

И. И. ОВЧИННИКОВ
Г. С. ДЯДЧЕНКО
И. Г. ОВЧИННИКОВ

СОВРЕМЕННЫЕ ПЕШЕХОДНЫЕ МОСТЫ:

конструкция, строительство, архитектура



«Инфра-Инженерия»

УДК 625.745.1
ББК 39.112
О-35

Р е ц е н з е н т ы :

доктор технических наук, профессор, руководитель научного центра
Поволжского отделения Российской академии транспорта, академик Российской
академии транспорта, академик Российской академии архитектуры и строительных
наук, заведующий кафедрой «Теория сооружений и строительных конструкций»
Саратовского государственного технического университета
имени Гагарина Ю. А., *Петров В. В.*;

генеральный директор ООО «Институт «Проектмостореконструкция»
В. Н. Морозов

Овчинников, И. И.

О-35 Современные пешеходные мосты: конструкция, строительство, архитектура : учебное пособие / И. И. Овчинников, Г. С. Дядченко, И. Г. Овчинников. – Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2020. – 312 с. : ил., табл.
ISBN 978-5-9729-0431-0

В учебном пособии приводятся современные конструкции отечественных и зарубежных пешеходных мостов, методы их проектирования и строительства. Особое внимание уделяется вопросам архитектурного проектирования пешеходных мостов и современным тенденциям в развитии мостостроения. Описан ряд проектов и реализованных конструкций мостов, основанных на бионическом подходе. Представлены проекты многофункциональных мостов. Приведены примеры проектов и реализованных решений многофункциональных мостов, пешеходных, пешеходно-велосипедных и велосипедных мостов различной конструкции.

УДК 625.745.1
ББК 39.112

ISBN 978-5-9729-0431-0

© И. И. Овчинников, Г. С. Дядченко,
И. Г. Овчинников, 2020
© Издательство «Инфра-Инженерия», 2020
© Оформление. Издательство «Инфра-Инженерия», 2020

Глава 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ПЕШЕХОДНЫХ МОСТАХ

1.1. Классификация и область применения пешеходных мостов

В наиболее общем случае мостовые сооружения – это искусственные сооружения, предназначенные для пропуска транспорта или пешеходов через естественные (реки, овраги, горные ущелья) или искусственные (авто- или железнодорожные трассы, городские улицы) препятствия. При этом мост – это сооружение через водную преграду, путепровод – через автомагистраль, улицу или железнодорожную линию, виадук – через глубокий лог или ущелье. Несмотря на эту классификацию, традиционно все перечисленные виды мостовых сооружений, предназначенные для пропуска пешеходов, принято называть пешеходными мостами.

Следует заметить, что история мостостроения вообще началась именно с пешеходных мостов. Впервые необходимость преодолевать естественные препятствия появилась в древнем мире, когда человеку было необходимо перебраться на противоположный берег ручья. По сути, бревно, перекинутое через небольшой ручей древними людьми, и есть прародитель современных мостов, как пешеходных, так и всех остальных. Изобретательность человека на бревне не остановилась, следом появились висячие мосты из лиан, мосты из естественного камня. Лишь много позже, с появлением первых повозок, пришлось строить мосты для пропуска транспорта. В наше время, с ростом транспортного движения, авто- и железнодорожных мостов стало гораздо больше, а пешеходные мосты занимают подчиненное положение.

В силу ряда причин пешеходные мосты являются довольно обособленным типом сооружений.

По характеру пересекаемого препятствия пешеходные мосты можно разделить на 3 типа:



Рис. 1.1. Общий вид пешеходного моста в г. Атырау, Казахстан

1. Собственно мосты, т. е. сооружения через водные преграды (рис. 1.1). В нашей стране таких мостов немного, так как традиционно в СССР, а позже и в России определяющим фактором при проектировании и строительстве мостов являлся экономический. Именно поэтому пешеходное движение, как правило, осуществлялось по тротуарам автомобильных мостов, что с экономической точки зрения более выгодно.



Рис. 1.2. Мост Хальгавор, Великобритания



Рис. 1.3. Пешеходный мост с пролетом 100 м

2. Путепроводы через автомагистрали (рис. 1.2). Такие мосты, как правило, расположены вблизи небольших населенных пунктов или железнодорожных станций. Кроме собственно пропуска пешеходного движения они выполняют ещё одну не менее важную функцию — обеспечение безопасности высокоскоростного движения на самой автострате или железнодорожной линии.

3. Городские пешеходные мосты (рис. 1.3). Этот тип сооружений занимает особое место, прежде всего потому, что к ним предъявляют повышенные эстетические требования. Кроме того, интенсивность пешеходного движения на таких мостах значительно выше, чем на других.

Часто кроме функции пропуска пешеходной нагрузки мост также может восприниматься как памятник — визуальный знак окружающей среде. Такие мосты особенно изящны и часто являются произведениями инженерного искусства.

Еще одно важное отличие пешеходных мостов от автомобильных или железнодорожных заключается в психологии их восприятия. Большие мосты мы воспринимаем лишь косвенно, проезжая по ним на автомобиле или рассматривая со стороны на значительном расстоянии. Пешеходные мосты воспринимаются непосредственно, мы пересекаем их, хотим потрогать и увидеть их ближе. Поэтому пешеходные мосты должны иметь масштаб, в целом и в деталях соразмерный масштабу человека.

Важной функцией пешеходных мостов является обеспечение безопасности движения на автомагистралях и улицах города [11]. В городах со сложившейся планировкой при расположении пешеходных переходов в одном уровне с проезжей частью магистралей не только значительно снижается скорость движения транспорта и затрудняется движение пешеходов, но и увеличивается число несчастных случаев и растут потери из-за простоев транспорта. Кроме того, пешеходные переходы через проезжие части улиц в одном уровне с транспортом значительно усиливают транспортный шум на улице и увеличивают загрязнение окружающей среды, так как при торможении, остановках

и начале движения автомобильные моторы работают на больших мощностях, выделяя больше выхлопных газов и издавая больше шума.

Особенно ярко это проявляется в крупных городах, где по мере роста уличного движения резко возрастает количество транспортных происшествий.

Особое значение имеют перекрестки городских улиц, так как именно на перекрестках скапливаются пешеходы и транспорт и образуется наибольшее число так называемых «конфликтных» точек, т. е. точек взаимного пересечения транспортных и пешеходных потоков.

