

Особенности работ на косогорных участках

Основные типы конструкций земляного полотна на косогорах и оползневых склонах

Проложение трассы дороги в сильнопересеченной горной местности с учетом отказа от резкого сечения рельефа в качестве основного типа земляного полотна включает насыпи на склонах, а также земляное полотно в полке. Расположение земляного полотна на склонах во многих случаях связано с пересечением оползневых участков.

Конструкции земляного полотна на косогорах обосновывают расчетами с учетом устойчивости косогора (склона) как в природном состоянии, так и после окончания строительства.

На устойчивых горных склонах крутизной более 1:3 земляное полотно, как правило, располагают в полке, врезанной в косогор. При определенных условиях, которые зависят от инженерно-геологических особенностей косогора (склона) и комплекса инженерных решений самой трассы автомобильной дороги (подходы к искусственным сооружениям, специальные конструкции и т.п.), насыпь располагают на склоне под защитой удерживающих сооружений.

На склонах крутизной 1:10-1:5 земляное полотно проектируют в виде насыпи без устройства уступов в основании. При крутизне склонов от 1:5 до 1:3 земляное полотно рекомендуется сооружать в зависимости от конкретных условий проложения трассы в виде насыпи, полунасыпи-полувыемки либо в полке. В основании насыпи и полунасыпи-полувыемки следует устраивать уступы шириной 3-4 м и высотой до 1 м.

Комплекс общих требований при этом включает:

- согласование с ландшафтом и эстетические требования;
- сохранение и защиту окружающей геологической среды;
- обеспечение устойчивости откосов и особенно склонов, которые, собственно, определяют возможность и характер размещения насыпей на них.

На стабильных склонах насыпь не должна снижать их устойчивость как в процессе строительства, так и в период эксплуатации. Это требование может быть обеспечено только на основе инженерно-геологической оценки системы насыпь-склон.

Конструкцию земляного полотна необходимо запроектировать таким образом, чтобы не допустить разрушений низовых откосов; возможности смещения насыпи по поверхности склона; разрушающего воздействия поверхностных и подземных вод с верховой стороны насыпи на ее общий водный режим и режим самого склона.

С точки зрения эстетических требований целесообразно, предусматривая согласованный с конкретным ландшафтом архитектурный облик всей дороги, располагать земляное полотно (при наличии разделительной полосы) в разных уровнях (ступенчатое расположение проезжих частей). Подобное рациональное и экономичное решение обеспечивает не только эстетически воспринимаемый вид дороги, но и позволяет в значительной степени повысить устойчивость земляного полотна против сползания по склонам и косогорным участкам; снизить подверженность размыву откосов земляного полотна; уменьшить общий объем земляных работ.

В горной местности, где основным типом становится земляное полотно, располагаемое в полке, возрастают требования к устойчивости откосов, поскольку при их разрушении возможны не только традиционные случаи снижения безопасности движения (например, уменьшение ширины проезжей части, ограничение скорости), но аварийные и даже катастрофические ситуации.

Здесь должны быть решены следующие задачи:

- размещение земляного полотна на наиболее благоприятных по напластованию и выходу коренных пород элементов рельефа и с минимальной мощностью делювиальных и элювиальных отложений на них;
- обеспечение долговечности верховых и низовых откосов;
- надежное сочленение насыпной и естественной частей всей конструкции земляного полотна.

В случае широкого земляного полотна для многополосных автомагистралей целесообразно раздельное их размещение в пределах одного или нескольких элементов рельефа. При этом возможно значительное смещение по высоте. Удовлетворение требований, предъявляемых к устойчивости и надежности земляного полотна автомобильных дорог в горной местности, практически невозможно без рассмотрения принципов выбора рациональных типов противооползневых конструкций (подпорных стен, композиций из армогрунта, буронабивных свай и других типов).

Эстетические требования заключаются в согласовании горных дорог с ландшафтом, в оформлении обнаженных скальных и грунтовых откосов и элементов удерживающих противооползневых конструкций, обеспечивающих устойчивость земляного полотна и геологической среды.

С точки зрения эстетических требований целесообразно, предусматривая согласованный с конкретным ландшафтом архитектурный облик всей дороги, располагать земляное полотно (при наличии разделительной полосы) в разных уровнях (ступенчатое расположение проезжих частей). Подобное рациональное и экономичное решение обеспечивает не только эстетически воспринимаемый вид дороги, но и позволяет в значительной степени повысить устойчивость земляного полотна против сползания по склонам и косогорным участкам; снизить подверженность размыву откосов земляного полотна; уменьшить общий объем земляных работ.

