

КОНСТРУКТИВНЫЕ РЕШЕНИЯ МОСТОВ В ГОРНЫХ УСЛОВИЯХ

*Магомедов Мухтар Магомедович, бакалавр 4-го курса
кафедры «Транспортное строительство»
Саратовский государственный технический университет
имени Гагарина Ю.А., г. Саратов
(Научный руководитель – Овчинников И.Г., д-р. техн. наук, профессор)*

Автомобильные дороги являются важнейшим элементом транспортной инфраструктуры, который соединяет между собой населенные пункты, промышленные здания и сооружения, и т.д. На своем пути они пересекают различные препятствия: реки, озера, ущелья, овраги, железные и автомобильные дороги, промышленные объекты и т.п. И одним из эффективных методов преодоления этих препятствий являются устройство мостовых сооружений.

Мостовые сооружения являются сложными и дорогостоящими объектами транспортной инфраструктуры и проектирование их - это ответственный и трудный процесс. И одной из особых зон проектирования является горная местность, где сочетаются сложные геологические, гидрологические и сейсмические условия.

В Российской Федерации насчитывается множество крупных горных систем. Все горные области занимают порядка 30% территории России. Западная часть страны, в основном, равнинная, а восточная – усеяна горными системами. Среди горных систем России выделяют Кавказ, Крымские горы, Уральские горы, Алтай, Верхоянский хребет, Западный и Восточный Саяны, Сихотэ-Алинь и другие.

При проектировании горных мостовых сооружений приходится учитывать все особенности местности и уделять должное внимание повышению качества сооружений, т.к. аварии мостовых сооружений порою становятся причиной блокирования доступа к нескольким десяткам населенных пунктов горной местности, гибели людей и т.д.[1,2].

Транспортные сооружения в равнинных условиях односторонне влияют на окружающую среду, т.к. отрицательное воздействие исходит только от них. В горных условиях, наоборот происходит отрицательное влияние от окружающей среды на дорожно – транспортный комплекс в виде камнепадов, лавин, обвалов и оползней [3].

В горной местности применяют следующие типы мостовых сооружений: мосты, полумосты, эстакады и балконы.

Рассмотрим существующие конструктивные схемы мостов через призму целесообразности их применения в горной местности. В настоящее время существуют следующие конструктивные схемы мостов: балочно-разрезные, балочно-неразрезные, балочно-консольные (в редких случаях), арочные, рамные, вантовые и висячие.

Балочно-разрезные мосты имеют следующие преимущества: отсутствие дополнительных усилий из-за возможной осадки опор вследствие их статической определимости, малые температурные перемещения концов пролетных строений. Но данная схема имеет и большие недостатки: перекрытие небольших пролетов; неизбежная несимметричная передача усилий с пролетных строений на опоры; некомфортная езда и эксплуатация из-за большего количества деформационных швов, чем в неразрезных. При перекрытии глубоких и широких ущелий балочно-разрезные мосты не имеют заметных преимуществ, т.к. разбивка на большое количество пролетов и необходимость устройства большого количества высоких опор, усиленных арматурой для восприятия усилий от внецентренного сжатия, требует большого расхода материала. Зоны горной местности с повышенной обвальностью и лавинностью требуют сооружения мостов с большим подмостовым габаритом, чего не позволяют разрезные мосты.

Балочно-неразрезные мосты имеют следующие преимущества: возможность перекрытия больших пролетов, значительная разгрузка усилий из-за объединения нескольких пролетов в одну ветвь, центральная передача усилий с пролетных строений на опоры, значительно уменьшается количество деформационных швов, вследствие чего улучшается комфортность езды по мосту. Из-за разгрузки усилий и их центральной передачи на опоры значительно увеличивается экономичность балочно-неразрезных мостов. Но и эти мосты не лишены недостатков, к числу которых относятся большие температурные перемещения концов неразрезной ветви, возникновение дополнительных и опасных усилий из-за возможной осадки опор, что требует прочных грунтов. Но скальные горные породы по своей природе имеют высокие физико-механические характеристики, поэтому неразрезные мосты применительно к горной местности находят широкое применение (Рис.1).

Балочно-консольные мосты по своей работе близки к неразрезным, но возможная осадка опор не влияет на внутренние усилия. Могут применяться подвесные балки, которые опираются на консольные элементы мостов. На консольных частях возникают только отрицательные изгибающие моменты, а на подвесных – положительные. Это упрощает схему армирования пролетных строений балочно-консольных мостов. Но данная система не получила широкого распространения из-за трудностей ее эксплуатации и из-за сложного узла

соединения консольной и подвесной частей моста. Необходимость применения балочно-консольных мостов была вызвана несовершенными конструкциями фундаментов, которые при слабых грунтах допускали осадку. На сегодняшний день, когда освоена технология возведения надежных фундаментов, балочно-консольные мосты не находят своего бывшего применения.