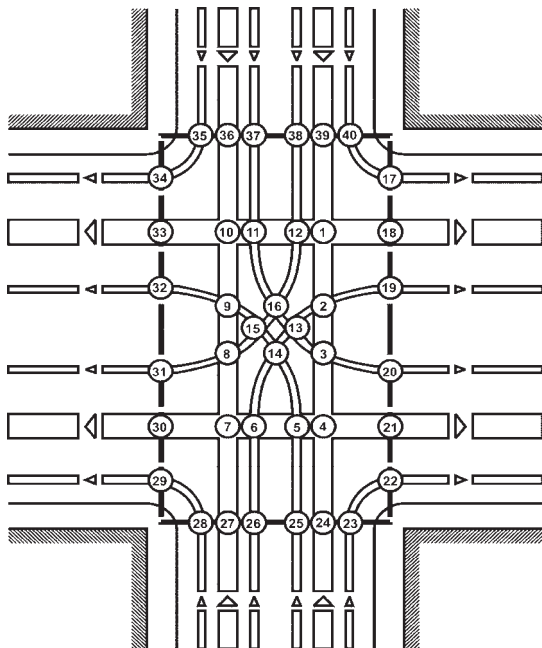


Рис. 1.4. «Конфликтные» точки взаимного пересечения транспортных и пешеходных потоков на перекрестке

На рис. 1.4 показана схема обыкновенного перекрестка. Как видно из этой схемы, на перекрестке двух пересекающихся под прямым углом улиц возникает 40 «конфликтных» точек, из которых 16 чисто транспортных и 24 пешеходных и транспортных. Здесь пересекаются всего две улицы; на перекрестках же, где пересекается большее количество улиц, число «конфликтных» точек значительно возрастает.

Лучшим видом организации движения транспорта и пешеходов будет тот, при котором пешеходы смогут пересечь улицу без подъемов и спусков, сохраняя прямолинейность направления движения, но разобщенно с движением транспорта. Такое решение возможно при многоярусном построении перекрестков и площадей, ко-

гда уровень поверхности земли предоставлен только пешеходу с полным снятием движения транспорта.

Однако зачастую практически это выполнить трудно и поэтому приходится принимать решения, в той или иной степени отличающиеся от этой идеальной схемы.

Все внеуличные пешеходные переходы следует прежде всего разделять на расположенные в узлах совместно с транспортными развязками в разных уровнях (что обычно имеет место на площадях и перекрестках) и расположенные самостоятельно. Самостоятельное расположение внеуличных пешеходных переходов может иметь место как на перегонах улиц, так и на перекрестках.

Устройство внеуличных пешеходных переходов является необходимым для организации пешеходного движения при пересечении городских скоростных дорог во всех предназначенных для перехода местах, независимо от интенсивности движения транспорта и пешеходов. На улицах с непрерывным движением транспорта устройство внеуличных пешеходных переходов также необходимо независимо от интенсивности движения транспорта и пешеходов. На улицах и дорогах с регулируемым и нерегулируемым движением, на улицах и дорогах, площадях и перекрестках с саморегулируемым движением внеуличные пешеходные переходы устраивают в зависимости от интенсивности движения транспорта и пешеходов и ширины проезжих частей с таким расчетом, чтобы пешеход при любых режимах движения мог бы безопасно пересечь проезжую часть.

1.2. Элементы пешеходных мостов

Основными размерами пешеходного моста и его элементов принято считать:

- полную длину L (см. рис. 1.5) между задними гранями устоев или концами пролетного строения, непосредственно соприкасающимися с насыпью подходов;
- параметры отверстия моста, обеспечивающего пропуск высокой воды за вычетом толщины опор;
- высоту H моста, исчисляемую от верха пешеходной прохожей части до уровня меженных вод;
- строительную высоту h_c – от верха пешеходной прохожей части и до низа конструкции пролетного строения;
- расчетный пролет, равный при балочном пролетном строении расстоянию между центрами опорных частей, на которые устанавливают балки (фермы);
- расчетную ширину пролетного строения – расстояние между осями главных несущих конструкций (ферм или крайних балок);
- высоту тела опор – от верхней площадки до верха (обреза) фундамента;
- глубину фундамента и др. [7].

Все эти размеры моста и его элементов устанавливают в процессе проектирования с учетом местных инженерно-гидрологических, геологических и суходонных условий, выявленных в процессе изысканий, а также на основе предъявленных требований по ожидаемой интенсивности движения не только в момент проектирования, но и в более далекой перспективе, соответствующей сроку службы моста.

Для мостов через водные преграды существенное значение имеют уровень меженных вод (УМВ), расчетный судоходный горизонт (РСГ) и расчетный уровень высоких вод (РУВВ) (рис. 1.5).

Основные элементы моста – опоры и пролетные строения. Опоры различают береговые, обычно называемые *устоями*, и промежуточные. Каждая опора воспринимает нагрузку от веса пролетных строений и подвижной нагрузки,

проходящей по ним. На устои, кроме того, действует давление насыпи подходов к мосту.

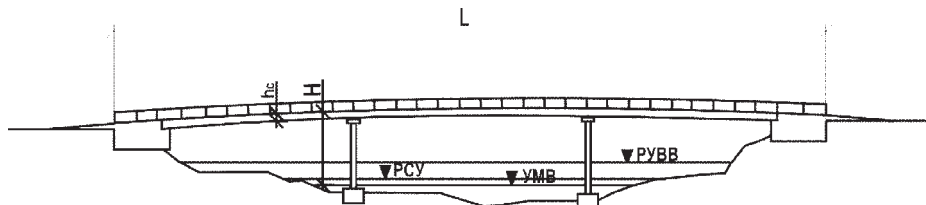


Рис. 1.5. Схема пешеходного моста через судоходную реку

Опоры имеют фундамент с надфундаментной частью. Фундаментом называют часть опоры, находящуюся ниже поверхности грунта (на суше) или ниже самого низкого (меженного) уровня воды в водотоке (водоеме) и предназначенную для передачи нагрузок на основание. Различают массивные фундаменты, состоящие из одного несущего элемента (рис. 1.6, а), и немассивные, состоящие из группы (куста) свай разных видов (в том числе забивных и буровых), объединенных в единую конструкцию плитой, называемой *ростверком* (рис. 1.6, б).

