Лекция № 2

**Основные принципы технологии возведения земляного полотна.**

**Устойчивость земляного полотна.**

Земляное полотно является одним из основных инженерных сооружений автомобильной дороги — фундаментом дорожной одежды.От его устойчивости зависят долговечность дорожной одежды и её основные эксплуатационные качества — ровность и прочность.

На полотно действуют ***динамические***\_и ***статические*** нагрузки от подвижного состава; *собственный вес полотна* и *комплекс природных факторов* (климатических, гидрологических, гидрогеологических).

*При неблагоприятном сочетании этих воздействий* теряется ***устойчивость полотна***; ***нарушается ровность и прочность дорожной одежды,*** что вызывает ***снижение скорости движения*** и ***грузоподъёмности транспорта***; ***уменьшается пропускная способность и увеличивается ce6eстоимость*** перевозок грузов и пассажиров. Значительные деформации земляного полотна могут привести к разрушению дорожной одежды.

Устойчивость земляного полотна обеспечивается рационально проектируемыми конструкциями и технологией строительства. Прочность грунта, созданная при строительстве полотна, вследствие колеба­ния влажности и температуры изменяется в процессе эксплуатации дороги. Поэтому для обеспечения устойчивости полотна технологическим способом необходимо знать условия его работы в период эксплуатации.

Устойчивость земляного полотна зависит от характера и вели­чины нагрузок, водно-теплового режима (изменения влажности и температуры полотна по глубине, во времени), рода грунтов и условии их сложения.

Статические и динамические нагрузки от подвижного состава и собственного веса полотна и одежды создают напряжения внутри земляного полотна, которые способствуют образованию деформаций.

Наиболее вероятно образование деформаций в пределах активной зоны, в которой напряжения от нагрузки транспорта и дорожной одежды больше напряжений от собственного веса. Для современного автомобильного движения глубина активной зоны составляет в среднем 1,6-2,0 метра.

Большое влияние на устойчивость земляного полотна оказывает водно-тепловой режим.

На полотно действует несколько источников увлажнения: атмосферные осадки, грунтовые воды, вода со стороны канав, водяной пар.

Физико-химические взаимодействия воды с твердой фазой грунта изменяют содержание жидкой, твердой и газообразной фаз.

Это обуславливает изменение прочности грунта в годовом цикле. В зависимости от мощности источников увлажнения, рода грунта, состава и интенсивности автомобильного движения в 1-м цикле возможны вертикальные смещения одежды (осадки). ...

Цикл 2-й характерен промерзанием полотна и интенсивным влаго- и теплообменом в слое *h.* При понижении температуры толщина водных пленок, обволакивающих грунтовые частицы, начи­нает уменьшаться вследствие превращения воды в лед. Пленки с меньшей толщиной удерживаются с большей молекулярной силой и могут присоединить к себе дополнительное количество влаги.

Температура в слое *h* непрерывно изменяется. В верхней части полотна температура ниже, льдообразование интенсивнее, тол­щина водных пленок меньшая, потенциальная энергия влагонакопления большая. В нижней части, полотна температура выше, льдообразование меньшее, толщина водных пленок большая, потен­циальная энергия влагонакопления меньшая. Поэтому тепло и влага перемещаются из нижних талых горизонтов в верхние мерзлые. Увеличение влажности способствует уменьшению плотности и уве­личению прочности мерзлого грунта. Интенсивное влагонакопление и промерзание могут вызвать пучение грунта, т. е. деформирова­ние его за счет увеличения объема поровой воды на 9% при промерзании.

В 3-м цикле грунт полотна оттаивает сверху на глубину и частично снизу на *h'o.* Влага при оттаивании грунта скапливается над мерзлой водонепроницаемой плоскостью, что увеличивает влажность верхней оттаявшей части грунта. При этом отмечается максимальная сезонная влажность грунта *Wmax* и минимальная сезонная плотность 8тщ и прочность £ Это создает наиболее вероятные условия для нарушения устойчивости полотна.

В 4-м цикле грунт просыхает, влажность уменьшается, и нарас­тают плотность и прочность' грунта.

В зависимости от условий увлажнения в наиболее неблагоприят­ный период года (3-й цикл) эпюры влажности грунта в активной зоне полотна, характеризующие прочность и деформируемость грунтового основания, могут иметь различный вид.

Значительное влияние на устойчивость полотна оказывает род грунта, его генетические и морфологические признаки и усло­вия сложения (слоистость, наклоны слоев, естественное или искус­ственное сложение).