Наиболее сложный случай - расположение земляного полотна, когда трасса автомобильной дороги неизбежно пересекает оползневые склоны. В практике встречаются три возможных варианта пересечения оползней: возле подошвы (языковой части) оползня; его средней и верхней частей.

Конкурирующим вариантом по отношению к конструкциям земляного полотна на оползневом склоне здесь целесообразно рассматривать эстакадные решения, особенно в тех случаях, когда автомобильная дорога пересекает оползень небольшого протяжения перпендикулярно его оси при возможности заглубления опор в устойчивые коренные породы.

Пересечение оползней эстакадами является весьма удобным способом прохождения активных оползней, но не предусматривает (практически исключает) защитные мероприятия по стабилизации самого склона и расположенных на нем или вблизи него дорожных объектов. По этой причине в ряде случаев эстакадный вариант не находит широкого применения.

Указанное не исключает использования эстакадного варианта пересечения оползней, стабилизация которых известными методами нецелесообразна и неэффективна (например, крупных оползней-потоков).

Принципы и характер расположения земляного полотна на оползневых склонах прежде всего зависят от типа оползня, его механизма, динамики и расчетной сферы взаимодействия с участием автомобильной дороги. Основное требование заключается в том, чтобы земляное полотно на оползневом склоне в период строительства и эксплуатации не вызывало активных подвижек склона, способствовало его стабильности и устойчивости. Кроме того, от рационального расположения земляного полотна и его типа (насыпь, выемка) на оползневом склоне во многом зависят состав и объем наиболее дорогостоящих удерживающих противооползневых конструкций, без которых практически невозможно обеспечить устойчивость ни дороги, ни оползневого склона. Общих рекомендаций для весьма разнообразных оползневых условий здесь нет, однако целесообразно руководствоваться следующими основными требованиями.

Недопустимо размещать высокие насыпи в верхней и средней частях оползневого склона, так как это связано со значительной его пригрузкой, снижением устойчивости и последующей активизацией. Проектирование и устройство насыпи в подошве сыграют положительную роль в стабилизации оползня - устойчивость склона резко возрастает. При этом необходимо учитывать характер поверхности смещения в зоне ее выхода у подошвы (крутизну, глубину) и характеристики прочности в этой зоне, особенно значения угла внутреннего трения. Следует отметить, что именно в тех случаях, когда невозможно избежать расположения насыпи в верхней и средней частях оползневого склона, целесообразно предусматривать эстакады или виадуки (если можно обеспечить устойчивость их опор).

Выемки нежелательны в любой части оползневого склона, но наибольшую опасность они представляют в его нижней и средней частях, так как неизбежно вызовут активизацию оползня.

Устройство выемок в верхней части оползневого склона в меньшей степени отражается на снижении его устойчивости, но требует повышенного внимания к обеспечению устойчивости откосов и низовой части склона.

Принципы обеспечения устойчивости определяются типом и характером расположения земляного полотна на местности, его плановым и высотным взаимодействием с элементами рельефа в районе проложения трассы и устойчивостью этих элементов.

Многообразие вариантов расположения земляного полотна на элементах рельефа или в их среде, а также степени их устойчивости требует определенного подхода к назначению принципа обеспечения устойчивости рассматриваемой системы в целом и ее отдельных элементов.

Целесообразно выделить следующие основные принципы обеспечения устойчивости:

- устойчивость системы «земляное полотно - элемент рельефа» не требует обеспечения устойчивости элементов рельефа как в процессе строительства, так и при дальнейшей эксплуатации дороги;
- устойчивость системы может быть обеспечена только в случае обеспечения устойчивости взаимодействующих с ней элементов рельефа;
- для требуемой стабильности и эксплуатационной надежности системы необходимо обеспечить устойчивость конструктивных элементов земляного полотна и взаимодействующих с ним элементов рельефа.

В практике проектирования и строительства автомобильных дорог в оползневых районах может быть использован один из указанных принципов или их комплекс.

Выбор принципа обеспечения устойчивости системы «земляное полотно-элемент рельефа» должен базироваться на анализе результатов оценки устойчивости, когда выявлены основные причины и факторы, которые уже вызвали оползневые процессы или могут способствовать их проявлению, определено значение оползневого давления.

