Проф. В. В. Охотин, Г. Ф. Богданов и А. А. Иноземцев

К ВОПРОСУ О ДОРОЖНОЙ КЛАССИФИКАЦИИ ГРУНТОВ

Одной из важнейших задач дорожного грунтоведения является разработка классификации грунтов, основанной на таких их свойствах, которые наилучшим образом характеризуют степень пригодности грунтов в дорожном строительстве. Трудность этой задачи заключается в том, что для успешного ее решения требуется наличие большого материала по изучению дорожных свойств грунтов.

В настоящее время уже имеется ряд классификаций грунтов с дорожной точки зрения, как например классификация бюро общественных дорог в Вашингтоне, классификация ЛАДИ и др. Однако существующие классификации, само собой понятно, не являются совершенством и нуждаются в дальнейшем уточнении и разработке.

В своей работе мы сделали попытку дальнейшего развития дорожной классификации на основании литературных данных и материалов Ленфилиала ДОРНИИ.

Предлагаемая нами классификация характеризует совокупность обломочно-рыхлых горных пород (грунтов), применяемых в дорожном строительстве, и определяет степень их пригодности в дорожном полотне как в основании насыпей и дорожных покрытий, так и в одежде грунтовых дорог.

Вся совокупность грунтов по степени их связности разбита на две категории:

1. Грунты связные или обладающие пластическим сцеплением (сцеплением, уменьшающимся при насыщении водой и восстанавливающимся при уменьшении последней) и

2. Грунты несвязные (сыпучие), практически не обладающие сцеплением.

Обе категории грунтов делятся на группы и классы: в первой при делении на группы главным классификационным признаком взята относительная пористость, а во второй высота капиллярного поднятия.

Деление каждой группы на классы основано на дорожных и физико-механических свойствах грунтов, поскольку последние характеризуют степень пригодности грунта в дорожном деле.

Грунты связные

Связность в грунтах обусловливается наличием в них глинистых частиц. К таковым относится вся совокупность частиц меньше 0,005 *мм*, причем это свойство тем ярче выражено в грунтах, чем

больше в них содержится глинистых частиц и чем большей дисперсностью (тонкостью) обладают эти частицы.

В зависимости от содержания в грунтах глинистых частиц и степени их дисперсности грунты при насыщении их водой не одинаково быстро меняют свою консистенцию. Грунты, богатые глинистыми частицами, переходят из твердого состояния в пластичное и затем в текучее при большом диапазоне изменения влажности; при этом в таких грунтах поступившая в них влага удерживается в большом количестве и трудно удаляется.

В грунтах же с малым содержанием глинистых частиц сравнительно небольшое изменение влажности вызывает значительные изменения их консистенции, но из этих грунтов вода сравнительно легко удаляется.

В зависимости от этого режим грунтов на дороге различен и следовательно различны их свойства как дорожного строительного материала.

Вследствие этого по содержанию глинистых частиц и по свойствам этих частиц, имеющих важное значение в дорожном деле, грунты можно разбить на группы. различно ведущие себя как в дорожном полотне, так и в основании покрытий.

Наряду с изменением содержания глинистых частиц весьма важным свойством для разделения связных грунтов на группы является их коэфициент внутреннего трения. Зависимость последнего от влажности уменьшается с увеличением размера частиц.

Способность грунта расплываться при наличии притока воды находится в теснейшей зависимости от его водопроницаемости, резкое уменьшение которой наблюдается для частиц менее 0,25 *мм*. Частицы мельче 0,25 *мм* обусловливают своим присутствием изменчивость коэфициента трения грунта с увеличением в нем влажности, В противоположность этому частицы крупнее 0,25 *мм* (песчаные частицы) являются инертной частью грунта по отношению к воде и поэтому стабилизирующими своим присутствием консистенцию грунта, подвергающегося влиянию воды, а следовательно и обусловливающими постоянство коэфициента внутреннего трения при различных влажностях. Поэтому отношение песка и пыли к глине в гранулометрическом составе грунта имеет для дорожного строительства большое практическое значение.

Если наличие песчаных и гравелистых частиц обусловливает стабильность коэфициента внутреннего трения, то величина его существенным образом обусловливается величиной пористости грунта или относительной пористостью[1].