Некоторые грунты имеют высокую естественную влажность. При увлажнении они очень размокают и под действием нагрузок теряют устойчивость. Это ограничивает их применение. К таким грунтам относятся:

- ***илы и илистые грунты*** — в естественном состоянии имеют влажность, превышающую границу текучести, малую прочность и большую сжимаемость они непригодны .для возведения-полотна;

- ***торфы*** — в естественном состоянии имеют высокую влажность (200% и выше), они очень сильно деформируются, непригодны для возведения земляного полотна.

Устойчивость полотна также нарушается, когда при его возведении слои отсыпаются не горизонтально, а наклонно. В таком случае при увлажнении под действием нагрузок происходит скольжение наклонных слоев.

Устойчивость полотна может нарушаться при неоднородной отсыпке грунтов с различными физико-механическими свойствами. Наличие в полотне различных грунтовых конгломерации обуслав­ливает неоднородность водно-теплового режима. В этом случае в отдельных местах возможно интенсивное влагонакопление и обра­зование просадок и впадин.

Приведенные выше особенности грунтов следует учитывать при разработке технологии возведения земляного полотна.

Технология возведения земляного полотна существенно влияет на егоустойчивость. Нарушение технологии может привести к деформациям земляного полотна в целом, как грунтового массива или к местным деформациям грунтового основания.

**Механизация строительства земляного полотна.**

***Виды и последовательность земляных работ.***

Работы по сооружению земляного полотна осуществляются на основе разработанных и утвержденных ***ПОС*** и ***ППР*** в *установленные сроки, с высоким качеством, наименьшей стоимостью и трудоемкостью.*

Все земляные работы выполняются в определенной технологической последовательности, обеспечивающей рациональное использование ма­шин и транспортных средств и высокую устойчивость земляного полотна. Технологический процесс включает в себя ***подготовительные, основные, планировочные, отделочные и укрепительные работы***.

***В состав подготовительных работ входят***:

- восстановление и закрепление трассы дороги, полосы отвода и места размещения карьеров;

- расчистка полосы отвода и поверхности резервов от леса, пней, кустарника, крупных камней и других предметов;

- разбивка земляного полотна — установка колышков с высотными от­метками, определяющими проектные границы и очертания будущих насыпей, выемок, водоотводных сооружений, резервов и кавальеров;

- срезка и перемещение дернового покрытия и растительного грунта с поверхности основания насыпей, выемок и резервов;

- подготовка основания насыпей — планировка, осушение, удаление верхнего недоувлажненного слоя, а при необходимости — уплотнение до требуемой плотности;

- устройство временных дорог в карьеры и в места хранения дорожно-­строительных материалов.

***Основные работы включают:***

- устройство водоотводных и дренажных сооружений (боковых, попе­речных, нагорных и т. п.);

- возведение насыпей дорожного полотна;

- разбивку выемок с перемещением грунта в насыпи или кавальеры.

***Планировочные, отделочные и укрепительные ра­боты состоят из***:

- предварительной планировки откосов насыпей и выемок, планиров­ки и отделки резервов;

- устройства присыпных обочин;

- профилировки, окончательной профилировки и укатки поверхности земляного полотна, включая откосы;

- перемещения и распределения на откосах растительного грунта, до­сыпки и уплотнения обочин;

- укрепления откосов посевом трав, укладкой сборных эмульсий и дру­гими методами.

Важное значение имеет своевременное выполнение работ, предотвра­щающих переувлажнение возводимого земляного полотна. С этой целью до начала основных работ основания насыпей должны быть осушены с помощью канав, а при необходимости — дренажей. При сооружении, на­сыпей и разработке выемок следует обеспечить непрерывный водоотвод, не допуская скопления воды вблизи земляного полотна.

Земляные работы отличаются наибольшей неравномерностью распре­деления объемов работ по длине строящейся дороги и разнообразных ус­ловий их выполнения. На пониженных участках местности, а также на сырых и заболоченных местах, земляное полотно устраивают в виде ***насы­пи*** *—* искусственно насыпанного и уплотненного грунта. Отдельные воз­вышения местности срезают, и в этом случае земляное полотно проходит в ***выемке.***Таким образом, размеры и формы земляного полотна зависят от рельефа местности, грунтовых, гидрологических и гидрогеологических условий. Кроме того, на них оказывает влияние заложенная в проект кон­струкция дорожной одежды.

Теоретические исследования и эксплуатация автомобильных дорог привели к разработке определенных форм и размеров земляного полотна в поперечном профиле для различных условий, которые рекомендуются в качестве типовых профилей.