Предупреждающие мероприятия, назначаемые в процессе проектирования дороги, должны базироваться на рекомендациях, полученных в результате инженерно-геологического анализа и отражающих возможность обеспечения устойчивости откосов и склонов достаточно простыми решениями и конструкциями, гарантирующими в то же время устойчивость всей системы в течение длительного периода. К числу таких решений относятся также предложения о целесообразности пересечения трассой оползневых участков или отказ от строительства на них либо возможность их прохождения при помощи эстакад и виадуков. Защитные и предупреждающие мероприятия в ряде случаев могут оказаться технически и экономически более приемлемыми, чем конструктивные решения, однако при условии, если они полностью удовлетворяют требуемому принципу обеспечения устойчивости системы в целом.

Использование предупреждающих мероприятий во многом определяется искусством и опытом проектировщика и инженера-геолога, которые должны быть хорошо осведомлены о конкретных условиях района строительства, знать природу и причины развития оползней в нем или возможных форм нарушения устойчивости откосов, а также иметь данные об эффективности предлагаемых решений на эксплуатируемых дорогах в аналогичных условиях.

Уменьшение сдвигающих сил в большинстве случаев как в отечественной, так и зарубежной практике основано на снижении крутизны склонов и откосов земляного полотна; применении дренажа; уменьшении веса грунта как материала для сооружения насыпей; рациональном расположении насыпи на склоновом участке, в том числе и оползневом.

Такие решения базируются на преимущественно гравитационном характере сдвигающих сил, так как они зависят от веса грунта и заключенной в нем воды. Указанные решения конкретизируются в виде индивидуальных проектов для каждого отдельного случая в зависимости от типа земляного полотна, степени устойчивости склона (как элемента рельефа), общей оползневой обстановки. Не останавливаясь подробно на характере решений, связанных с изменением крутизны склонов и откосов (уположение, разгрузка оползневого тела, устройство берм и т. п.) и устройством дренажа, укажем на использование в зарубежной практике строительства дорог методов, основанных на уменьшении веса грунта (для снижения сдвигающих сил путем применения легких материалов).

Установлена, например, целесообразность устройства насыпей на оползневых склонах и неустойчивых основаниях из котельных шлаков, различных зол, капсулированных древесных опилок, выветрелых сланцев, ракушечника. В последнее время для снижения веса насыпей и уменьшения напряжений в их основаниях используют полистироловые плиты, что предотвращает развитие оползневых подвижек в склонах и обеспечивает устойчивость основания.

Увеличение удерживающих сил используется в качестве основной группы мероприятий, особенно в тех случаях, когда система «земляное полотно - элемент рельефа» представлена в виде системы «насыпь - оползневой склон».

В отечественных и зарубежных источниках указывается, что развитие оползней, приводящих к нарушениям устойчивости склонов и откосов, может быть обусловлено: увеличением активных сдвигающих сил; уменьшением сил сопротивления (в том числе прочностных и реологических характеристик грунта); одновременным воздействием указанных факторов. В связи с этим в рамках третьей группы мероприятий существуют два варианта, которые могут быть использованы для принципиального решения возникающих в процессе проектирования и строительства задач: использование внешних удерживающих сил для компенсации и сбалансирования сдвигающих напряжений в склонах и откосах, а также для активного им противодействия; увеличение прочности грунтов.

Выбор одного из них или разумное и целесообразное комбинирование конструктивных решений осуществляются на основе рассмотрения, анализа и технико-экономического сравнения вариантов. Такие варианты включают независимо от конкретных способов увеличения удерживающих сил два основных направления: приложение удерживающих внешних сил в пассивных зонах склона или откоса и повышение прочности грунта в активных зонах, в том числе и в зоне фактического активного смещения оползневых грунтов. В первом случае используют противооползневые конструкции удерживающего типа, а во втором - дренаж, химическое закрепление, электроосмос, термическую обработку и другие решения. В качестве примера комбинирования конструктивных решений из числа указанных способов можно привести варианты противооползневых удерживающих сооружений в сочетании с дренажом и поверхностным укреплением.

Особенности возведения земляного полотна на косогорах и оползневых склонах

Общие положения. Строительство земляного полотна автомобильных дорог в горной местности осложняется, как правило, тем, что в местах проложения трассы существуют крутые склоны с интенсивным проявлением экзогенных процессов (оползни, обвалы, вывалы, осыпи) на определенном участке малой протяженности. В связи с этим рекомендуется при составлении проекта производства работ (ППР) учитывать инженерно-геологические особенности участка или группы участков, которые различаются по указанным признакам. Рекомендуется назначать технологию производства работ по сооружению земляного полотна, учитывая особенности конструкции насыпи или выемки, региона строительства в целом, строение склона (косогора) и свойства слагаемых пород.