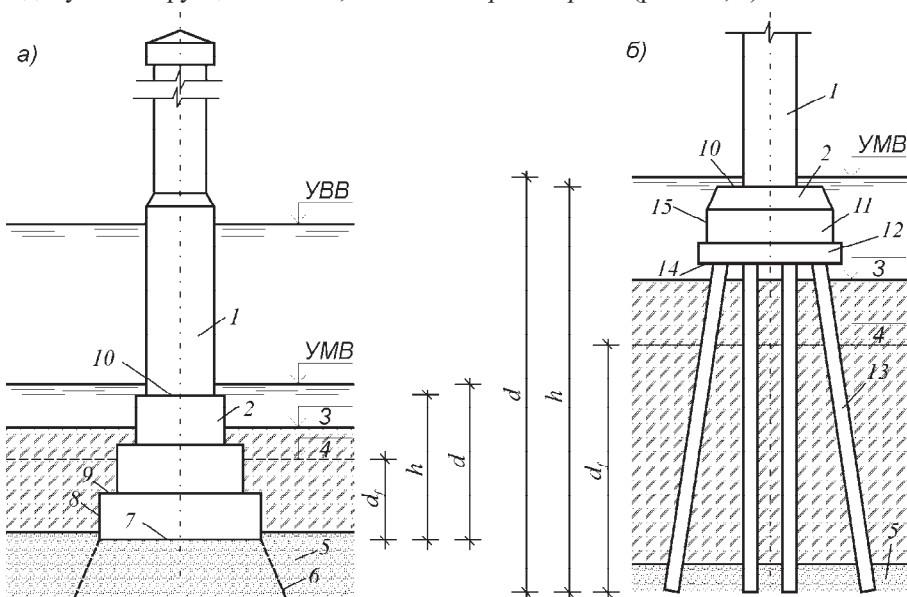


Рис. 1.6. Фундаменты опор пешеходного моста: а – из одного несущего элемента; б – из куста несущих элементов; 1 – надфундаментная часть опоры; 2 – фундамент; 3 – поверхность грунта (дно водотока); 4 – уровень размыва; 5 – несущий слой грунта; 6 – условный контур основания; 7 – подошва фундамента; 8 – боковая грань фундамента; 9 – уступ; 10 – обрез фундамента; 11 – ростверк; 12 – тампонажный слой бетона; 13 – несущие элементы; 14 – подошва тампонажного слоя; 15 – боковая поверхность ростверка

Основными типами фундаментов пешеходных мостов являются: фундаменты мелкого заложения (стаканного типа и ленточные), свайные фундаменты из забивных свай, свайные фундаменты из буровых столбов.

Независимо от типа фундаментов и особенностей их конструкции принято называть *обрезом фундамента* плоскость его соприкосновения с надфундаментной частью опоры; *подошвой фундамента* – нижнюю плоскость его соприкосновения с грунтом основания; *высотой фундамента h* – расстояние от его подошвы или конца (низа) несущих элементов до обреза; *глубиной заложения фундамента d* – расстояние от поверхности грунта или уровня воды в водоеме до подошвы фундамента или низа несущих элементов.

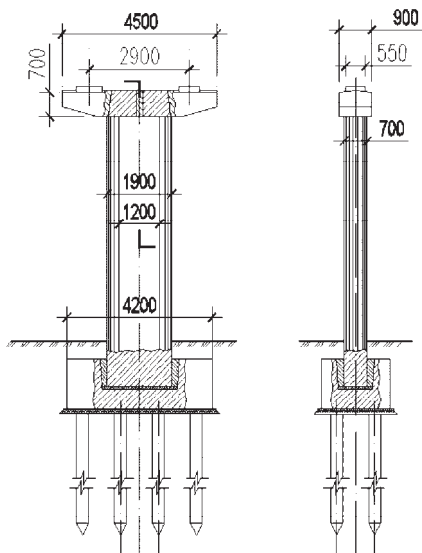


Рис. 1.7. Опора пешеходного моста

Опоры мостов воспринимают нагрузки от пролетных строений и передают их на грунт через фундаменты. Промежуточные опоры пешеходных мостов (рис. 1.7), сооруженных через реки, могут испытывать воздействие льда и навала судов. Устои моста, кроме того, могут работать как подпорные стенки, воспринимая давление от насыпи подходов в случае их устройства в одном уровне с пешеходной частью. Материалом для опор служат бетонная, железобетонная и каменная кладки, а в редких случаях для верхней части применяют металлические конструкции. Форма и размеры опор зависят от величины и характера нагрузок, передающихся от пролетных строений, собственного веса и давления насыпи, а также в значительной мере определяются условиями прохода под мостом водного

потока, ледохода и местными инженерно-геологическими условиями. Кроме того, на размеры опор могут влиять и конструктивные требования. Например, опоры балочного разрезного пролетного строения должны быть шире, чем неразрезного, из-за необходимости расположения на опоре опорных частей для каждого пролетного строения.

В пролетных строениях выделяют следующие составные части: пешеходную часть, основную несущую конструкцию, систему связей и опорные части.

Пешеходная часть состоит из мостового полотна и несущих элементов. Мостовое полотно предназначено для обеспечения безопасного движения пешеходов и отвода воды. Несущие элементы пешеходной части в общем случае состоят из балочной клетки и плоской или ребристой плиты. Современные пешеходные металлические мосты проектируют в основном с железобетонной или стальной ортотропной (цельнометаллической) плитой прохожей части.

Применяют также деревянное полотно в виде дощатого настила по деревянным поперечинам или прогонам. Железобетонную и стальную ортотропную плиты практически всегда опирают на главные балки без устройства дополнительной балочной клетки, характерной для автодорожных мостов. При этом железобетонную плиту в современных мостах, как правило, включают в совместную работу с главными балками, образуя так называемую сталежелезобетонную (объединенную) конструкцию пролетного строения.

Основными несущими конструкциями пролетных строений являются балки, фермы, арки, а также висячие, вантовые и комбинированные системы, перекрывающие пролеты между опорами и поддерживающие все остальные элементы. Главные несущие конструкции соединяют между собой системой связей, обеспечивающих пространственную неизменяемость и жесткость пролетного строения. Система связей состоит из горизонтальных (верхних и нижних) продольных ферм и вертикальных (опорных и промежуточных) диафрагм.