Крутизну откосов земляного полотна определяют из условия устойчи­вости под воздействием собственного веса и проходящих транспортных средств, атмосферных факторов, а также безопасности и удобства производства работ. Крутизну наружных откосов боковых канав и резервов на­значают в зависимости от вида грунта 1:1,5 и менее, а в скальных грунтах от1:0,1до1:1.

Дну резерва придают поперечный уклон от дороги 20 %о, а при шири­не резерва более 6 м, дно может быть двускатным. Продольный уклон дна резерва должен быть достаточным для стока воды.

При наличии неблагоприятных условий земляное полотно возводят по **индивидуальным проектам**. К таким условиям относят ***насыпи*** *высо­той* ***более 12 м****;* ***выемки*** *глубиной* ***более 12 м****; наличие* ***слабых грунтов в основании насыпей****;* ***болота*** *глубиной* ***более 4 м****;* ***оползневые склоны****;* ***пе­ресечения крутых и глубоких балок и оврагов****,* ***избыточно засоленные грунты*** *и т. д.*

В связи с поисками путей по увеличению прочности земляного полот­на и уменьшения объемов насыпи применяют конструкции с армирован­ным земляным полотном. В этом случае модуль упругости фунтов повы­шается ***в 1,5—2 раза***. Армирование производят стекловолокном, уложенным перпендикулярно оси дороги, или сплошным тонким покрытием из тка­ного или нетканого синтетического материала.

Одним из эффективных путей повышения прочности земляного полот­на является применение более прочного материала при его сооружении. Значительно увеличивается прочность грунта при укреплении его различ­ными, даже малоактивными вяжущими материалами (зола, молотый шлак, бокситовый шлам и др.). Введение в грунт небольшого количества цемента или извести повышает его водоустойчивость в несколько раз. Увеличение прочности грунта достигается изменением его влажности и степени уплот­нения. Увеличение плотности вызывает рост прочности грунта.

Земляные работы следует выполнять в наиболее благоприятные пери­оды года, когда грунты находятся в незамерзшем состоянии и влажность отклоняется от оптимальных значений в допустимых пределах. Большое значение имеет и возможность движения землеройно-транспортных ма­шин по землевозным дорогам. Обычно благоприятным временем строи­тельства являются весенне-летний период и часть осеннего периода.

Земляные работы можно производить и зимой, но это обычно требует дополнительных затрат материальных и трудовых ресурсов на очистку от снега, разрыхление замерзших грунтов, на мероприятия по предотвраще­нию промерзания и т. д.

В некоторых случаях промерзание грунтов является положительным фактором и может оказать решающее воздействие на выбор времени для производства земляных работ. Например, в заболоченных районах в лет­нее время проезд транспортных машин по грунтовым дорогам затрудни­телен, а иногда даже невозможен. Поэтому, несмотря на сложность ведения земляных работ зимой, такое решение часто оказывается рациональным или даже единственным.

В зимнее время обычно выполняют часть земляных работ с целью ис­ключения простоя дорожно-строительных машин и высвобождения транс­портных средств от части перевозок грунта летом, когда потребность в них бывает наибольшая. Сроки выполнения этих работ устанавливают с учетом климатических условий, типа грунтов, их влажности и степени промерзания. Количество календарных дней определяют расчетом, исключая особо неблагоприят­ные периоды.

***Классификация грунтов и их физико-механические свойства.***

Под грунтами в строительстве подразумеваются горные породы, обра­зующие поверхностные слои земли и составляющие так называемую кору выветривания, которые могут служить основанием или материалом для различных инженерных сооружений, в том числе автомобильных дорог и аэродромов.

Грунты, используемые для сооружения насыпей, разделяют на четыре основные группы: ***скальные***, добываемые путем разрушения естественных сплошных или трещиноватых скальных массивов;

***крупнообломочные*** — несцементированные грунты, содержа­щие более 50 *%* по массе обломков кристаллических или осадочных пород с размерами частиц более 2 мм;

***песчаные*** — сыпучие в сухом состоянии грунты, не обладающие свойствами пластичности (число пластичности меньше единицы) и содер­жащие менее 50 % по массе частиц крупнее 2 мм;

***глинистые***, обладающие связностью в сухом состоянии, с числом пластичности более единицы. При значительном увлажнении такие грун­ты размокают и теряют прочность.

