

После долгого затишья вопрос строительства федеральной трассы Джубга — Сочи вновь выходит на повестку дня. В целях минимизации расходов на ее эксплуатацию при проектировании необходимо учитывать новые подходы к строительству и опыт эксплуатации аналогичных дорог. В этой связи редакция журнала пригласила инженеров известных проектных организаций обсудить особенности проектирования горных трасс.



Леван АЛИБЕГАШВИЛИ,
заместитель директора
ПИИ «Кыргыздортранспроект»



Александр ИНДЕНБОМ,
первый заместитель главного
инженера АО «Петербург-
Дорсервис»

ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ГОРНЫХ ДОРОГ

Круглый стол

При проектировании автомобильных дорог в горной местности какие особенности нужно учитывать?

Александр Инденбом:

— Горный рельеф отличается большими перепадами по геологическому строению и характеристике местности на коротких интервалах: пологие склоны, глубокие и очень извилистые поймы рек, перевалы, замерзшие вершины.

Склоны гор неустойчивы, на них, как правило, идут активные геологические процессы, которые могут усугубляться проводящимися ремонтными работами. Все это способствует частым обрушениям, оползням и обвалам. В зимний период возможен сход лавин, после которых довольно затруднительно восстановить транспортное сообщение.

В связи с этим при проектировании предусматриваются защитные мероприятия и дополнительные сооружения (специальные подпорные стены, удерживающие сооружения, мероприятия по водоотведению, стабилизации и усилению грунтов), которые направлены на обеспечение устойчивости горного массива при строительстве и эксплуатации автомобильной дороги и безопасности движения при неконтролируемом разрушении склона.

При проектировании всегда необходимо учитывать климатические особенности региона. Осадки в горах характеризуются сильными ливнями, образующими мощный поток водной массы. Для предотвращения размыва дорожного полотна и элементов искусственных сооружений предусматриваются дополнительные специальные мероприятия по регулированию русел водотоков и гидрологического режима работы элементов водоотводных сооружений (быстротоки, гасители, перепадные колодцы, накопители и т. п.).

При проведении инженерных изысканий большое значение приобретают геологические обследования

устойчивости склонов, выявляющие места, где условия для прокладки дороги будут более благоприятными, и места, которые целесообразнее обойти. При этом используются современные дополнительные методы — микросейсмораионирование на основе космоснимков, все виды сканирования, геотехнический мониторинг, геосейсморазведка, радиолокационные исследования и т. п.

Леван Алибегашвили:

— Необходимо иметь достоверную цифровую модель местности: полные данные по геологии, гидрологии и наличию экзогенных процессов в районе строительства будущей дороги. Проектирование трассы очень важно проводить в трехмерном измерении (план, профиль, поперечник), обеспечивая не только требования непосредственно для движения автомобиля, но и надежность земляного полотна в полке, насыпи, выемке. Для этого приходится рассматривать несколько вариантов, прибегая к их визуализации и уделяя особое внимание назначению устойчивых откосов земполотна. Проектирование горных трасс в сложных условиях следует производить в три стадии, а после ТЭО — обязательно выполнить пионерные дороги для более точного получения исходных данных о рельефе, особенно о геологии и гидрологии, геоморфологии, экзогенных процессах и проблемных участках.

Александр Удовиченко:

— Прежде всего, при проектировании горных дорог должны быть особо точно выяснены, обследованы и учтены все особенности территории — природные, гидрологические, геологические, техногенные и другие. Именно учет всех факторов, возможных процессов и воздействий позволит определить оптимальную и обоснованную стоимость строительства, а в итоге обеспечит эффективность, надежность и безопасность объекта.

В то же время следует отметить, что есть две фундаментальные особенности, которые хотя и не относятся к технологии проектирования, но являются (точнее, должны являться) определяющими для разработки качественной проектной документации. Особенно важным это представляется применительно к таким сложным и ответственным объектам, как горные дороги.