Опорные части представляют собой специальные элементы, с помощью которых опорные реакции от главных конструкций передаются на опоры в фиксированных местах. Кроме того, они обеспечивают поворот и смещение главных балок (ферм) при их прогибе от действия временной нагрузки, а также продольные и поперечные смещения, возникающие в результате температурных деформаций пролетного строения.

1.3. Основные схемы статической работы пешеходных мостов

По характеру работы под нагрузкой пролетных строений и опор, т. е. в зависимости от статической схемы, различают балочные, рамные, арочные, висячие и комбинированные системы пешеходных мостов.

Наибольшее распространение имеют балочные системы мостов (балочные мосты). В них пролетные строения в виде сплошных или коробчатых балок, сквозных решетчатых ферм свободно установлены на опорные части, через которые передаются все вертикальные нагрузки на опоры моста.

Пролетные строения со сплошными главными балками имеют наиболее широкое применение благодаря ряду достоинств: простоте конструкции; пониженной трудоемкости изготовления и монтажа по сравнению со сквозными конструкциями; невысокими эксплуатационными затратами. Диапазон перекрываемых пролетов весьма широк – от 10–20 до 150 м и более.

Пролетные строения со сплошными балками могут быть разрезными, неразрезными или консольно-балочными (рис. 1.8, *а*, *б*, *в*). Разрезные пролетные строения рациональны при пролетах до 50–60 м, при больших пролетах экономичнее неразрезные, в которых снижается расход металла главных балок и материала промежуточных опор. Неразрезные главные балки устраивают постоянной или переменной (при $l > 80$ м) высоты. Увеличение высоты опорных сечений диктуется распределением изгибающих моментов по пролету. Очертание нижнего пояса может быть ломаным или криволинейным. Балки с криволинейным очертанием нижнего пояса более сложны в изготовлении, но отличаются хорошими архитектурными качествами.

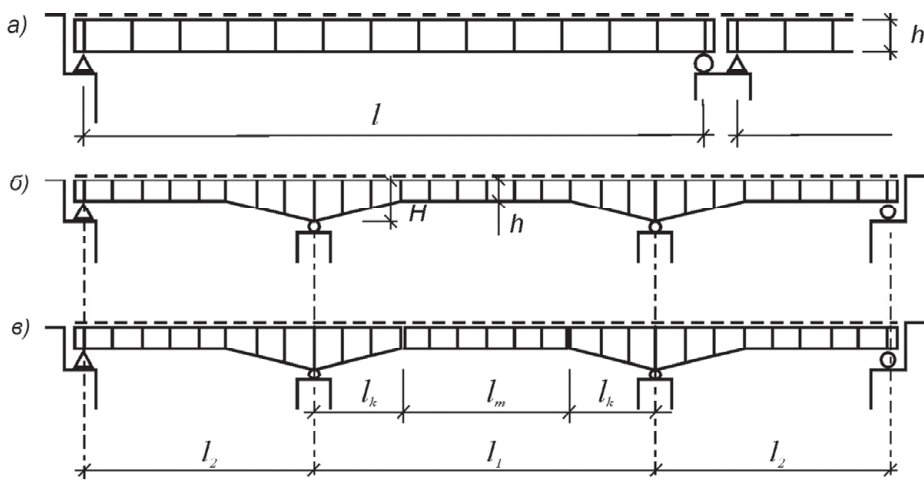


Рис. 1.8. Системы балочных пролетных строений

Неразрезные балочные пролетные строения чаще всего проектируют трехпролетными. Применение неразрезных систем с большим числом пролетов сдерживается усложнением конструкции температурных деформационных швов. Кроме того, трехпролетные балки предпочтительнее по архитектурным соображениям. Соотношение средних и крайних пролетов неразрезных балок l_2/l_1 наиболее рационально в пределах 0,7–0,8, в этом случае выравниваются значения пролетных и опорных моментов. Из-за отрицательного влияния значительных неравномерных осадок опор на усилия в неразрезной балке в конце XIX – начале XX вв. широко применялись балочно-консольные системы. Современные фундаменты позволяют существенно снизить осадки опор, в связи с чем неразрезные системы нашли применение при любых грунтовых условиях.

Рамная система находит применение в пешеходных эстакадах и путепроводах благодаря более рациональному, по сравнению с балочными системами, распределению усилий и возможности получения конструкций с малой строительной высотой при достаточно высокой вертикальной жесткости. Легкие стальные опоры рамных систем позволяют добиться благоприятного внешнего вида сооружения и одновременно улучшить условия эксплуатации транспортных магистралей, пересекаемых мостом.

В рамных системах небольших пролетов применяют вертикальные стойки с шарнирным опиранием на фундаменты, что снижает чувствительность системы к изменениям температуры и неравномерным осадкам опор (рис. 1.9).

Достаточно широкое распространение получили металлические рамные мосты с наклонными стойками. Конструкции по схемам, представленным на рис. 1.9, в, г, явились дальнейшим развитием системы «бегущая лань» (рис. 1.9, б). Пролет ригеля в рамках с наклонными стойками существенно меньше пролета рамы, что, наряду с увеличением распора, обуславливает существенное снижение изгибающих моментов в ригеле. В результате удастся значи-

тельно понизить высоту ригеля до $1/30$ – $1/50$ пролета рамы, а при больших пролетах и до $(1/60$ – $1/80)l$. Соотношение пролетов l_1 и l_2 в многопролетных рамах принимают примерно $3:1$.

Значительный распор, передаваемый наклонными стойками на фундаменты, несколько снижает эффективность рамных систем при слабых грунтах основания.

В практике строительства преимущественно применяют пешеходные мосты рамной системы со сплошной стенкой. Конструктивное решение ригелей аналогично балочным пролетным строениям. Существенную особенность представляет узел сопряжения ригеля со стойкой. Сложное напряженное состояние стенки требует особого внимания к обеспечению ее устойчивости.

Арочные металлические пролетные строения пешеходных мостов обладают большим разнообразием конструктивных решений. Основное достоинство арочных систем – художественная выразительность (рис. 1.10).

Пешеходные арочные мосты применимы практически при любых пролетах, легко вписываются в городскую застройку. Арочными были первые пешеходные мосты Санкт-Петербурга: конструкция арок состояла из чугунных тубингов, соединенных болтами.