При возведении земляного полотна и устройстве различных инженер­ных сооружений на автомобильных дорогах наиболее часто приходится иметь дело с песчаными и глинистыми грунтами. Для насыпей использу­ют те грунты, состояние которых под действием природных факторов не изменяется или изменяется незначительно, что не влияет на прочность и устойчивость в земляном полотне.

К ним относятся скальные неразмягчаемые породы, *крупнообломочные, песчаные* (кроме мелких и пылеватых), *супеси* легкие и крупные. ***Эти грунты используют без ограничений***.

Грунты глинистые, мелкие и пылеватые пески, размягчаемые скаль­ные грунты пригодны для сооружения земляного полотна, но при этом имеются некоторые ограничения.

***Не применяют*** ***для насыпей*** грунты:

- глинистые избыточно засоленные;

- глинистые, влажность которых выше допустимой;

- торф, ил, мелкий песок и глинистые грунты с примесью ила и органических веществ;

- верхний по­чвенный слой, содержащий в большом количестве корни растений;

- со­держащие гипс в количестве, превышающем норму.

Кроме грунтов природного происхождения, для насыпей используют отходы промышленности (золошлаковые материалы, отвалы горнодобы­вающей промышленности и др.).

Основным способом разработки грунтов машинами для земляных ра­бот (кроме машин для гидромеханизации) является механический способ, при котором часть грунта или породы от массива отделяется ножевым или ковшовым рабочим органом путем резания, отхода, отрыва, обрушения под действием статических, динамических или виброударных нагрузок.

К основным физико-механическим свойствам грунтов, характеризу­ющим их способность сопротивляться внешним нагрузкам, относятся гра­нулометрический состав, плотность, влажность, пластичность, липкость, разрыхляемость, связность, сопротивление сдвигу.

***Плотность***характеризуется массой единицы объема грунта, взятой в естественном залегании (в плотном теле). Для песчаных и глинистых грун­тов она составляет 1,6—2,0, для скальных — 2,2-3,5 т/м3.

***Влажность***определяется содержанием воды в грунте, измеренным в процентах. Грунты, разрабатываемые строительными машинами, обычно имеют влажность 10-20 *%.*

***Пластичность***— способность грунта изменять, не разрушаясь, свою форму, сохраняемую после снятия нагрузки. Пластичные грунты (***глины, суглинки***) хорошо уплотняются, хорошо заполняют ковшовые емкости, но налипают на рабочее оборудование.

***Разрыхляемостью***называют способность грунтов, пород, материалов при разработке увеличиваться в объеме. Коэффициент разрыхления ***Кр***представляет собой отношение грунта в разрыхленном состоянии к объе­му грунта в естественном состоянии. Для большинства грунтов ***Kр = 1,1 — 1,4***, для мерзлых грунтов и скальных пород ***Кр= 1,5- 1,7.***

На *сопротивление сдвигу грунта* влияет связность (сцепление) и трение грунтов. ***Связность*** характеризует способность грунтов противостоять воз­действию внешних сил. К связным грунтам относятся ***глины***, к несвяз­ным — ***сухие пески***. Трение грунта о металлические поверхности рабочего оборудования (внешнее) и грунта о грунт (внутреннее) оценивается коэф­фициентами трения соответственно ***ц***, и ***щ***: для песка и супеси ***цп =0,5-0,6*** и *цс = 0,6-0,8*, для глины ***цг = 0,3-~0,4*** и ***щг = 0,4-0,5.***

Комплексными показателями для оценки разрабатываемости грунтов рабочими органами строительных машин являются удельные сопротив­ления грунта резанию ***Крез***и копанию ***Ккоп***т. е. ***сопротивления на рабочих органах, отнесенные к площади поперечного сечения вырезаемой струж­ки***. При этом сопротивление копанию включает в себя все сопротивления при разрушении грунта и наполнении рабочего органа, а сопротивление резанию — только сопротивление от вырезания стружки.

Картина процесса копания и набора грунта рабочими органами всех землеройно-транспортных машин и многих землеройных машин в принципеаналогична. Режущие ножи в нижней части рабочих органов отделяют грунт от массива (происходит процесс резания). Вырезан­ный грунт затем захватывается и накапливается рабочими органами. При этом происходят такие явления; как движение грунтовой стружки и образование призмы волочения. Грунтовая стружка поднимается вверх по по­верхности отвалов под призмой волочения — у отвальных рабочих орга­нов или внутри накопляемых масс грунта — у ковшовых рабочих органов. ***Совокупность этих процессов***, включая и резание, ***называют копанием***.