Анатолий ПИЧУГОВ,
заместитель генерального директора
АО «Петербург-Дорсервис»



Александр ТЕРЕЩЕНКО,
заместитель технического директора
— начальник управления проектных
работ АО «Институт «Стройпроект»



Александр УДОВИЧЕНКО,
Почетный дорожник России

Первая особенность видится в необходимости и обязательности полноценной предпроектной стадии (ТЭО или ОИ), основными задачами которой являются:

- выбор оптимального варианта проложения трассы автодороги;
- разработка (определение) принципиальных проектных решений по основным сооружениям (конструктивным элементам) объекта;
- определение основных технико-экономических показателей объекта;
- доказательство экономической эффективности строительства по рекомендуемому варианту;
- разработка заданий на сбор исходных данных, проведение инженерных изысканий а, при необходимости и научных исследований, разработку проектной документации.

Вторая особенность — определяющим критерием выбора генеральной проектной организации при проведении торгов должна быть не минимальная стоимость проектно-изыскательских услуг, а квалификация проектировщика и опыт работы на горных объектах аналогичной сложности.

Александр Терещенко:

— Горная местность, как правило, обусловлена наличием протекающих в толще земной коры тектонических процессов, поэтому прежде всего хотелось бы отметить необходимость учета при проектировании сейсмических воздействий.

Сильно расчлененный рельеф горной местности требует постройки большого числа искусственных сооружений на пересечениях с многочисленными водотоками и оврагами. На крутых склонах требуется предусматривать подпорные стены и удерживающие сооружения.

В связи с большими продольными уклонами рельефа даже при малых водосборных бассейнах ливневые потоки несут с собой камни. Поэтому требуются специальные меры для защиты сооружений от размыва и разрушения селевыми потоками.

На перевальных участках особенно сильно проявляются климатические особенности высокогорных районов. Перед началом проектирования должны быть установлены уровни и сроки опускания ледников и снеговой линии, места устойчивых туманов и другие характеристики, позволяющие наметить целесообразную высоту расположения тоннельных вариантов, а

также оценить транспортные качества будущей дороги с учетом особенностей работы двигателей в высокогорных условиях.

Также необходимо учитывать и сложность выполнения строительных работ на горных склонах, необходимость создания подъездных дорог и площадок для работы техники, временных вспомогательных устройств и сооружений.

Можно ли считать, что скальные грунты обеспечивают высокую несущую способность дорожному основанию?

Анатолий Пичугов:

— На самом деле наибольшее влияние на несущую способность дорожного основания оказывает не прочность породы, а степень уплотнения материала. Следовательно, конструкция, составленная из менее прочного, но лучше уплотненного материала, будет обладать большей несущей способностью. При этом необходимо учитывать, что легкоуплотняемые материалы, получаемые дроблением осадочных горных пород, во влажной среде могут разрушаться. Вывод: сами по себе горные породы лишь отчасти обеспечивают высокую несущую способность дорожному основанию. Значительное влияние в этом сегменте оказывает и способность материала к уплотнению в процессе укладки, и однородность состава уплотненной толщи, а также его геологические особенности (растворимость, выветривание и т. п.).

Александр Терещенко:

— Бесспорно, скальные грунты имеют более высокую несущую способность, потому что обладают монолитностью, находятся в плотном состоянии и имеют высокую прочность.

Прочность скальных грунтов изменяется в широких пределах и зависит от того, находятся эти породы в виде монолита или являются трещиноватыми.

Трещиноватость снижает прочность скальных пород. От размера, густоты, направления, характера, типа трещин в большей степени зависят прочность, устойчивость и водопроницаемость дорожного основания.

Также следует обращать внимание на размягчаемость — уменьшение механической прочности скального грунта после насыщения его водой и раствори-

мость — способность скальных пород растворяться водой (гипс, известняк, доломит и т.д.). В зависимости от степени растворимости могут образовываться карстовые формы (полости, воронки и т.п.).