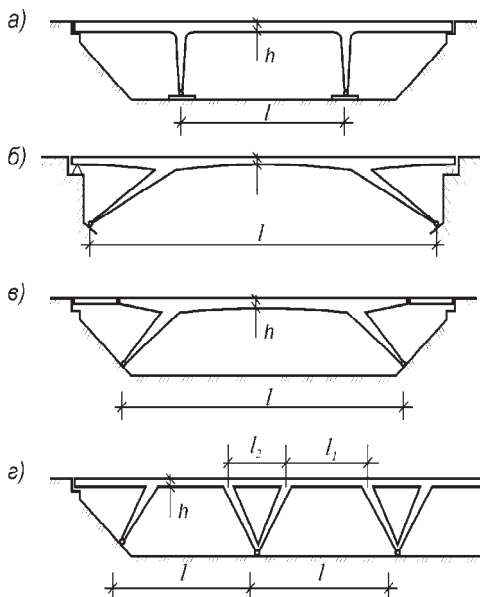


Рис. 1.9. Схемы рамных пролетных строений



Рис. 1.10. Арочный пешеходный мост

При малых пролетах (20–30 м) пешеходную часть в виде лестничных маршей устраивают непосредственно по аркам. При больших пролетах в традиционных арочных системах имеется надарочное строение. В пешеходных мостах применяют в основном двухшарнирные арки (рис. 1.11, а), которые малочувствительны к изменениям температуры и осадкам опор. При этом двухшарнирные арки обладают достаточной жесткостью.

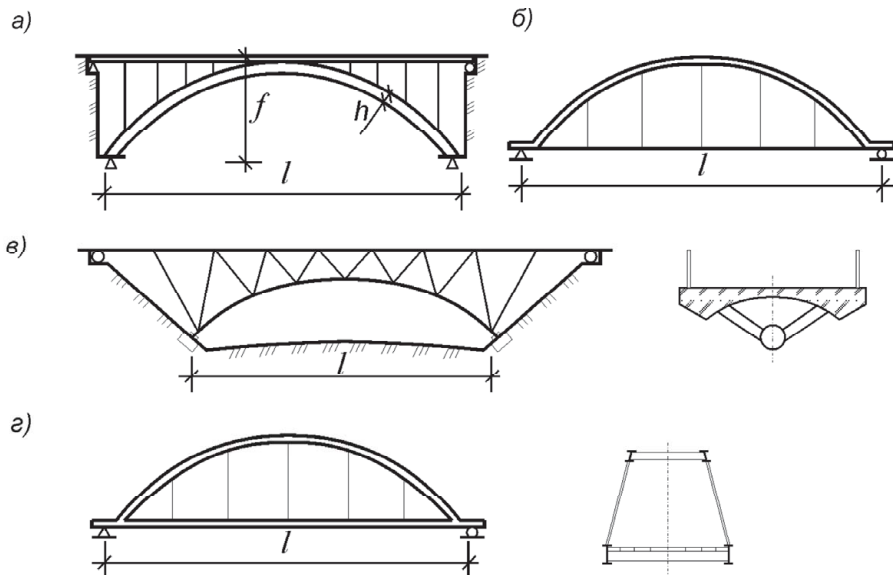


Рис. 1.11. Основные системы арочных мостов

Величина стрелы подъема в большой степени влияет на работу арок и опор. Увеличение ее снижает усилия в арках и облегчает конструкцию опор, но при этом возрастает строительная высота. В существующих мостах отношение f/l колеблется в широких пределах (1/2–1/18). Чаще всего применяют арки с пологостью 1/7–1/8.

При наличии слабых грунтов арочные пролетные строения проектируют с гибкой затяжкой (рис. 1.11, б), воспринимающей распор.

Для повышения эффективности арочных мостов стремятся использовать совместную работу надарочного строения с аркой. На рис. 1.11, в представлена схема моста, в котором арка трубчатого сечения образует единую пространственную конструкцию с надарочным строением из трубчатых элементов и железобетонной проходной частью.

На основе арочной и балочной систем, в зависимости от соотношения их жесткостей, конструируются многочисленные комбинированные системы. На рис. 1.11, г показана схема безраспорного пролетного строения, скомпонованного двумя наклонными арками и балкой жесткости, в уровне которой устроена пешеходная часть.

В пешеходных мостах малых и средних пролетов применяют арки в основном сплошнотенчатого двутаврового сечения. При больших пролетах сечения конструируют замкнутого коробчатого или круглого (трубчатого) профиля. Высоту сечения сплошнотенчатых арок в замке принимают равной $(1/50-1/70)l$. Высота сечения может быть постоянной по всей длине пролета или постоянной на большей части длины с уменьшением к пятовым шарнирам (серповидные арки). Рациональная ось арок в пешеходных мостах близка к параболе, но для упрощения изготовления форму оси принимают по дуге окружности.

Пространственная неизменяемость и поперечная жесткость арочных пролетных строений обеспечивается системой продольных и поперечных связей.

Основа несущих конструкций висячих и вантовых пешеходных мостов – система растянутых элементов из высокопрочных стальных канатов или вант, к которым подвешивают балки жесткости с пешеходной частью. В практике строительства висячих и вантовых мостов применяют одно-, двух- и трехпролетные системы. Наряду с классической схемой висячего моста (рис. 1.12, а; 1.14), применяют системы повышенной жесткости, вертикальные прогибы которых в сравнении с системой «нить – балка» меньше на 30–50 %. Жесткость висячих мостов повышают за счет постановки дополнительных нисходящих вант, использования треугольных и наклонных подвесок (рис. 1.12, б, в, з). Распор может быть передан на балку (рис. 1.12, д).