В ППР необходимо предусмотреть комплекс технологических мероприятий, обеспечивающих устойчивость природных склонов и откосов выемок в процессе строительства и последующей эксплуатации дороги.

При разработке ППР, выборе технологии, машин и метода буровзрывных работ учитывают наличие трещин в разрабатываемом массиве и характер слоистости осадочных пород.

Наличие трещин в скальных изверженных породах снижает устойчивость склонов и откосов выемок. Падение трещин под углом более 35° в сторону дороги способствует возникновению оползней, обвалов, вывалов уже в процессе производства работ. Безопасным является падение трещин в сторону массива.

Слоистость приводит к ослаблению массива в склонах и откосах, особенно при их подрезке или подработке.

С увеличением угла встречи простирания слоистости с продольной осью дороги устойчивость откосов и склонов резко возрастает. Наиболее устойчивое положение угла встречи напластования по отношению к оси дороги будет 90° . При совпадении азимута простирания слоистости с направлением оси дороги подрезаемые или подрабатываемые склоны и откосы выемок разрушаются только по плоскостям напластования.

При строительстве дорог в горных условиях основные трудности связаны с разработкой скальных пород, сокращением фронта работ, ограниченной транспортной доступностью рабочей зоны, перемещением, разравниванием, уплотнением крупнообломочных грунтов, отделочными работами.

На всех этапах производства работ должны постоянно приниматься меры на откосах и склонах для предупреждения геодинамических явлений (оползни, осыпи, лавины и т. п.), которые могут представлять опасность для работающих людей, техники, сооружений. В этих целях до начала работ, а также в процессе разработки горных склонов должно быть организовано постоянное наблюдение за устойчивостью как отдельных скальных обломков, так и всего склона с верховой стороны. В случае обнаружения признаков неустойчивости должны быть немедленно приняты меры безопасности, например, подрывание и удаление нависающих каменных глыб. При наличии действующих оползней, интенсивных обвалов, крупных вывалов буровзрывные работы выполняются только для рыхления мелкошпуровыми зарядами.

Работы по сооружению земляного полотна на косогорах, устойчивых и оползневых склонах включают:

- подготовительный комплекс, связанный с разбивочными работами, снятием растительного грунта; устройство построечного водоотвода, стоянок для размещения техники, специальных противооползневых сооружений;
- основные работы по сооружению земляного полотна, располагаемого на различных элементах склонового рельефа или в его среде и комплекс противооползневых мероприятий.

Следует иметь в виду, что выбор технологии связан также с необходимостью разработки делювиальных, скальных или полускальных пород, а также их использования в виде крупнообломочных грунтов для отсыпки насыпей. Последнее зависит от прохождения трассы в условиях сильнопересеченной местности.

Сооружение насыпей и выемок. Сооружение земляного полотна в горной местности включает устройство следующих конструкций в зависимости от условий проложения трассы в конкретном регионе и районе горной местности, их гипсометрических, геоморфологических и инженерно-геологических особенностей: земляное полотно в полке, полунасыпь-полувыемка, выемка в скальном массиве, насыпь из скальных или крупнообломочных грунтов.

Выбор технологии разработки выемок и сооружения насыпей определяется конструктивными особенностями земляного полотна, категорией скальных пород по трудности их разработки, источниками получения скального или крупнообломочного грунта для земляного полотна насыпей.