Таким образом, можно сделать вывод о том, что скальные грунты в целом обладают большей несущей способностью, однако требуют внимательного изучения их физико-механических характеристик в целях сохранения этой несущей способности с учетом условий их применения.

Леван Алибегашвили:

— На скальных грунтах высокая несущая способность дорожному основанию обеспечивается сама по себе. Однако горные склоны сложены не только из скал, но и из самых различных пород и их переслаивания, с наличием грунтовых и поверхностных вод. Поэтому в целом высокая несущая способность дорожного основания обеспечивается его конструкцией, обязательным отводом поверхностных и дренажем грунтовых вод, хорошим уплотнением, а также специальными мероприятиями по укреплению грунтов.

Какие методы защиты склонов от оползней и камнепадов наиболее эффективны и экономичны? Насколько реализация этих решений повышает стоимость проекта?

Анатолий Пичугов:

— Сегодня существует несколько классификаций активных способов инженерной защиты от оползней. В частности: изменение рельефа местности, изменение русел, дренирование, перераспределение и укрепление грунта; строительство регулирующих сооружений; строительство защитных сооружений.

Однако в большинстве случаев эти способы используются в комплексе. Поэтому более правильно будет классифицировать их так: способы стабилизации оползневого массива и способы его удержания. К первым относятся различные варианты дренирования, уположение и/или рассечение оползневых масс, а также модификация свойств грунта.

В общем объеме опасных геологических процессов (ОГП) на долю оползней приходится 17%, а 80% их, в свою очередь, вызвано деятельностью человека. Это и проведение горных работ, и строительство, и дви-

жение транспорта. Оползни обычно происходят на склонах, имеющих крутизну от 19° и более. Однако при избыточном увлажнении пород они могут происходить и при 5–7°.

Все защитные мероприятия — дорогостоящие. Это устройство габионных конструкций, подпорных сооружений, торкретирование, анкерные технологии, укрепительные работы георешетками, бетонными конструкциями, устройство нагорных водоотводных сооружений и дренажей, строительство галерей и тоннелей, а также комбинированные решения.

Леван Алибегашвили:

— Для защиты от камнепадов и для предотвращения осыпания и выветриваний скального грунта мы отдаем предпочтение — там, где это экономично, — улавливающим траншеям и заюветным полкам, а также камнезащитным стенкам различной высоты, в зависимости от мощности камнепада и крутизны склона (откоса). Иногда устраиваем контрфорсы.

При устройстве земляного полотна регулируем высоту забоя, чтобы меньше нарушать породу, и производим оборку обнаженного склона.

Что касается оползней, то предпочитаем их обходить, иногда уходя на противоположный склон и строя два мостовых перехода. В некоторых случаях применяем удерживающие подпорные стенки.





Какие решения обеспечивают антисейсмическую защиту?

Анатолий Пичугов:

— При проектировании искусственных сооружений в сейсмических районах вводится понятие «Расчетная сейсмичность конструкции», выраженная в баллах. Эта характеристика присваивается в зависимости от площадки строительства и представлена в нормативах.

При выборе трассы следует отдавать предпочтение прохождению в однородных по сейсмической жесткости грунтах, избегать участков с повышенной трещиноватостью и резко изменчивой топографией. Все это существенно влияет на трассирование и, как следствие, на экономическую и технологическую составляющие проекта.

Далее от величины сейсмичности зависит тип сооружения, его расчетная схема и конструкция. Как правило, добавляются противосейсмические элементы (швы, специальные конструкции опорных частей, фундаментов, места усиления конструктивов и т.п.), которые обеспечивают расчетную сейсмостойчивость. Все это элементы вариантного и индивидуального проектирования. Арсенал антисейсмической защиты широк и его грамотное применение зависит от опыта, квалификации и кругозора проектировщика. При этом, к сожалению, до сих пор на территории РФ не в полном объеме используется

мировой опыт — из-за отсутствия нормативов. Однако в последнее время появилась тенденция применения спецтехусловий (СТУ), которые в будущем способны исправить ситуацию.