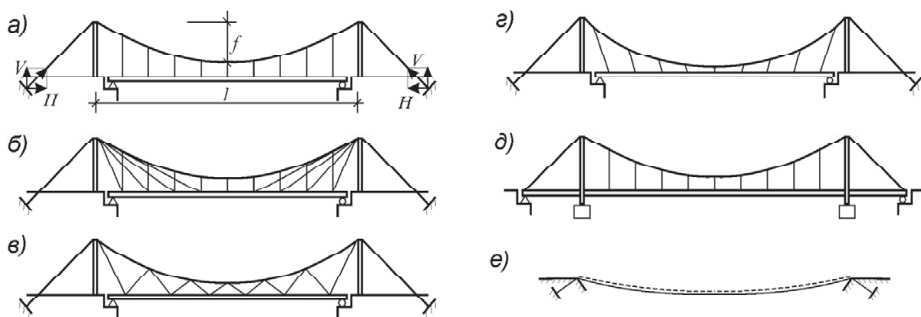


Рис. 1.12. Схемы висячих мостов

В пешеходных мостах находят применение висячие системы, отличающиеся отсутствием балки жесткости и представляющие собой геометрически изменяемые конструкции. Временная вертикальная нагрузка уравновешивается в результате искажения геометрической схемы. Пешеходная часть может быть уложена непосредственно на кабели (ленточная конструкция) или подвешена к ним. В последнем случае кабели могут выполнять функцию перил (рис. 1.12, е).

Безраспорные вантовые системы (вантово-балочные мосты) могут иметь симметричную или несимметричную схемы (рис. 1.13, а, б). По расположению

вант различают радиально-вантовые мосты (рис. 13, а), когда все ванты сходятся на вершине пилона; ярусно-параллельные – «арфа» (рис. 1.13, б) и веерные, или ярусно-расходящиеся (рис. 1.13, в). По конструктивным и архитектурным соображениям в вантовых мостах нередко применяют однопильонные системы (рис. 1.13, б, в).

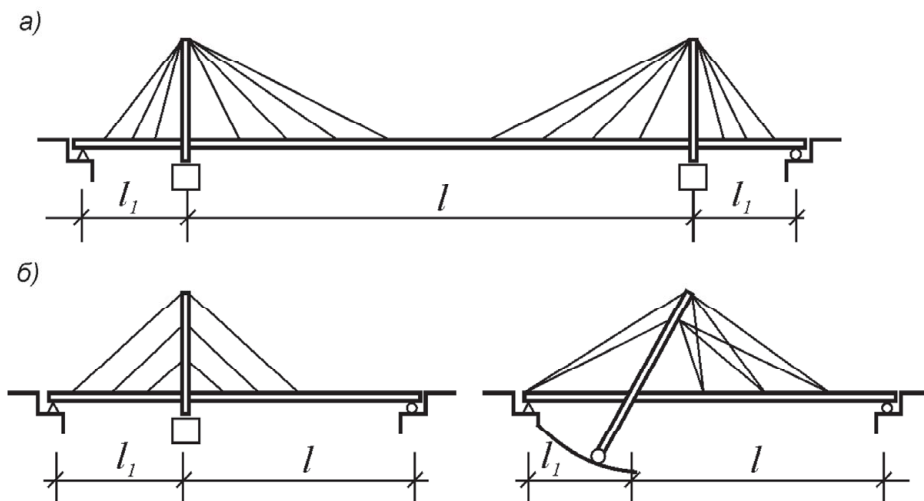


Рис. 1.13. Схемы вантовых мостов

В современных висячих и вантовых пешеходных мостах применяют в основном неразрезные цельнометаллические балки жесткости двутаврового или коробчатого сечения высотой от 1/100 до 1/300 в висячих системах и 1/50–1/120 в вантовых. При этом распор может быть передан на грунт – внешнераспорная система, или на балку жесткости – внешнебезраспорная система. Во внешнебезраспорных конструкциях балка жесткости работает не только на изгиб, но и на продольную силу, что несколько увеличивает расход металла, но при этом отпадает необходимость устройства анкерных опор.

Наклонные ванты или главный кабель увеличивают поперечную жесткость пролетного строения. Расположение их в одной плоскости создает благоприятный внешний вид моста, но ухудшает условия работы балки жесткости на кручение. В связи с этим балки жесткости рекомендуется применять коробчатого сечения. В практике строительства вантовых мостов встречаются и наклонные пилоны (рис. 1.15). Стойки пилонов выполняют, как правило, коробчатого или круглого сечения.

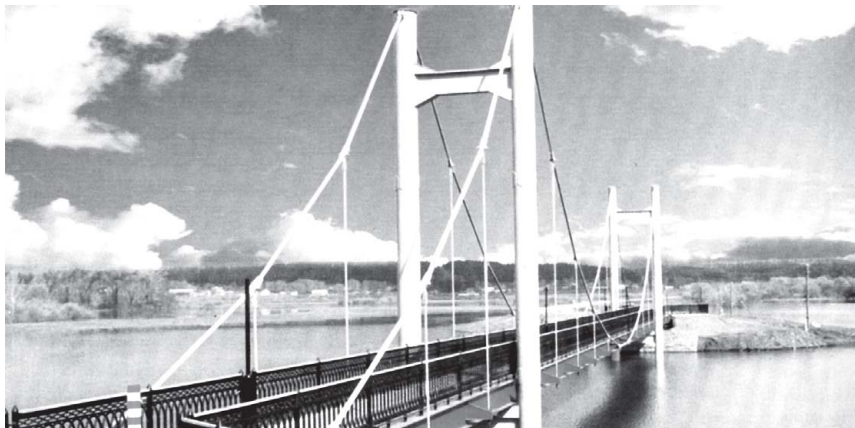


Рис. 1.14. Висячие пролетные строения



Рис. 1.15. Вантовые пролетные строения

1.4. Основные требования к пешеходным мостам

Пешеходные мосты относятся к ответственным инженерным сооружениям, и к ним предъявляется ряд требований [1].

Производственно-эксплуатационные требования сводятся к обеспечению удобного и безопасного движения по мосту и судоходства или движения транспорта под ним. Конструкции пролетных строений и опор должны быть рациональными для изготовления и возведения, а также удобными в эксплуатации.

Расчетно-конструктивные требования направлены на обеспечение прочности, жесткости и устойчивости конструкций моста в течение всего срока

службы. Сооружение и его элементы должны быть стойкими против воздействия воды, температуры, льда, агрессивных сред и т. д.

Экономические требования состоят в необходимости при проектировании выбора решения, требующего наименьшей затраты средств и материалов на строительство при возможно меньшей трудоемкости работ по возведению сооружения. Кроме того, к пешеходным мостам предъявляется требование по экономическому обоснованию положения моста и наивыгоднейшей ширины, которые могут быть решены на основе анализа ожидаемой интенсивности пешеходного движения с учетом предполагаемой перспективы развития инфраструктуры.