Рисунок 1 – Мост через перевал Бреннер

Источник: <https://vk.com/@mirinteresennet-europabrucke-bridge-most-evropy-pereval-brenner>

Арочные мосты относятся к распорным системам, которые при воздействии вертикальных нагрузок передают на основание вертикальные и горизонтальные усилия. Преимуществами данных мостов является возможность перекрытия весьма больших пролетов (до 500 м), работа арок в основном, на сжатие, что позволяет использовать бетон высокой прочности. По эстетическим характеристикам арочные мосты превалируют над балочными, но их конструкции сложны, а опоры массивны. В горной местности арочные мосты находят широкое применение, т.к. обеспечивается необходимая прочность грунтов под массивные фундаменты арочных пьест; арочные мосты легче вписывать в рельеф.

По расположению проезжей части относительно арки различают мосты с ездой поверху, посередине и понизу. В горной местности с точки зрения экономии выгодны мосты с ездой поверху, т.к. длина арки в этом случае наименьшая по сравнению с аркой мостов с ездой посередине и понизу вследствие сужения расстояния между пятами арки (Рис. 2).

Рамные мосты отличаются от балочных тем, что опоры и ригели соединяются жестко, вследствие чего опора воспринимает не только вертикальные усилия, но и значительные изгибающие моменты. Аналогично с

балочными и в рамных мостах могут использоваться консольные и подвесные части.



Рисунок 2 – Арочный мост с ездой поверху
Источник: <http://fotokto.ru/photo/view/4430970.html>

Применяют рамные мосты с вертикальными или наклонными опорами (последние носят название «бегущая лань»). «Бегущая лань» целесообразна в горной местности, т.к. увеличивается подмостовой габарит, длина наклонных опор по сравнению с вертикальными значительно уменьшается при перекрытии широких и глубоких ущелий (Рис.3).

Вантовые и висячие мосты применяют при перекрытии больших (150-500м) и очень больших пролетов (более 500 м) и они целесообразны в горной местности. Данные системы мостов требуют очень прочных грунтов оснований, что полностью обеспечивается скальными породами; их можно разместить ближе к вершинам горных массивов, а в некоторых случаях и над вершинами, что значительно сокращает время по преодолению препятствия (рис.4). Только устройством этих мостов на некоторых участках горных дорог значительно могут увеличиться экономические показатели. Конструкции вантовых мостов по сравнению с конструкциями висячих мостов более легкие, но они хуже сопротивляются аэродинамическим нагрузкам, а также перекрывают меньшие пролеты, чем висячие [1].



Рисунок 3 – Рамный мост типа «Бегущая Лань». Источник:
http://www.highestbridges.com/wiki/index.php%3Ftitle%3DSfalassa_Bridge



Рисунок 4 – Рис.4. Висячий мост через каньон Пули. Источник:
http://www.highestbridges.com/wiki/index.php%3Ftitle%3DSfalassa_Bridge

В горной местности повсеместное распространение получили мосты из железобетона, металла и из каменной кладки. Металлические мосты

перекрывают большие пролеты, чем железобетонные, а каменные мосты применяли только при сооружении арочных мостов, т.к. камень работает только на сжатие. Но одной из эффективных и перспективных конструкций для мостов является трубобетон, представляющий собой бетон, заключенный в металлическую трубу круглого или более сложного поперечного сечения. В таких условиях бетон работает на трехосное сжатие, вследствие чего его несущая способность повышается до 50-60%. Данное обстоятельство повышает экономичность трубобетона по сравнению с железобетонными или металлическими конструкциями. В Китае трубобетон используют для перекрытия широких горных ущелий и одним из выдающихся примеров тому является мост через реку Чжинцзинхэ с основным пролетом 430м (Рис. 5) [4].



Рисунок 5 – Арочный мост Чжинцзинхэ пролетом 430 м с трубобетонными арками
Источник: <http://10mosttoday.com/10-highest-bridges-in-the-world/>

Эстакады вдоль склонов имеют преимущества по сравнению с насыпями при возвышении пролетных строений над склоном на 20-25 м и более. В этом случае значительно сокращаются объемы земляных работ, не нарушается устойчивость грунтового массива. Кроме того, эстакады сохраняют ценные земельные угодья, улучшают видимость и обзорность, повышают эстетику горной дороги.