Александр Терещенко:

— Обеспечение антисейсмической защиты сооружений может предусматриваться как объемно-планировочными решениями, так и с помощью специальных устройств.

Объемно-планировочные решения включают в себя учет воздействия опасных геологических процессов (обвалы, оползни, участки разжижения грунта и т.п.) при трассировании дороги, обход участков разломов, создание защитных и удерживающих сооружений (подпорные стены, галереи, тоннели). Для мостовых сооружений предпочтительны конструкции с минимальным весом, способные к значительным деформациям.

В качестве специальных устройств элементов защиты эстакад в период возникновения сейсмических воздействий предусматривается установка сейсмоизоляторов — опорных частей и демпфирующих устройств, а также противосброшенных упоров.

Сейсмостойкие опорные части в случае возникновения сейсмических нагрузок позволяют реализовывать возможные перемещения при минимальном воздействии на опору в горизонтальном направлении. После прекращения действия сейсмике, за счет конструкции опорных частей, пролетное строение возвращается в проектное положение.

Демпфирующие устройства представляют собой аналог гидроцилиндра, связывающего пролетное строение и опоры сооружения. В нормальных условиях они не препятствуют перемещениям от температуры, так как эти перемещения происходят на малых скоростях. В случае же возникновения сейсмических нагрузок за счет гидравлической системы устройства блокируют перемещения и тем самым воспринимают горизонтальные реакции от пролетного строения в период действия сейсмике.

Противосброшенные упоры представляют собой элементы конструкции опор, которые в случае возникновения сейсмике препятствуют падению пролетного строения с опор путем фиксации пролетного строения в поперечном направлении и передают все горизонтальные усилия на опоры.



Какие технические решения применяются при защите дороги от размыва при разливе горных рек?

Анатолий Пичугов:

— В зависимости от расположения дорог вдоль речных долин, геологических, гидрометеорологических и других условий применяются разные типы берегозащитных сооружений, откосных или вертикальных.

Откосные устраиваются с помощью каменной наброски, бетонных, железобетонных, габионных конструкций. Вертикальные — посредством гравитационных и шпунтовых решений.

Кроме этого, при разливе горных рек необходимо обязательно выполнять мониторинг за деформациями непосредственно на участках расположения мостовых сооружений.

Александр Терещенко:

— Наиболее целесообразно пересекать горные реки в пределах транзитного русла, где имеются устойчивые скальные берега и русло потока, как правило, жестко фиксировано. Водоток перекрывают мостовым сооружением с необходимым возвышением низа пролетного строения над максимальным уровнем воды.

Подтопляемые откосы дорог защищают от волнового и эрозионного воздействия воды. Как правило, защита предусматривается монолитным бетоном, каменной наброской, габионными конструкциями. Укрепляют

откосы дороги и геосинтетическими материалами, препятствующими вымыванию грунта и эрозии укрепляющего откосы травяного покрова. В отдельных случаях допускается защита путем создания откосов малой крутизны, так называемых «пляжных откосов».

Леван Алибегашвили:

— При защите дорог от размыва используем, прежде всего, каменные укрепления с рисбермами, габионы, матрасы «Рено». Подпорные стенки устраиваем реже, обеспечивая их устойчивость каменными бермами.

Как изменение положения трассы при подъеме отражается на подборе состава асфальтобетонной смеси? Какие именно составы наиболее эффективны для участков дорог с частыми переходами через ноль?

Анатолий Пичугов:

— Классификация дорожно-климатических зон предусмотрена нормами. Сложность в том, что при проектировании дорог в горной местности мы сталкиваемся не с одной, а с несколькими дорожно-климатическими зонами. В этом свете, как правило, требуется запроектировать несколько типов дорожной одежды в пределах одного объекта. Это касается и состава асфальтобетонных смесей.