Помимо перечисленных выше требований к пешеходным мостам предъявляются повышенные архитектурно-планировочные требования, т. к. чаще всего пешеходные мосты строятся в городских условиях.

Архитектурный облик моста должен гармонично сочетаться с городской застройкой или окружающим ландшафтом, которые могут влиять как на вид, так и на систему моста.

При выборе типа пешеходного перехода в разных уровнях основными критериями должны служить создание максимальных удобств для движения пешеходов и транспорта; экономические показатели строительства (включая в случае необходимости и затраты на переустройство подземных и надземных сооружений) и эксплуатационные характеристики; увязка проектируемых сооружений с окружающей застройкой.

Тщательное сравнение указанных факторов позволит обоснованно выбрать оптимальное решение.

При выборе типа пешеходного перехода следует иметь в виду, что подъем на мост связан с затратами времени и энергии пешеходов. Поэтому лестничные спуски и подъемы могут быть допущены при небольшой высоте. При больших высотах расположения внеуличных переходов необходимо устройство эскалаторов или подъемников.

Высота подъема зависит от рельефа местности, положения пунктов, вызывающих приток пешеходов, расположения и уровня остановок общественного транспорта и т. д.

Пешеходные мосты могут иметь значительные продольные уклоны: до 6 % в пролетной части и 12–16 % на подходах. Входы и сходы с моста часто выполняют в виде лестниц или пандусов. В плане лестничные сходы располагают как по оси моста, так и под углом к ней. Иногда их встраивают в первые этажи прилегающих к переходу зданий. Пандусы могут быть в плане прямолинейными, криволинейными, ломаного очертания, разветвляющимися. Минимальную площадь занимают спиральные пандусы. Для предотвращения образования гололеда в них предусматривают устройство отопительной системы.

Широкое применение в настоящее время получили закрытые пешеходные мосты, которые могут быть оборудованы эскалаторами, обеспечивающими подъем и спуск с моста. Закрывают мосты прозрачным материалом, как правило органическим стеклом.

Кроме того, пешеходные мосты иногда проектируют из расчета пропуска специального транспорта (уборочной техники или машин спасательных служб). В этом случае в зависимости от проектного задания мост рассчитывают на колесную нагрузку (рис. 1.16), кроме того предусматривают наклонные пандусы, способные пропустить транспорт.



Рис. 1.16. Испытания пешеходного моста

1.5. Габариты, нагрузки и воздействия

Пролетные строения пешеходных мостов проектируют в соответствии с требованиями норм. Ширину пешеходных мостов устанавливают в зависимости от расчетной перспективной интенсивности движения пешеходов в час пик и принимают не менее 2,25 м. Ширину мостов, сооружаемых вне населенных пунктов, допускается принимать равной 1,5 м. При этом средняя расчетная пропускная способность 1 м ширины пешеходного моста составляет 2000 чел/ч, а лестниц – 1500 чел/ч.

Габариты приближения конструкций под пешеходными путепроводами, расположенными на улицах и дорогах населенных пунктов, назначают в соответствии с требованиями норм (рис. 1.17, табл. 1.1). При этом высоту габарита H (расстояние от поверхности проезда до верхней линии очертания габарита) назначают не менее 5 м. Размер b_1 определяется конструкцией ограждений. В случае расположения опор мостов на разделительной полосе дороги расстояние от кромки проезжей части до грани опоры на городских дорогах и улицах должно быть не менее 1,5 м, включая полосу безопасности шириной 1 м.

Опоры пешеходных мостов, пересекающих городские скоростные магистрали и улицы, следует располагать на расстоянии не менее 1 м от ограждения проезжей части улиц (бордюра) и не менее 1,5 м от кромки проезжей части, если ограждение отсутствует. Ширина разделительной полосы с должна быть не менее 2 м плюс ширина ограждения.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
Глава 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ПЕШЕХОДНЫХ МОСТАХ.....	5
1.1. Классификация и область применения пешеходных мостов	5
1.2. Элементы пешеходных мостов.....	8
1.3. Основные схемы статической работы пешеходных мостов.....	11
1.4. Основные требования к пешеходным мостам.....	17
1.5. Габариты, нагрузки, воздействия	19
Глава 2. ДЕРЕВЯННЫЕ ПЕШЕХОДНЫЕ МОСТЫ.....	22
2.1. Материалы деревянных пешеходных мостов	22
2.2. Материалы клееных и клефанерных конструкций пешеходных мостов.....	24
2.3. Особенности конструирования клееных элементов.....	26
2.4. Виды элементов клееных мостов	28
2.5. Конструкции пешеходных деревянных мостов	31
2.5.1. Деревянный мост через р. Реус в Меллингене, Швейцария.....	31
2.5.2. Пешеходный и велосипедный мост около Рейнфилден, Германия	35
2.5.3. Мост через ущелье Траверсина (Швейцария)	37
2.5.4. Примеры строительства деревянных мостов в Финляндии	42
2.6. Деревянно-железобетонные композитные мосты	45
Глава 3. КАМЕННЫЕ, БЕТОННЫЕ И ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ МОСТЫ.....	49
3.1. Краткие сведения о каменных и бетонных мостах.....	49
3.2. Особенности и материалы каменных и бетонных мостов	50
3.3. Виды и конструкции каменных и бетонных мостов	51
3.4. Краткие сведения о развитии железобетонных мостов	53
3.5. Материалы и изделия для железобетонных мостов	55
3.6. Конструкции железобетонных пешеходных мостов.....	58
3.7. Висячие железобетонные мосты	62
3.8. Двухъярусные вантовые и безпилонные системы пешеходных мостов	66
3.9. Пешеходные мосты на висячей сетке	69
3.10. Особенности монтажа предварительно напряженных конструкций и элементов	71
3.11. Элементы расчета предварительно напряженных комбинированных и висячих систем	79
Глава 4. МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ ПЕШЕХОДНЫЕ МОСТЫ	86
4.1. Общая характеристика и область применения металлических мостов	86
4.2. Работа стального образца под нагрузкой	87
4.2.1. Местные напряжения и наклеп	87
4.2.2. Хрупкое разрушение стали.....	88
4.2.3. Усталость металла	88
4.3. Классы и марки стали	90
4.3.1. Сталь углеродистая и горячекатанная для мостостроения.....	91
4.3.2. Низколегированные стали	93
4.3.3. Стальное литье.....	94

