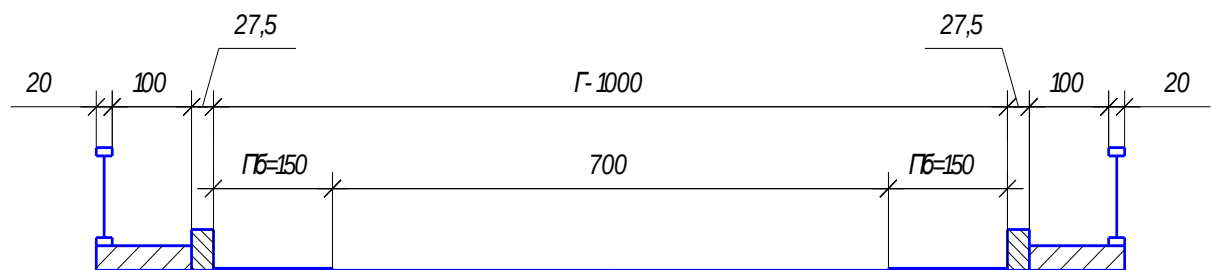


Рисунок 1

Ширину тротуаров назначают по расчету в зависимости от расчетной интенсивности движения пешеходов в час «пик» и максимальной (среднесуточной) пропускной способности одной полосы шириной 1 м: тротуаров 2000 (1500) пешеходов/час. Для тротуаров минимальная ширина прохода в свету 1,25 м, для пешеходных мостов – 2,0м, а для сужебных проходов – 0,75м.

На автодорожных мостах вне населенных пунктов должны быть предусмотрены служебные проходы.

В мостах через многоводные реки различают две части: русловую и пойменную.

Пролеты для пропуска судов располагают в основном русле над судовым ходом так, чтобы опоры моста не стесняли движение судов. Количество и размер судоходных пролетов определяются требованиями судоходства в виде специально разработанных подмостовых габаритов.

Подмостовым судоходным габаритом – называют минимальные предельные поперечные очертания пространства под пролетным строением моста, необходимое для беспрепятственного пропуска судов и плотов (рис.2)

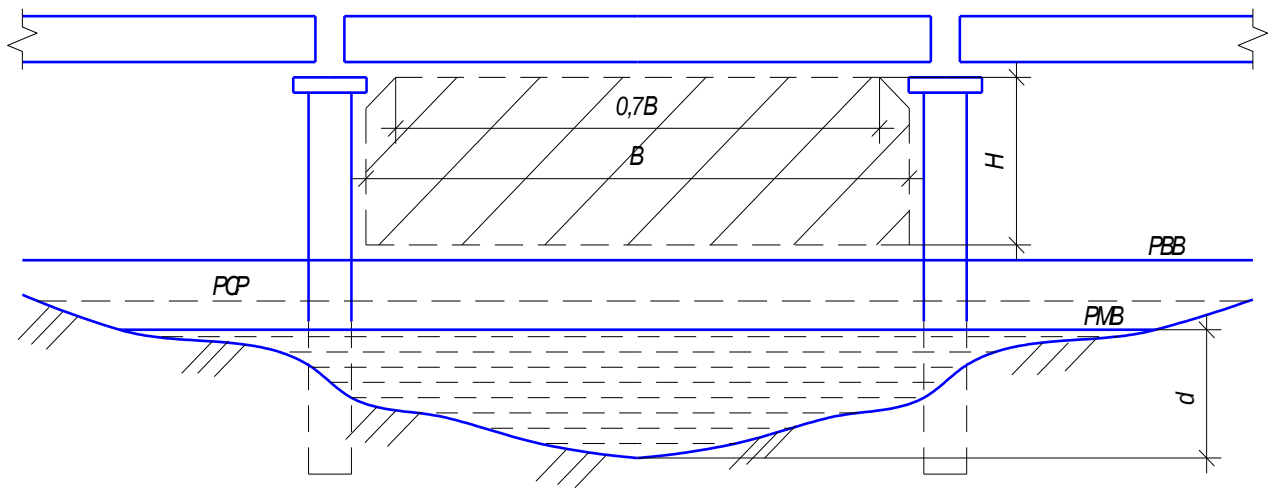


Рисунок 2

В зависимости от глубины судового хода водного пути на реках все они, согласно ДСТУ Б В.2.3–1, разделяются на семь классов и для каждого из них установлены подмостовые габариты.