Так как коэфициент внутреннего трения является одной из самых существенных характеристик устойчивости грунта, а следовательно и степени пригодности его как дорожностроительного материала, то относительная пористость, как показатель коэфициента внутреннего

[1]. Под относительной пористостью разумеется отношение объема пор в грунте к объему твердой фазы.

трения, является основным классификационным признаком связных грунтов. По этому же признаку грунты разделяются на группы одновременно с разделением их на группы по другим признакам, а именно по содержанию глинистых частиц.

Существенное влияние на дорожные свойства грунтов имеет их состав. Если в первом приближении можно полагать, что минеральные грунты, получающиеся в результате процессов выветривания различных горных пород, будут между собой подобны при одинаковой степени их дисперсности и при одинаковых климатических и гидрологических условиях, то наличие органического вещества в грунтах существенным образом меняет их физико-механические свойства — влагоемкость, упругость, относительную пористость и др., а также и дорожные свойства, и поэтому грунты минерально-органогенные и органогенные должны быть выделены в самостоятельную группу.

Таким образом, связные грунты по их гранулометрическому составу, относительной пористости и наличию органического вещества могут быть разделены на три группы, резко отличающиеся между собой в дорожном отношении, а именно:

1. Минеральные грунты (А) с относительной пористостью менее 0,3, мало снижающие свои дорожные свойства с изменением влажности и являющиеся наиболее пригодными в дорожном деле.

2. Минеральные грунты (Б) с коэфициентом пористости 0,3—0,65, сильно снижающие свои дорожные свойства с увеличением в них влажности и в сильно увлажненном состоянии мало пригодные и в дорожной одежде и в основании и в земляном полотне.

3. Грунты минерально-органогенные и органогенные (В) с относительной пористостью больше 0,65, отличающиеся от минеральных грунтов большой упругостью, большой влагоемкостью и вследствие этого являющиеся мало пригодными как в дорожном полотне, так и в основании покрытй.

Первая группа грунтов (А) по степени пригодности их в дорожных сооружениях разделяется на 4 класса A_1, A_2, A_3, A_4. Во всех классах этой группы глинистая субстанция, обусловливающая так называемую связность, находится в количествах, дающих достаточную цементацию грунта при малых влажностях и в то же время не в таких количествах, чтобы давать большую влагоемкость. Содержанием глинистой субстанции в этих грунтах обусловлены показатели физико-механических свойств—число пластичности, усадка, прилипание и др. Что касается скелетной части грунтов этих классов, то она у них неодинакова. При переходе от класса „A_1“ к „A_2“ и далее крупность скелетной части уменьшается и в классе „A_4“ преобладают уже не песчаные частицы, а крупно-пылеватые. Вместе с этим наблюдается увеличение относительной пористости и уменьшение коэфициента внутреннего трения с увеличением влажности, что влечет за собой ухудшение дорожных свойств грунтов, и грунты класса A_4 уже являются переходными от группы „А“ к группе "Б".

Грунты „Б“ содержат избыток глинистой субстанции, обусловли-

вающей собой большую влагоемкость и свойство грунтов при увлажнении сильно снижать несущую способность.

Влияние скелетной части на дорожные свойства грунтов в отдельных классах этой группы различно. В классе „$Б_1$“ скелетная часть главным образом состоит из песчаных частиц, которые в значительной степени увеличивают стабильность грунтов, а также уменьшают вредное влияние избытка глинистой субстанции.

В грунтах класса „$Б_2$“ скелетная часть главным образом состоит из пылеватых частиц, которые обусловливают их способность к пучинообразованию.

В грунтах класса „$Б_3$“ избыток глинистой субстанции настолько велик, что скелетная часть не оказывает практического влияния на свойства грунтов.

Свойства грунтов группы „В“ в значительной степени обусловливаются наличием органического вещества. В классе „$В_1$“ влияние органического вещества вследствие его сравнительно небольшого содержания (количество его редко превышает 10%) проявляется неполностью и свойства грунтов в значительной степени определяются их минеральной частью.

Грунты же класса „$В_2$“ преимущественно состоят из органического вещества, которое, обладая большой упругостью и влагоемкостью и очень большой относительной пористостью, делает эти грунты непригодными для использования в дорожном полотне и основании.

Несвязные (сыпучие) грунты

В грунтах несвязных глинистая субстанция находится в столь малых количествах, что ее влияние не проявляется и грунты практически не обладают сцеплением. Вследствие этого эти грунты для применения их в проезжей части грунтовых дорог всегда нуждаются в больших или меньших добавках глинистых частиц для придания им необходимой связности.