По нашим представлениям, предпочтительнее на верхних слоях износа применение ЦМА, так как он

менее подвержен процессам старения, чем традиционные асфальтобетоны (по простой причине, что в его рецептах в процентном соотношении битума чуть меньше).

Последние нормы объемного проектирования («Суперпейв» и т. п.) позволяют подобрать такие рецепты смесей, которые максимально эффективно работают в большем температурном диапазоне, с учетом проектного количества прилагаемых нагрузок. Но это, в свою очередь, требует четкого соблюдения целого ряда физико-механических характеристик исходных составляющих: качественной, современной лаборатории и грамотных инженеров АБЗ, щебня, минерального вяжущего, битума, добавок, соблюдения проектного способа укладки, количества проходов катков и их веса для обеспечения именно оптимального уплотнения и исключения «раздавливания» щебеночного каркаса, строгого контроля на всех этапах работ.

Поэтому ответ прост: наиболее эффективны правильно запроектированные и качественно уложенные асфальтобетонные смеси со 100%-м соблюдением всей технологической цепочки изготовления и 100%-м соответствием исходных составляющих нормам, проекту и рецептуре. Именно 100%, без перебора и недобора — с точностью, как в аптеке.

Леван Алибегашвили:

— В последнее время мы отдаем предпочтение покрытию из ШМА. Оно дает высокий коэффициент сцепления, что очень важно в горных условиях на уклонах. Благодаря высокому содержанию щебня у него прочный каркас, оно хорошо зарекомендовало себя в наших условиях.

При этом в условиях частого перехода через ноль очень важен подбор марки битума, который бы обеспечивал пластичность асфальтобетона зимой и не давал бы ему размягчаться при высоких температурах летом.

Насколько сооружение противолавинных галерей повышает стоимость строительства? По каким принципам следует выбирать места для их устройства? Достаточно ли актуальна нормативно-техническая база для их проектирования?

Анатолий Пичугов:

— Любое дополнительное искусственное сооружение на автомобильной дороге ведет к ее удорожанию,

которое, однако, является обоснованным, когда обеспечивает самое главное — безопасность дорожного движения.

Места для устройства противолавинных или противообвальных галерей выбираются по итогам многолетних наблюдений за территориями, подверженным обвалам, оползням, сходам снежных лавин.

Что касается нормативной базы, то можно отметить следующее: в настоящее время одновременно действуют четыре прямых СП, два ГОСТа, несколько ОДМ, РД, методических рекомендаций, помимо многочисленных ТУ, регламентов, типовых альбомов. Кроме того, как уже отмечено, СТУ для конкретного проекта позволяют не только исключить разночтения и ошибки этих документов, но и ввести элементы норм ЕС, США и других стран, где проектирование и строительство находится на более высоком уровне, а также узаконить новые методики.

Леван Алибегашвили:

— Для горной трассы «Север — Юг» протяженностью 213 км и стоимостью \$683,4 млн мы запроектировали две лавинозащитные галереи арочного закрытого типа на монолитном железобетонном фундаменте. Ширина проезжей части принята для дороги II технической категории с учетом уширения на кривой и составляет 12,5 м, с обеих сторон предусмотрены технологические тротуары по 0,75 м, общая длина — 249 м. Были запроектированы также три эстакадных моста для пропуска лавин, общая длина — 498 м. В целом удорожание составило 3%.

Альтернативой «серпантинам» являются трассы, которые проходят напрямую сквозь горные массивы и в составе которых большое количество эстакад и тоннелей. Понятно, что стоимость строительства таких магистралей очень велика. Возможно ли привлечь частный бизнес к реализации подобных проектов?

Анатолий Пичугов:

— Разница между «серпантином» и горным «хайвеем» — практически как между счетами и компьютером. Если есть прогнозируемый трафик, известны и привлекательны величина выгод и сро-

ки окупаемости, то проект будет интересен частному бизнесу. Мировая практика показывает высокую эффективность вложения частных инвестиций в подобные сооружения.