Высоту подмостового габарита (H) отсчитывают от РСУ, а гарантированную глубину судового хода (d) от РМВ.

В мостах через несудоходные реки превышения низа пролетного строения над расчетным уровнем должно быть не менее 0,5 м; над уровнем ледохода не менее 1.0м; при наличии кпрчехода не менее 1,5 м.

При устройстве путепроводов через автомобильные дороги, железные дороги необходимо соблюдать габаритов приближения строений согласно ДБН В.2.3.–14:2006 «Мосты и трубы» (дод.В).

3. Нагрузки и воздействия

Нагрузка и воздействия, принимаемые при расчете мостов делятся на:

- *постоянные;*
- *временные от движущего состава и пешеходов;*
- *прочие;*
- *специфические.*

К основным постоянным нагрузкам относят: собственный вес конструкции, силы предварительного натяжения, давление грунта насыпи,

гидростатическое давление, влияние усадки и ползучести бетона, влияние осадки грунта.

К временным нагрузкам от подвижного состава и пешеходов относят: вертикальные нагрузки, давление грунта от подвижного состава, горизонтальная поперечная нагрузка от центробежной силы, горизонтальные поперечные удары подвижного состава, горизонтальная продольная нагрузка от торможения или силы тяги.

Другие нагрузки: ветровая, ледовая, нагрузка от навала судов, от температурно-климатического влияние, строительные нагрузки, сейсмические и случайные.

Специфические нагрузки: строительные нагрузки при ремонтах, аварийные.

При расчете мостов нагрузки учитываются в разных **сочетаниях**:

1. *основные сочетание*;
2. *дополнительные*;
3. *особые*.

Основными сочетаниями считают действие одновременно постоянной нагрузки, временной подвижной вертикальной нагрузки, давления грунта, вызванного временной нагрузкой и центробежной силой.

Дополнительными называют сочетания, при которых одновременно с одной или с несколькими нагрузками основных сочетаний действуют другие виды нагрузок, кроме строительных и сейсмических.

Особыми называют сочетания, включающие сейсмические или строительные нагрузки совместно с другими.

Нормативную временную нагрузку от автотранспорта на всех автомобильных дорогах следует принимать по двум моделям:

модель 1 – моделирует нагрузку от подвижного состава по схеме АК;

модель 2 – по схеме одиночной колесной нагрузки НК.

В расчетах принимается та модель, которая создала в элементах или сечениях сооружения наиболее неблагоприятный эффект.

Модели используются для расчета мостов и труб на автомобильных дорогах I-V категорий (по классификации ДБН В.2.3-4), на городских автомагистралях и магистральных улицах общегородского назначения, дорогах и улицах в городах и сельских населенных пунктах (по классификации ДБН В.2.3-5).

Модель 1 –нагрузка от автотранспортных средств в **виде АК**. Применяется вместе с другими движущимися нагрузками, предусмотренными нормами (от пешеходов).

Нагрузка от автотранспортных средств АК представлена в виде полос (рис.3), равномерно распределенной нагрузки V , интенсивностью $0,98 \text{ кН/м}$. Каждая из полос содержит двухосный тандем (тележку) с осевой нагрузкой $P = 9,81 \text{ кН}$.