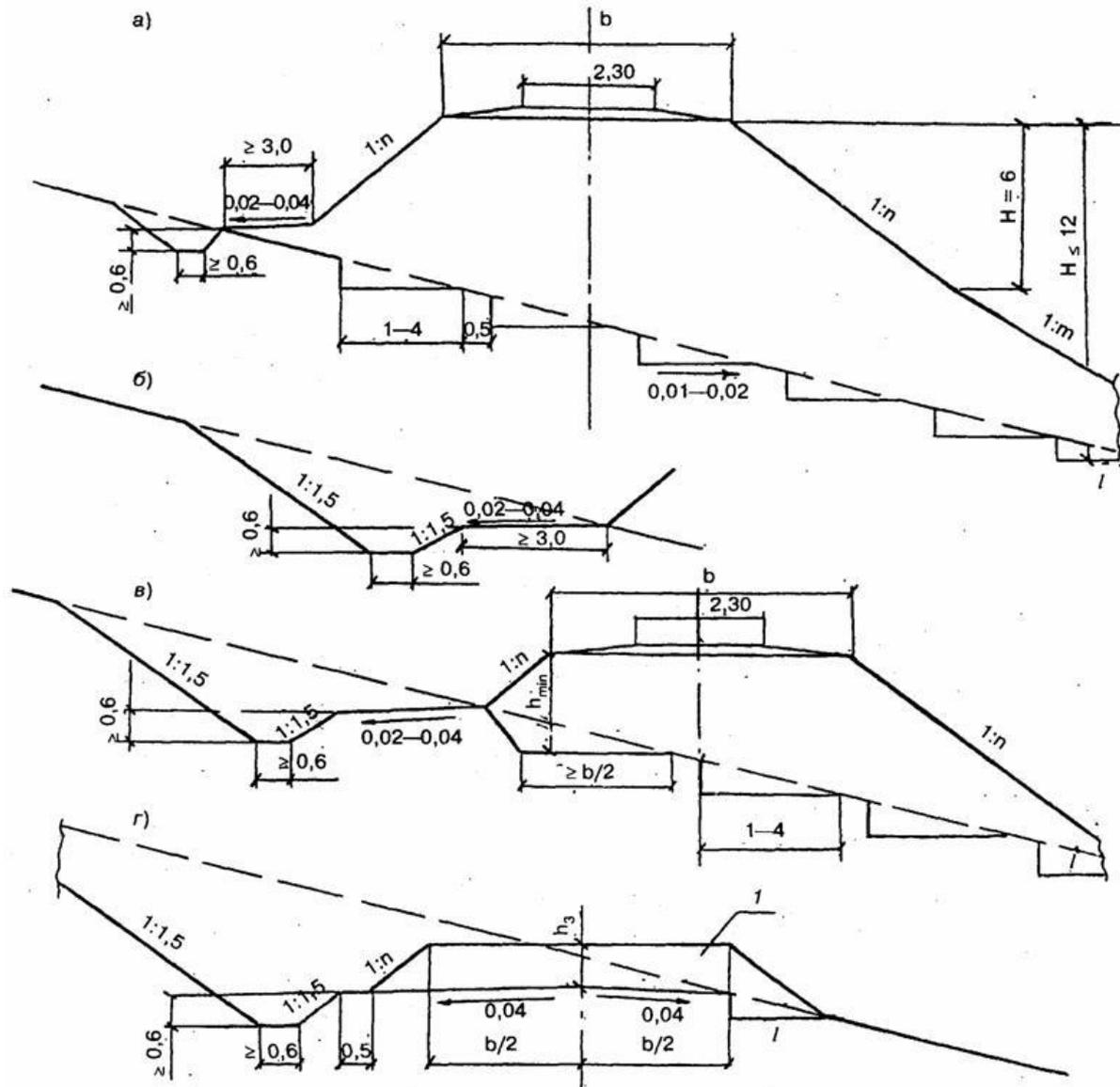
Сооружение земляного полотна в полках на прижимных участках с крутизной склона более 1:3 в скальных породах выполняют путем взрывания с последующей экскавацией взорванной массы, ее транспортировкой на участки насыпи. При наличии на склонах делювиальных отложений земляное полотно в полке разрабатывают путем первоначальной подрезки склона мощными бульдозерами класса 250-300 тс с последующей доработкой экскаваторами и транспортировкой крупнообломочных грунтов автосамосвалами.

Сооружение насыпей и выемок на косогорах крутизной 1:3 и более выполняется методом последовательного нарезания полок для выемок или полувыемок или уступов в основании насыпи. Нарезание уступов (полок) выполняется, как правило, начиная с верхнего яруса. При обеспеченной устойчивости откоса и необходимости создания проезда для ведения буровых работ первая полка вырабатывается на уровне нижней бровки выемки (полки).