В местности с повышенной скальной обвальностью размеры подмостового габарита увеличивают, в связи с чем в местах наиболее вероятного движения каменных или снежных масс промежуточные опоры не устраивают или, в крайнем случае, защищают их камнеотбойными бетонными или железобетонными стенами с амортизирующей отсыпкой и проверяют расчетом на ожидаемые динамические воздействия.

При наличии по трассе дороги частых и крутых поворотов эстакады проектируют, как правило, криволинейными в плане и профиле в соответствии с топографическими условиями горной местности (рис. 6). Иногда устраивают две эстакады, каждая под одностороннее движение, располагая их в одном или разных уровнях.



Рисунок 6 – Криволинейная эстакада вдоль горного склона. Источник: <https://pixabay.com/ru/photos/мост-дороги-горных-эстакады-692910/>

Схема разбивки эстакады на пролеты определяется прежде всего свойствами грунтов в основании опор. Получили распространение эстакады с разрезными и неразрезными балочными или рамно-консольными пролетными строениями из ребристых или коробчатых балок постоянной или переменной высоты, а также каменные эстакады с арочными пролетами.

Полумосты возводят на отдельных труднодоступных участках трассы во избежание нарушения устойчивости крутых склонов. Устройством широкой врезки располагают их на горном склоне так, что проезжая часть дороги

полностью или частично размещается на несущей конструкции полумоста. В первом случае между конструкцией полумоста и горным склоном остается зазор, а при частичном размещении проезжей части на полумосту пролетное строение опирается одной стороной на берму, устроенную в горном склоне. Между конструкцией полумоста и косогором устраивают деформационный шов (рис. 7).



Рисунок 7 – Общий вид полумоста. Источник: <https://www.drive2.ru/b/3262852/>

На существующих горных дорогах большинство полумостов являются арочными из каменной кладки или монолитного бетона. В последнее время получили распространение полумосты из железобетона в виде ребристых или коробчатых балок и плит, опирающихся на Г-образные рамы или на массивные бетонные опоры. В случае необходимости опоры полумостов могут быть закреплены скальными анкерами значительной длины. Полумосты целесообразны в той зоне горной местности, где отсутствуют сильные камнепады, лавины, обвалы скал.

В горных местностях с крутыми обрывами, когда устройство опор полумостов крайне затруднено, применяют балконы, представляющие собой заанкеренные в горном склоне консоли, на которых частично или полностью располагается проезжая часть дороги.

Применение балконов целесообразно при прочных и устойчивых скальных грунтах, в которые должны быть заанкерены консольные выступы. В практике строительства горных дорог применяют балконы преимущественно из сборного и сборно-монолитного железобетона. Возможно применение консолей из металлического прокатного профиля (Рис.8).



Рисунок 8 – Вид балкона с металлическими консолями, заделанными в скалу
Источник: <http://kirill-anya.ru/2015/caucasus/05.html>

Сборные конструкции могут состоять из ребристых консольных балок, вылет которых в зависимости от уступа в горном склоне составляет 0,75-2,0 м. Опорный участок корытообразного профиля длиной 1,5-3 м заделывают в скалу для предотвращения опрокидывания консольной части балкона.

На оползневых горных склонах, стабилизация которых вызывает значительные трудности, возможно устройство балконов, заанкеренных в буронабивные сваи, заглубленные ниже плоскости скольжения в коренные устойчивые грунты.

Консольные части балконов перекрывают железобетонными плитами, на которые опираются проезжая часть и тротуар.

Литература:

1. Инженерные сооружения в транспортном строительстве. В 2кн. Кн. 1 / П. М. Саламахин [и др.] ; под ред. П. М. Саламахина. – 3-е изд., испр. – М. : Академия, 2014. – 352 с
2. Кортиев Л.И., Кортиев А.Л. Особенности взаимодействия дорожно-транспортного комплекса и природной среды в горных условиях и оценка риска природного и техногенного характера при чрезвычайных ситуациях // Вестник ВГТУ, т.5, №3, 2015. – С. 1-7.
3. Николов В.А., Кортиев А.Л. Проблемы безопасности движения на горных дорогах. // Innovative development of science and education : Abstracts of III International Scientific and Practical Conference, Athens, Greece, 2009. – С. 196-201

4. Овчинников И.И., Овчинников И.Г., Чесноков Г.В., Михалдыкин Е.С. О проблеме расчета трубобетонных конструкций с оболочкой из разных материалов. Часть 1. Опыт применения трубобетона с металлической оболочкой // Интернет-журнал «Науковедение» №, 2015. – С. 1-20