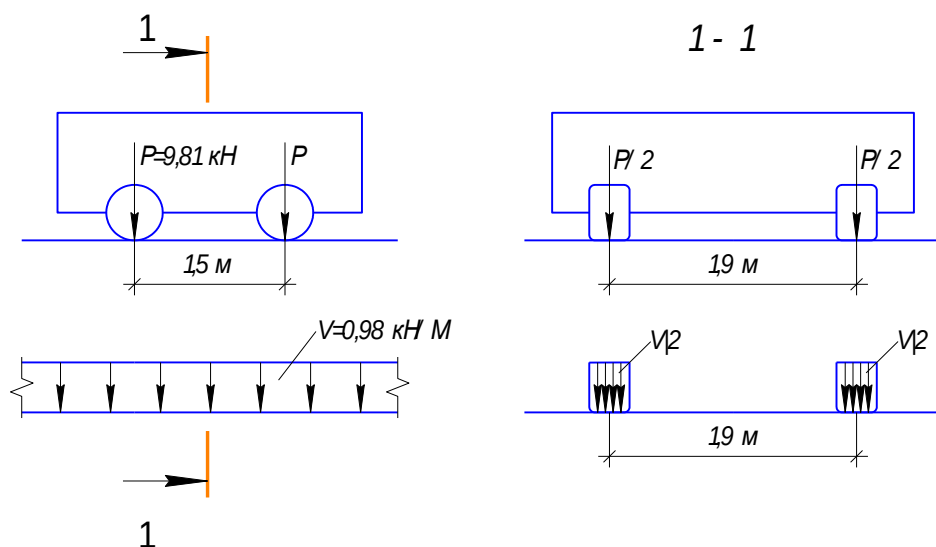


Рисунок 3

Модель 1 имеет два класса нагрузки K , который принимается в зависимости от технической классификации автомобильных дорог и улиц:

- **$K = 15$** – на автомобильных дорогах I, II и III категорий, на городских автомагистралях и магистральных улицах общегородского значения, а также на мостах длиной свыше 200 м на дорогах IV и V категорий;

- **$K = 11$** – на всех других автомобильных дорогах и улицах населенных пунктов.

На одной полосе нагрузки АК должен находиться только один тандем. Исключение – это загрузка двумя тандемами, которая выполняется для опорного сечения балки над промежуточной опорой или в рамных системах для определения изгибающего момента. При этом минимальное расстояние между

тандемами составляет 20 м. К нагрузке двумя тандемами вводится понижающий коэффициент $s_0 = 0,85$.

Количество полос движения может отличаться от количества полос нагрузок АК. Количество полос нагрузок АК устанавливается расчетом и определяется как целое число от деления габарита проезда (учитываются полосы движения в обоих направлениях) на 3,5 м. Разница между количеством полос нагрузок и количеством полос движения называется *дополнительными полосами*. При наличии на мосту разделительных полос или зон, отделенных для трамвайных путей, количество полос нагрузки АК следует находить, учитывая в габарит проезда и эти зоны, допуская возможность переоборудования моста в будущем.

Размещение полос нагрузок АК поперек моста выполняется по двум правилам:

- минимальное расстояние от оси полосы к ограждению (барьера, парапета, бордюра и тому подобное) составляет 1,5 м;
- минимальное расстояние между осями полос составляет 3,0 м.

При всех расчетах элементов мостов нагрузка с первой полосы (которая создает наиболее неблагоприятный эффект) принимается с коэффициентом $s_i = 1,0$.

С остальных полос (нумерация полос устанавливается по снижению нагружающего эффекта) нагрузки принимают с коэффициентом s_i , который равняется:

а) для тандемов нагрузки АК:

- первой и второй полосы – $s_i = 1,0$;
- третьей – $s_i = 0,75$;
- четвертой – $s_i = 0,5$;
- пятой и дальше – $s_i = 0,0$;
- для дополнительных полос нагрузок третьей и четвертой – $s_i = 0,25$;
- для дополнительной полосы нагрузок пятой и дальше – $s_i = 0,0$.

б) для распределенной нагрузки АК:

- первой полосы – $s_i = 1,0$;
- второй полосы и всех последующих – $s_i = 0,6$;

- для всех дополнительных полос нагрузки – $s_1 = 0,25$.

Модель 2 – нагрузка от колесного экипажа НК.