Я считаю, что для России, где ни одного такого проекта еще не реализовано, сейчас важно накапливать технологический, временной, инженерный опыт строительства современных дорог в горной местности за счет бюджетных средств именно на начальном этапе. Это поможет минимизировать и просчитать риски для частного капитала и, как следствие, повысить интерес и понимание со стороны инвестора. Стоит также отметить, что отечественные экономисты уже сейчас могут грамотно просчитать финансовые модели, если работают в тандеме с квалифицированными проектировщиками, обладающими творческим и нестандартным подходом к созданию такого интеллектуального и сложного объекта, как современная автомобильная дорога в горной местности.

Леван Алибегашвили:

— Мы устроили на автодороге «Север — Юг» эстакадные мосты длиной 360 и 1040 м. В очень сложных условиях ими были заменены два ранее запроектированных тоннеля длиной 185 и 786 м. Это оказалось экономически выгоднее, а строительство велось за счет внешних инвестиций. ГЧП организовать пытались, но пока не получилось.

Александр Удовиченко:

— Говоря о дороговизне тоннелей и эстакад в горах, хотелось бы уделить внимание одному новому масштабному проекту. В последнее время в СМИ довольно часто обсуждаются планы по реконструкции федеральной трассы А-147 «Джубга — Сочи». Изначально речь шла фактически о строительстве дороги-дублера: о переносе ее с береговой полосы в предгорья и выносе за пределы населенных пунктов.

Как известно, первый предложенный вариант был отвергнут в связи с очень высокой стоимостью реализации проекта. Но, справедливости ради, следует отметить, что, с учетом изученности района, проектных наработок (в основном института «СевкавгипродорНИИ») прошлых лет, а также природных, грунтовых и гидрогеологических условий, это все-таки не БАМ, и проблем, сравнимых с Северомуйским тоннелем, здесь не предвидится.

Вместе с тем, судя по противоречивым сообщениям тех же СМИ, решение, как строить, в Росавтодоре и Минтрансе обсуждают уже с десяток лет, однако все еще не на основе полноценного, прошедшего публичные слушания на уровне профессионалов и Государственную экспертизу, утвержденного технико-экономического обоснования.

Вот год назад министр транспорта РФ, называя ранее отклоненный проект «достаточно сложным технологически и финансово», говорил о возможности альтернативных вариантов — в частности, в эстакадном исполнении. При этом возникает вопрос: должны ли работники министерства сами «обдумывать альтернативные варианты» — или их задача все-таки заключается в организации работ со стопроцентно положительным результатом, выполняемых профессионалами того или иного конкретного направления?

На практике пока получается, что есть только романтическая идея создать (как выразился один федеральный чиновник) «российский Лазурный берег», построив «красивую, большую автодорогу».

Но, признавая для нашего курортного региона необходимость нормальной транспортной связи, следует учитывать: за реальным французским Лазурным берегом располагается сеть автомобильных дорог, которая примерно в 20 раз плотнее, чем прилегающая к Черноморскому побережью Краснодарского края.

Строительство трассы-дублера, пусть очень даже комфортной, не исключает необходимости в альтернативных подъездах к береговой зоне. И это не отдаленная перспектива в ожидании бюджетного триллиона. Они объективно необходимы сегодня как Большому Сочи, так и курортам Кавминвод, Карачаево-Черкессии, всем предгорным районам с оздоровительными и туристическими объектами.

При этом представляется совершенно очевидным, что строительство, например, конкретно трех альтернативных подъездов, а именно Майкоп — Туапсе, Черниговская — Дагомыс, Черкесск — Адлер (Красная Поляна), уже значительно уменьшит транспортную нагрузку на автодорогу Джубга — Сочи. Следовательно, приведение ее к нормативному состоянию потребует существенно меньших объемов работ и затрат. В этом случае эстакадный вариант на отдельных участках с экономической точки зрения может быть вполне доступным и востребованным. ■