Дорожные свойства этих грунтов обусловливаются скелетной частью, которая по крупности бывает весьма различна—от иловатой и мелко-пылеватой до гравия.

По способности поднимать капиллярно воду несвязные грунты разделяются на две группы: „Г“ и „Д“.

Грунты группы „Г“ вследствие большой крупности составляющих их частиц обладают большими порами, и капиллярное поднятие воды в них столь мало, что практически не имеет значения.

Большая размерность частиц грунтов группы „Г“ обусловливает в них большой коэфициент внутреннего трения, мало изменяющийся с увеличением влажности, которая к тому же в больших количествах и не может в них удерживаться. Грунты этой группы вполне удовлетворительно работают в основании дорожных покрытий, а при небольших добавках глинистого или другого связующего материала—и в проезжей части грунтовых дорог.

Грунты „Г“ разделяются на два класса „$Г_1$“ и „$Г_2$“. К классу „$Г_1$“

относятся—хрящ, дресва, галька, гравий и гравелистый песок, обладающие свойствами, присущими грунтам группы „Г“ в наибольшей степени. К классу „$Г_2$“ относятся крупнозернистые и среднезернистые пески, в которых свойства эти выражены слабее.

Грунты несвязные, составляющие группу „Д“, обладают заметным капиллярным поднятием, которое в наиболее тонкозернистых разностях достигает большой величины, причем эти грунты уже могут удерживать продолжительное время в себе большие количества воды, снижая при этом резко свои дорожные свойства. Обладая способностью поднимать на значительную высоту по капиллярам воду и сравнительно с большой скоростью, они дают явления пучинообразования, тем резче выраженные, чем более мелкозерниста их скелетная часть.

Коэфициент фильтрации этих грунтов сравнительно невысок, и потому даже при небольшом подпоре воды грунты переходят в плывунное состояние.

По степени выраженности в грунтах данной группы явлений пучинообразования и способности переходить в плывунное состояние они разбиваются на два класса: „$Д_1$“ и „$Д_2$“.

КЛАССИФИКАЦИЯ

Группа	Основной классификационный признак	Характеристика группы	Класс	Характеристика класса	Название грунта	Гранулометрический состав	Физико-механические свойства						Дорожные свойства			
							Число пластичности	Прилипание в *г/см²*	Объемная усадка в %	Порядок величины коэф. фильтрации *см/сек*	Размывающая скорость течения воды в *м/сек.*	Коэффициент трудности разработки	В проезжей части грунтовых дорог	В основании дорожных покрытий и зем. полотна		
														Допускаемая нагрузка в основ. дор. одежды при нормальных условиях дренажа в *кг/см²*	Отношение к пучению (под водопроницаемыми одеждами)	Отношение к уплотнению
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
А	Относительная пористость воздушно-сухих грунтов с нарушенным сложением в уплотненном состоянии $<0,3$	Грунты хорошие, мало снижающие дорожные свойства с увеличением влажности	$А_1$	Грунты, практически не изменяющие дорожных свойств с увеличением влажности	Гравийные грунты со степенью пористости $<0,2$	Глинистых частиц 2—6%, пылеватых 5—20%, гравийных 50—70%	—	—	—	—	—	—	Нуждаются в легком содержании. Содержание весьма эффективно. В улучшении не нуждаются	—	Не дают пучин	Уплотняются хорошо
			$А_2$	Грунты, мало изменяющие дорожные свойства с увеличением влажности	Гравелистые супеси со степенью пористости $<0,2$	Глинистых частиц 3—10%, пылеватых 10—20%, гравийных 10—50%	<8 для частиц, проходящих через сито 1 *мм*	<60	4	$>10^{-4}$	$>0,5$	1,2—1,5	Нуждаются в легком содержании. Содержание весьма эффективно. В улучшении не нуждаются		Не дают пучин	Уплотняются хорошо
			$А_3$	В сыром состоянии размягчаются и заметно снижают дорожные свойства. Грунтовые дороги на этих грунтах при наличии регулярного содержания удобно проезжи весь колесный период Удовлетворительны, как основания, мало изменяющие несущую способность с увеличением влажности	Супеси. Легкие суглинки. Гравелистые супеси со степенью пористости 0,2—0,25, сопротивление вдавливанию 20 *кг/см²* и сопротивление сжатию 20—40 *кг/см²*	Глинистых частиц 5—15%, песчаных $>45\%$	<8	<80	<5	10^{-4}–10^{-5}	0,3—0,5	0,8—1,2 Гравелистые супеси 1,2—1,5	Нуждаются в легком содержании Содержание эффективно. В улучшении не нуждаются	1,7—2,0	То же	Уплотняются хорошо
			$А_4$	В проезжей части грунтовых дорог в сыром состоянии размягчаются с образованием слоя грязи. При неблагоприятных гидрологических условиях склонны к пучинообразованию	Крупно пылеватые супеси со степенью пористости 0,25—0,3 и сопротивлением вдавливанию >14 *кг/см²* Солончаки кальциево-магниевые с содержанием солей $>2\%$	Глинистых частиц 3—10%. Крупно-пылеватых $>50\%$	0,5—4	25—50	1,5—4	10^{-5} -10^{-6}	0,1—0,25	0,8—1,2	Нуждаются в интенсивном содержании. В отдельных случаях требуют добавки крупноскелетного материала		Способны к пучению при залегании грунтовых вод на глубине меньшей $1^1/_2$ *м* от поверхности	Уплотняются хорошо