Удельные сопротивления резанию и копанию зависят не только от физико-механических свойств грунтов, но и от типа и параметров рабоче­го оборудования, т. е. являются одновременно как прочностными харак­теристиками грунтов, так и показателями энергоемкости резания и копа­ния. Удельные сопротивления используют при расчетах, испытаниях и исследованиях машин, но ввиду трудоемкости их определения в полевых условиях (сложные силоизмерительные подвески рабочих органов или их моделей, трудоемкие расчеты и замеры объемов грунтовых масс) класси­фикация разрабатываемых грунтов по удельным сопротивлениям реза­нию и копанию затруднена.

В основу принятой классификации грунтов по группам трудности их разработки, предложенной профессором А. Н. Зелениным, положен бо­лее простой показатель — прочность грунтов по числу ударов специального плотномера — ударника ***ДорНИИ***. Ударник ДорНИИ представляет со­бой простейший прибор по типу забиваемого стержня. Стержень погружается в грунт под действием ударов падающей гири. ***Масса гири 2,5 кг***, высота ее падения ***400 мм,*** площадь сечения стержня ***1 см2***, глубина по­гружения ***100 мм***.

Достоинство ударника ДорНИИ — простота оценки прочности грун­та, недостаток классификации грунтов по показаниям ударника Дор­НИИ — условность оценки разрабатываемости грунта по одним прочностным показателям независимо от типа рабочего оборудования. Некоторые исследователи на основе обработки и обобщения результатов экспериментов рекомендуют корреляционные зависимости между числом ударов ударника ДорНИИ и удельным сопротивлением резанию и копа­нию. В практике строительства используют классификацию грун­тов — так называемую производственную классификацию по группам труд­ности разработки механическими способами. Несмотря на качественное описание характеристик грунта в этой классификации, ее применяют при нормировании выработки и расценке строительных работ.

**Машины для выполнения земляных работ**

В зависимости от технологии и организации работ машины для вы­полнения земляных работ делятся на основные и вспомогательные.

***К основным машинам относятся:***

- землеройные, отделяющие грунт от массива и перемещающие его на расстояние, ограниченное конструктивными параметрами рабочего обо­рудования, к этой группе относят экскаваторы;

- землеройно-транспортные, совмещающие разработку (резание) грунта за счет тягового усилия и его перемещение при передвижении, дальность переме­щения грунта в большинстве случаев не зависит от конструктивных парамет­ров рабочих органов, а определяется технико-экономическими соображения **м**, к этой группе относят ***бульдозеры, скреперы, грейдеры, грейдер-элеваторы***;

- погрузочные машины — погрузчики, способные копать грунт, как на месте, так и при передвижении;

- машины для гидравлической разработки грунта, отрывающие его от массива и транспортирующие во взвешенном состоянии в виде пульпы, к этой группе относят ***гидромониторы, землесосы, земснаряды;***

- грунтоуплотняющие машины — различные ***катки, трамбующие виб­рационные машины;***

- вспомогательными являются машины, ***обеспечивающие рабо­ту основных машин;***

- машины для подготовки площадки к работе основного оборудования — ***корчеватели, кусторезы, камнеуборочные и др***.;

- машины для подготовки грунта к разработке — ***рыхлители, буровые машины, оборудование для водопонижения и водоотлива***.

Ряд машин носит ***универсальный характер***, так как они могут выпол­нять разнообразные работы. Так, ***бульдозерами можно*** производить основ­ные и вспомогательные работы (планировать площадки, возводить насы­пи, выемки и т. п.).

Рабочий процесс машин для выполнения земляных работ может быть ***прерывным*** *(цикличным)* и ***непрерывным****.* При цикличном режиме рабочие операции периодически чередуются (например, у одноковшовых экска­ваторов — копание, перемещение грунта, холостой ход и т. д.). У машин непрерывного действия (многоковшовые экскаваторы, землеройные стру­ги, средства гидромеханизации) рабочий процесс протекает непрерывно.

Машины для земляных работ образуют один класс машин, состоящий из групп, перечисленных выше. Внутри каждой группы машины делят на типы. Например, в группу ***землеройно-транспортных*** машин включены ***бульдозе­ры, скреперы и др***., отличающиеся в принципе конструктивной схемой.

Выбор машин для земляных работ зависит от трудности разработки грунта, рельефа местности и гидрогеологических условий, вида и парамет­ров сооружения, транспортных средств для перемещения грунта, распо­ложения сооружений, выемок, насыпей, расстояний между ними и других факторов.