Модель 2 представлена одиночной нагрузкой НК, которая представляет собой четырехосный колесный экипаж (рис.4).

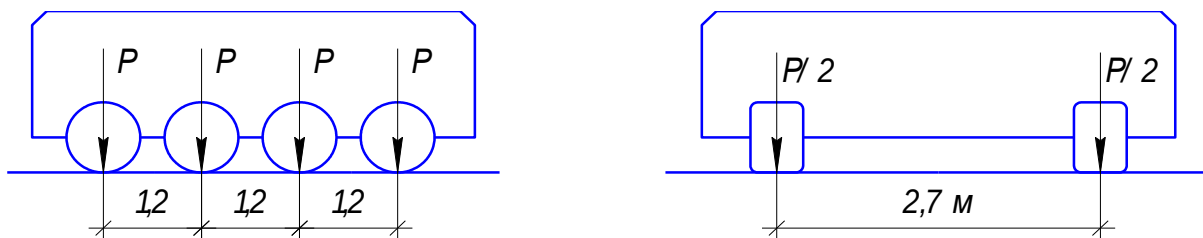


Рисунок 4

Приняты два типа нагрузки НК:

- НК-100 с нагрузкой на ось $P=245$ кН (25 тс);
- НК-80 с нагрузкой на ось $P=196$ кН (20 тс).

Тип нагрузки НК принимается в зависимости от технической классификации автомобильных дорог и улиц:

- **НК-100** на автомобильных дорогах I, II и III категорий, на городских автомагистралях и магистральных улицах общегородского значения, а также на мостах длиной свыше 200 м на дорогах IV и V категорий;
- **НК-80** – на всех других автомобильных дорогах и улицах населенных пунктов.

Определение усилий от нагрузки одиночной нагрузкой НК выполняется при отсутствии других подвижных нагрузок на мосту. Нагрузка НК устанавливается только в одно место вдоль направления движения, в пределах габарита проезда. Ось экипажа устанавливается не ближе 1,75 м к барьерному ограждению (парапету, бордюру и тому подобное).

Нормативную временную нагрузку на пешеходные мосты и тротуары принимают:

- на пешеходные мосты и тротуары городских мостов – 3,92 кПа (400 кг/м²)

- на тротуары мостов (при расчетах с учетом других нагрузок) – 1,96 кПа (200 кг/м²).

Временные вертикальные нагрузки являются подвижными и действуют на мост динамически и возникающие усилия и деформации больше, чем при статических нагрузках.

- Учет динамического влияния осуществляется путем введения **динамического коэффициента $(1+\mu)$** . Согласно табл.17.2 ДБН для для расчета всех элементов

- для тележки АК:

$$(1+\mu) = 1,3;$$

- для полосовой нагрузки АК:

$$(1+\mu) = 1,0;$$

- для одиночных НК–100, НК–80:

$$(1+\mu) = 1,0;$$

- для нагрузок на тротуары:

$$(1+\mu) = 1,0.$$

4. Основы расчета мостов

Необходимость выполнения расчетов возникает при решении следующих задач:

- 1) определение необходимых размеров элементов для пропуска заданной нагрузки – задача проектирования конструкций;
- 2) определение возможности пропуска нагрузки по существующим конструкциям – задача проверки прочности элементов конструкции;
- 3) определение предельно возможной нагрузки для существующей конструкции – задача определения грузоподъемности конструкций;

Мосты и другие искусственные сооружения рассчитывают на действие постоянных и неблагоприятных сочетаний временных нагрузок. Расчеты выполняются по методу предельных состояний. Этот метод был создан Стрелецким Н.С., Гвоздевым А.А., Келдышем В.М., Евграфовым Г.К. и др.

Под предельными понимают состояния, за границами которых сооружение или его элементы не удовлетворяет требованиям эксплуатации.

Различают две группы предельных состояний:

1 группа – состояния, которые приводят до полной непригодности к эксплуатации конструкции, оснований или потери несущей способности сооружения в целом;

2 группа – состояния, которые затрудняют нормальную эксплуатацию сооружения или снижают его долговечность в сравнения с проектным сроком службы.