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Б	0,3—0,65 (при уплотнении высушиванием)	Грунты, сильно снижающие дорожные свойства с увеличением влажности	$Б_1$	В грунтовых дорогах в сыром состоянии создают распутицу. Содержанием срок распутицы сокращается. В основаниях дорожных покрытий с увеличением влажности сильно снижается несущая способность	Суглинки	Глинистых частиц $>10\%$. Песчаных более чем пылеватых	>8	>80	>5	10^{-6}—10^{-8}	0,3—0,5	1,5—2,6	Нуждаются в усиленном содержании. Требуют добавок скелетного материала или термической обработки	1,0—1,6	Не дают пучин	Уплотняются медленно. Укатка эффективна только при определенных влажностях
			$Б_2$	В грунтовых дорогах в сыром состоянии создают распутицу, которая содержанием не сокращается (за исключением пылеватых супесей). В сухом состоянии легко разбиваются движением, образуя рыхлый слой пыли. При неблагоприятных гидрологических условиях недопустимы в основаниях и земляном полотне	Мелко-пылеватые и иловатые супеси. Пылеватые суглинки. Солончаки с содержанием солей натрия Лесс. Лессовидный суглинок	Глинистых частиц 3—30 Мелко-пылеватых $>50\%$	>10	>25	>2	10^{-5}—10^{-7} За исключением леса, д/которого 10^{-3}—10^{-5}	0,1—0,3	0,8—1,2 Суглинки и солончаки 1,5—2,6	Содержание малоэффективно. Отношение к мерам улучшения то же, что и в предыдущем классе. Тонкопылеватые супеси требуют одновременной добавки скелетных и связующих материалов, термическая обработка для них неэффективна		Типичные пучинистые грунты. Пучат при залегании грунтовых вод на глубине меньшей 2,0 *м* от поверхности	Уплотняются медленно. При укатке пружинят
			$Б_3$	В сыром состоянии создают распутицу, более длительную, чем грунты группы „$Б_2$“ в основании дорожных покрытий при плохом водоотводе обладают малой несущей способностью, воду отдают медленно. В насыпях дают длительную осадку	Глины Тяжелые суглинки Солонцы	Глинистых частиц обычно $>30\%$	>15	>120	>15	Менее 10^{-7}	0,15—0,2	1,5—2,6	Содержание затруднено и малоэффективно Требуют замены грунта	0,6—1,5	Не дают пучины	Уплотняются очень медленно. Укатка эффективна только при определенной влажности

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
В	$>0{,}5$	Грунты с неудовлетворительными дорожными свойствами	B_1	Грунты, малопригодные в основаниях дорожных покрытий и насыпях, благодаря упругости и большой влагоемкости. В проезжей части грунтовых дорог в сыром состоянии дают длительную распутицу	Минерально-органогенные (перегнойно-аккумулятивные горизонты черноземов, болотно-луговых почв и др.), степ. пористости 0,65—1,35	Изменяется в пределах группы Б	>9	>70	>10				Отношение к содержанию и мерам улучшения то же, что и в соответствующих им по гранулометрическому составу классах группы Б	—	Дают пучины при гранулометрическом составе, подобном грунтам групп A_4 и $Б_2$	Уплотняются плохо, упруги
			B_2	Грунты, непригодные в проезжей части грунтовых дорог, основаниях покрытий и земляных насыпях	Торф с коэффицент. пористости $>1,35$	Не характерен						0,5—1,9	—	—	— Не дают пучин	

