МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ВСЕСОЮЗНЫЙ ДОРОЖНЫЙ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
(СОЮЗДОРНИИ)

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

ПО ПОВЫШЕНИЮ КАЧЕСТВА ДОРОЖНЫХ ОСНОВАНИЙ ИЗ ЩЕБНЯ РАЗЛИЧНЫХ ПОРОД

Москва 1980

gost.e-ecolog.ru

МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ВСЕСОЮЗНЫЙ ДОРОЖНЫЙ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
(СОЮЗДОРНИИ)

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

ПО ПОВЫШЕНИЮ КАЧЕСТВА ДОРОЖНЫХ ОСНОВАНИЙ ИЗ ЩЕБНЯ РАЗЛИЧНЫХ ПОРОД

Одобрены Минтрансстроем

Москва 1980

УДК 625.731.8:625.072(083.1)

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОВЫШЕНИЮ КАЧЕСТВА ДОРОЖНЫХ ОСНОВАНИЙ ИЗ ЩЕБНЯ РАЗЛИЧНЫХ ПОРОД. Союздорнии. М., 1980.

Изложен комплекс технических мер по повышению качества и технико-экономической эффективности конструкций дорожных одежд с основаниями из каменных материалов различных горных пород.

Дана новая классификация горных пород и получаемого из них щебня, учитывающая происхождение, минералогический состав, прочностные свойства породы, а также пластичность мелких фракций, которые получаются при ее измельчении. Щебень охарактеризован по степени уплотняемости под катком. Указанный комплекс свойств позволяет более обоснованно выбирать материал для получения оснований дорожных одежд с требуемыми эксплуатационными показателями.

Методы производства работ, в первую очередь уплотнение щебня или смесей из каменных материалов, усовершенствованы в целях получения максимальных значений модулей упругости слоя с учетом свойств каменных материалов.

При отсутствии возможностей получения требуемого модуля упругости слоя предлагается укреплять основание цементопесчаной смесью по способу пропитки.

Приведены расход смесей и требования к их прочности. Для контроля качества строительства оснований из каменных материалов даны методы оценки модуля упругости и плотности слоя непосредственно в дорожной одежде.

Табл.3, рис.3.

© Союздорнии, 1980 г.

УДК 625.731.8:625.072(083.1)

Предисловие

Щебеночное основание - наиболее распространенный тип дорожного основания в практике современного строительства. Технологические преимущества оснований из щебня по сравнению со смесями, обработанными вяжущими, обусловлены простотой производства работ и возможностью проведения их в самых сложных погодных условиях, в том числе зимой. Наряду с этим, технико-экономическая эффективность дорожных конструкций со щебеночными основаниями зачастую снижается из-за неудовлетворительного качества их проектирования и строительства.

"Методические рекомендации по повышению качества дорожных оснований из щебня различных пород" направлены на повышение качества проектирования и строительства дорожных одежд со щебеночными основаниями. Они могут быть использованы при проектировании и строительстве нежестких дорожных конструкций, в которых щебеночное основание является несущим конструктивным элементом.

Настоящие "Методические рекомендации" разработаны на основе опыта строительства щебеночных оснований трестов "Севзапдорстрой", "Лендорстрой", производственного объединения "Ленавтодор" и экспериментально-технических исследований Ленинградского филиала Союздорнии по вопросам физико-механических свойств каменных материалов и устроенных из них конструктивных слоев, совершенствования принципов конструирования и технологии производства работ и др. В разработках использованы результаты исследований Союздорнии, МАДИ, ХАДИ, материалы обследований дорог в процессе эксплуатации и за-

рубежный опыт строительства оснований дорожных одежд.

"Методические рекомендации" составили кандидаты технических наук А.О.Салль, Ю.М.Васильев, В.М.Юмашев.

Замечания и предложения просим направлять по адре - су: 143900 Балашиха-6 Московской обл., Союздорнии или 191065 Ленинград, Д-65, ул.Герцена, 19, Ленинградс к и й филиал Союздорнии.