Другими словами:

- **при 1 группе** – полная непригодность к эксплуатации конструкций, или потеря несущей способности;
- **при 2 группе** – непригодность к нормальной эксплуатации, уменьшения проектной долговечности сооружения.

К 1 группе предельных состояний или аварийному разрушению конструкций относятся:

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

Ко 2 группе предельных состояния, осложняющих или затрудняющих нормальную эксплуатацию относятся:

- недопустимые деформации конструкции под статическими временными нагрузками;
- опасные колебания для конструкции или для людей;
- возникновение трещин или достижение трещинами предельного раскрытия или длины;
- другие признаки, которые угрожают содержанию и эксплуатации сооружения.

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

Для любого элемента конструкции любое из первой группы предельное состояние не наступит, если наибольшее возможное усилие в элементе $N_{\max}$ не будет превышать наименьшее значение его несущей способности $\Phi_{\min}$, т.е

$$\Phi_{\min} \leq N_{\max};$$

где $N_{\max}$ – зависит от нагрузки, действующей на конструкцию, расчетной схемы и размеров конструкции.

$\Phi_{\min}$ – зависит от прочности материалов, формы и геометрических размеров поперечного сечения элемента конструкции.

Нагрузки, характеристики прочности материалов конструкции, геометрические размеры не являются строго определенными величинами, а им характерна статистическая изменчивость. Статистический характер прочности материала и нагрузок учитывается путем введения нормативных и расчетных значений на основе анализа кривых распределения.

Нормативные значения временных нагрузок установлены ДБН В.2.3-14:2006. Для постоянных нагрузок по проектным размерам и средним значениями удельного веса материала.

Расчетные нагрузки равняются:

$$P = P_n \cdot \gamma_f$$

где P_n – нормативная нагрузка;

γ_f – коэффициент надежности по нагрузке.

Коэффициенты надежности по нагрузке γ_f для постоянных нагрузок принимают по табл. 6.2 ДБН В.1.2-15:2009 (для всех нагрузок и воздействий $\gamma_f = 1,25$; вес покрытия ездового полотна и тротуаров - $\gamma_f = 2,0$); для временных по табл.16.2 ДБН (для тележек, равномерно распределенной нагрузки $\gamma_{fA} = 1,50$; для НК-100 или НК-80 $\gamma_{fk} = 1,0$; для пешеходов на тротуарах $\gamma_{fr} = 1,2$).

При одновременном действии нескольких нагрузок расчет выполняют с учетом их сочетания путем введения коэффициента сочетания η , который учитывает уменьшение вероятности одновременного появления расчетных нагрузок, его принимают по п.5.3 ДБН В.1.2-15:2009.

Расчет по 1 группе предельных состояний выполняют на действие расчетных нагрузок, а по 2 группе – на действие нормативных, то есть $\gamma_f = 1,0$.

Механические свойства материалов также статистически изменчивы. Основными характеристиками сопротивления материалов являются нормативные сопротивления R_n , устанавливаемые нормами проектирования:

$$R_n = \bar{R} (1 - xV);$$

где $\bar{R}$ – среднее значение сопротивления.

$$\bar{R} = \frac{\sum_i^k n_i R_i}{n},$$

$V = \frac{\delta}{\bar{R}}$ – коэффициент изменчивости прочности материала;

δ - среднее квадратичное отклонение

$$\delta = \sqrt{\frac{\sum (R_i - \bar{R})^2 \cdot n_i}{n - 1}};$$

X – принимается из условия удовлетворения обеспеченности не менее 0,95.

Расчетное сопротивление R материалов равняется:

$$R = \frac{R_n}{\gamma_m};$$

где R_n - нормативное значение;

γ_m - коэффициент надежности по материалом ($\gamma_m > 1$)

Факторы, которые не учитывают непосредственно в расчетах, но способные повлиять на несущую способность или деформативность (например, солнечная радиация и т.п.) учитывают коэффициентом условий работы.