II. Несвязные грунты

Г	Грунты с высотой капиллярного поднятия в нарушенном сложении <15 *см*	Грунты, не снижающие дорожных свойств с увеличением влажности	$Г_1$	Грунты, не изменяющие дорожных свойств при увлажнении. Характеризуются высоким коэфициентом внутреннего трения. В проезжей части грунтовых дорог нуждаются в небольшом количестве связующих добавок	Дресва Хрящ Гравий Гравелистый песок Практически не обладающие капиллярным поднятием	Глинистых частиц $<2\%$ Пылеватых $<10\%$ Гравийных $>50\%$ Глинистых частиц $<3\%$ Частиц крупнее 2 *мм* $>10\%$ Крупнее 1 *мм* $>50\%$ Крупнее 0,25 *мм* $>75\%$	0	0	0	$>10^{-1}$	$>0,6$ гравелистый песок 0,6—0,25	1,2—1,5	Содержание малоэффективно. При небольших добавках глинистого грунта приобретают качество грунтов классов A_1 и A_2	2,2—2,4	Не дают пучин	Уплотняются хорошо
			$Г_2$	Грунты, мало изменяющие дорожные свойства с увеличением влажности. Характеризуются меньшим коэфициентом внутреннего трения, чем грунты предыдущего класса. В проезжей части грунтовых дорог нуждаются в связующих добавках.	Крупнозернистый песок, обладающий высотой капиллярного поднятия <15 *см* Среднезернистый песок с высотой капиллярного поднятия до 15 *см*	Глинистых частиц $<3\%$ Крупнее 0,5 *мм* $>50\%$ Крупнее 0,25 *мм* $>75\%$ Глинистых частиц менее 3% Крупнее 0,5 $>50\%$ Крупнее 0,25 *мм* $>75\%$	0	0	10^{-1}—5.10^{-2} Среднезернистый песок $5,10^{-2}$—10^{-2}	0,6—0,25	0,6—0,8	Содержание неэффективно. При добавлении глинистого грунта приобретают качество грунтов A_3	2,0—2,4	Не дают пучин	Уплотняются хорошо

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Д	>15	Грунты, сильно снижающие дорожные свойства при избыточном увлажнении	$Д_1$	Грунты при неблагоприятных гидрологических условиях дают явления пучинообразования. В полотне грунтовых дорог непроезжи в переувлажненном и сухом состоянии	Мелкозернистый песок, обладающий высотой капиллярного поднятия до 40 *см* Крупнопылеватый песок с капиллярным поднятием до 100 *см*	Глинистых частиц менее 3% Частиц крупнее 0,25 > 50% Глинистых частиц < 3% Крупнее 0,05 > 50%		<25	0	10^{-2}—10^{-3} крупноватый 10^{-3}—10^{-4}	0,25-0,15 пылеватый песок 0,15—0,1	0,5 - 0,8	Содержание неэффективно. При добавлении глинистого грунта приобретают качество грунтов класса A_4	0,6 –1,2	Пылеватые разности дают пучины при глубине грунтовых вод менее 1,5 *м* от поверхности	Уплотняются удовлетворительно
			$Д_2$	Грунты непригодные. Типичные плывуны и пучинистые грунты	Мелкопылеватые пески, иловатые пески, обладающие капиллярным поднятием >100 *см*	Глинистых частиц <3% Крупнее 0,05 *мм* > 50% Глинистых частиц <3% Крупнее 0,05 *мм* <50% Глинистых частиц <3% Крупнее 0,05 *мм* <50%		<50	<2	$5{,}10^{-4}$ 10^{-5}	менее 0,1	0,8—1,2	Содержание неэффективно. Нуждаются в одновременном добавлении крупноскелетного и глинистого грунта	—	Дают пучины при глубине грунтовых вод менее 1,5 *м* от линии промерзания	Уплотняются медленнее чем грунты предыдущего класса