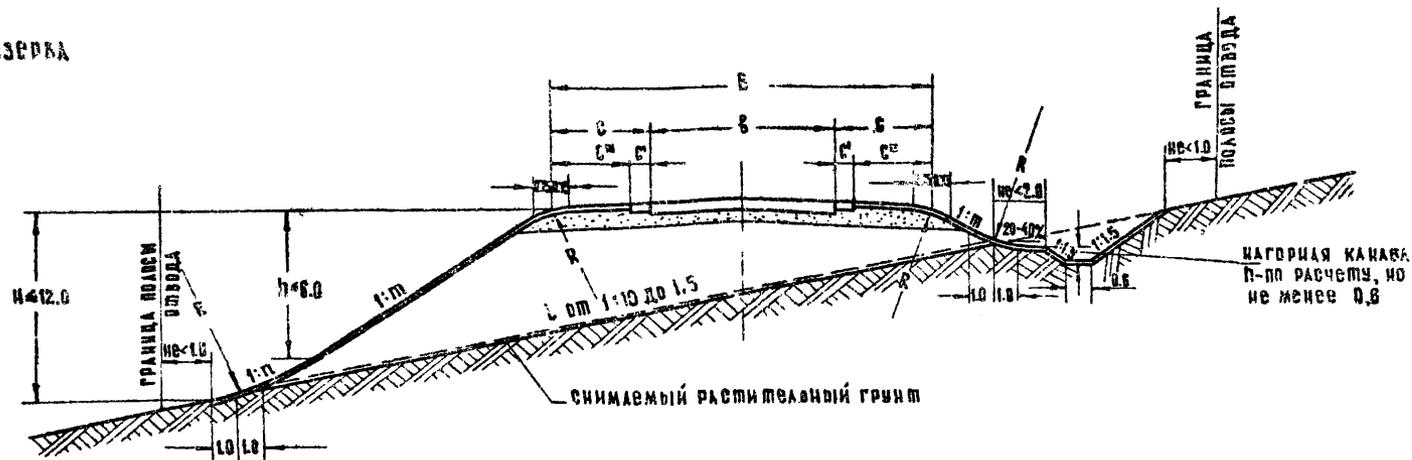
Разработку выемок в скальных породах ведут сразу с небольшим перебором во избежание последующей трудной и дорогостоящей работы по снятию недовыбранного тонкого слоя скальных грунтов. Выравнивают земляное полотно до проектных отметок мелким рваным камнем и щебнем.

Разработку выемок в делювиальных грунтах, размягчаемых и сильно выветрелых разборных, трещиноватых породах рекомендуется выполнять по схеме «скользящей полки», когда после осуществления пионерной траншеи-забоя, необходимой для размещения и безопасной работы экскаватора, к нему сверху вниз грунт разрабатывается и перемещается мощными бульдозерами класса 250-300 тс. При помощи экскаватора происходит последующая доработка грунта и его погрузка в транспортные средства с перемещением на участки сооружения насыпей.

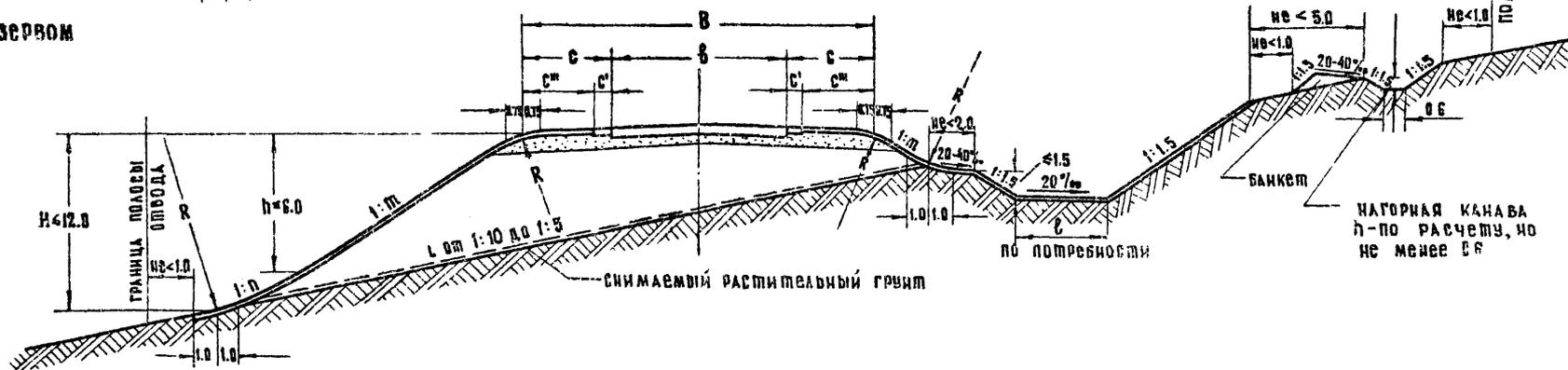
Типовые поперечные профили земляного полотна



А. без резерва



Б. с резервом



Упорные и подпорные стенки



Работа на косогорном участке