4.3.4. Сталь для канатов и электродов.....	95
4.4. Балочные пешеходные мосты.....	95
4.5. Арочные пешеходные мосты.....	103
4.5.1. Пешеходный мост через водообводной канал у Третьяковской галереи	104
4.5.2. Пешеходный мост на набережной Ренессанса в г. Бедфорде	105
4.5.3. Андреевский мост в Москве.....	107
4.6. Подвесные пешеходные мосты	111
4.6.1. Пешеходный висячий мост через р. Урал в г. Атырау	112
4.6.2. Мост Тысячелетия в Лондоне	116
4.7. Подвижные пешеходные мосты	125
4.7.1. Мост через р. Тайн между Ньюкаслем и Гейтсхедом (Великобритания)	125
4.7.2. Складывающийся мост в г. Киль (Германия).....	131
4.7.3. Подъемный висячий мост в Дуйсбурге (Германия).....	140
4.7.4. Мост с подъемно-поворотным пролетом через о. Фортон (Великобритания)....	141
Глава 5. ПЕШЕХОДНЫЕ МОСТЫ С ПРИМЕНЕНИЕМ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ	145
5.1. Основные свойства композитных полимерных материалов	145
5.2. Усиление конструкций слоистым углепластиком.....	148
5.3. Опыт использования композиционных материалов для ремонтно-реконструкционных работ мостовых конструкций	151
5.4. Перспективы применения неметаллической арматуры в преднапряженных бетонных конструкциях	154
Глава 6. АВАРИИ ПЕШЕХОДНЫХ МОСТОВ	157
6.1. Современное состояние проблемы.....	158
6.2. Географическое и хронологическое распределение.....	161
6.3. Конструктивные формы и материалы конструкций.....	161
6.4. Влияние пешеходной нагрузки.....	166
6.5. Мероприятия по содержанию пешеходных мостов в Великобритании.....	168
Глава 7. ЭСТЕТИКА МОСТОВ	170
7.1. Природа эстетики.....	170
7.2. Конструктивная целесообразность	174
7.3. Сотрудничество с архитекторами	189
Глава 8. О ПРИМЕНЕНИИ БИОНИЧЕСКОГО ПОДХОДА К ПРОЕКТИРОВАНИЮ МОСТОВЫХ СООРУЖЕНИЙ	204
8.1. Макро- и микроуровни бионического подхода	205
8.2. О целесообразности размера.....	207
8.3. Примеры применения макроуровневого бионического подхода в мостостроении	213
8.3.1. Мост «Мир» по проекту Калатравы	213
8.3.2. Вантовый пешеходный мост Мира через реку Кура в Тбилиси	215
8.3.3. Мост «Питон» (Pythonbrug) в Амстердаме	217
8.3.4. Змеевидный (сетчатый) мост (Webb Bridge).....	219
8.3.5. Проект пешеходного моста «Тюльпан» (Thetulip) в Амстердаме	221
8.3.6. Пешеходный мост в Лиме (Перу) в виде морской звезды.....	223
8.4. Применение микроуровневого бионического подхода.....	224
8.4.1. Пешеходный мост Helix Bridge в Сингапуре.....	224
8.4.2. Витой ДНК-мост (Nanhe River Landscape Bridge) в Китае.....	229
8.4.3. Прогулочный мост «Спагетти» через китайское озеро	232

Глава 9. ТИПЫ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫХ МОСТОВ	235
9.1. Проект многофункционального пешеходного моста для Амстердама	236
9.2. Проект-концепция многофункционального моста «Турбина» (Turbine Bridge) в Амстердаме.....	238
9.3. Проект пешеходно-велосипедного моста для Амстердама	241
9.4. Пешеходный мост-лента Festina Lente в Сараево	243
9.5. Двухъярусный пешеходно-велосипедный мост Melkwegbridge в Нидерландах.....	245
9.6. Пешеходно-велосипедный футуристический мост Amsterdambridge	248
9.7. Проект «органического» «лялющегося» моста для Амстердама	250
9.8. Векторный обитаемый мост Inhabitable Bridge в Токио	251
9.9. Самый длинный в Европе пешеходно-велосипедный мост Sölvesborgsbron.....	254
9.10. Самый длинный в мире подвесной пешеходный мост-аттракцион (СкайБридж)	257
9.11. Проект необычного экологичного пешеходного висячего моста-перехода (DSSH Bridge)	260
9.12. Мост «Волны Хендерсона» (Henderson Waves Bridge) в Сингапуре.....	262
9.13. Мост-остров, или «ракушечный» мост Aiola Island в Граце (Австрия)	265
Глава 10. КОНСТРУКЦИИ МОСТОВ, ОСНОВАННЫЕ НА ПРИНЦИПЕ «ТЕНСЕГРИТИ»	267
Глава 11. ИНТЕРЕСНЫЕ ПРОЕКТЫ И РЕАЛИЗОВАННЫЕ РЕШЕНИЯ ПЕШЕХОДНЫХ И ВЕЛОСИПЕДНЫХ МОСТОВ	271
11.1. Подвесной мост на воздушных шарах	271
11.2. Проект трехсекционного надувного моста-батута через Сену в Париже	272
11.3. Проект «ЭКОнтейнерного» пешеходно-велосипедного моста в Израиле	273
11.4. Спиральный пешеходно-велосипедный мост Olhafen Bridge через реку Майн в Германии	275
11.5. Пешеходный мост-пружина (Slinky Springs) в городе Оберхаузен в Германии	277
11.6. Мост-чулок, соединяющий центр города Люксембурга с Парк-дю-Гальгенберг	279
11.7. Проект арочного моста для пешеходов и велосипедистов «Слияние» (Confluence).....	282
11.8. Перекрученный мост Twist Bridge в Нидерландах	283
11.9. Высокотехнологичный пешеходный мост около Копенгагена	285
11.10. Пешеходно-велосипедный мост (путепровод) встречного ветра	287
11.11. Проект круглого крытого надводно-подводного моста в Амстердаме	291
11.12. Мост в виде спиральной трубы «Аргансуэла» в Мадриде, Испания	295
11.13. Кольцевой велосипедный мост Hovenring в Голландии	298
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	301
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	303