1. Общие положения

1.1. Эксплуатационная устойчивость дорожной одежды зависит в основном от жесткости щебеночного основания, оцениваемой модулем упругости ("Инструкция по проектированию дорожных одежд нежесткого типа" ВСН 46-72).

1.2. Выполнение требований "Методических рекомендаций по повышению качества дорожных оснований из щебня различных пород" позволяет управлять качеством щебеночного основания с технико-экономической оптимизацией выбора конструктивных решений, материалов и методов строительства. "Методические рекомендации" развивают и дополняют действующие нормативные документы: ВСН 46-72 - по вопросам конструирования дорожных одежд с учетом свойств каменных материалов основания, "Автомобильные дороги. Правила производства и приемки работ. Приемка в эксплуатацию" СНиП III-Д.5-73 и "Технические указания по устройству оснований дорожных одежд из каменных материалов, не укрепленных и укрепленных неорганическими вяжущими" ВСН 184-75 - в части требований к щебню, технологии строительства щебеночных оснований и контроля их качества; при этом материалы и методы производства работ выбирают из условия достижения конструктивными слоями максимальной жесткости.

2. Классификация и выбор каменных материалов

2.1. Щебень должен удовлетворять требованиям ГОСТ 8267-75 "Щебень из естественного камня для строительных работ".

2.2. Для обеспечения жесткости щебеночного основания необходимо предъявлять требования к следующим основным свойствам щебня (табл.2.1):

прочности, устанавливаемой в соответствии с ГОСТ 8267-75;

твердости исходной горной породы;

числу пластичности образующихся при его измельчении зерен фракций мельче 0,63 мм;

размеру зерен.

Таблица 2.1

Группа горных пород	Горные породы	Свойства щебня				
		Класс прочности	Марка по прочности	Потеря массы при испытании в полочном барабане, %, не более	Оценка уплотняемости	Категория пластичности
I	Магматические (граниты, сиениты, диориты, габбро, базальты, андезиты, трахиты, кристаллические сланцы и др.)	1	1200	25	Неудовлетворительно	П
		2	1000	35	То же	П
		3	800	45	"	П
		4	600	60	Хорошо	П,С
II	Песчаниковые (песчаники, кварциты)	1	1000	25	Неудовлетворительно	П
		2	800	35	То же	П
		3	600	45	Удовлетворительно	П
		4	400	60	Хорошо	П,С
		5	200	60	То же	П,С,Г
III	Карбонатные (известняки, мрамор, доломиты)	1	1000	25	Удовлетворительно	П
		2	800	35	Хорошо	П
		3	600	45	То же	П
		4	400	60	"	П,С,Г
		5	200	60	"	П,С,Г

Примечание. Щебень из гравия относят к той группе пород, представители которой в данном материале занимают более 50% объема.

2.3. Щебень в зависимости от пластичности мелочи, образующейся при его измельчении, подразделяют на три категории: П,С,Г, которые используют как дополнительную характеристику к классу прочности щебня (например 400-П, 400-С и т.п.).

К категории П относится щебень, в котором мелкие фракции, образовавшиеся после его испытания на дробимость или износ в полочном барабане, представляют собой песок; С - мелкие фракции представляют собой супесь, Г - суглинок или глину.

2.4. По показателям механических свойств, от которых зависит жесткость щебеночного основания, щебень подразделяют на три группы:

А - прочный, легкоуплотняемый, из карбонатных пород 2-3-го классов прочности. Смесь мелких фракций, образующихся при измельчении, не раскатывается (категория П);

Б - прочный, трудноуплотняемый, из магматических пород 1-3-го классов прочности и из песчаниковых пород 1-2-го классов прочности. Смесь мелких фракций, образующихся при измельчении, не раскатывается (категория П);

В - малопрочный, легкоуплотняемый, из карбонатных и песчаниковых пород 4-5-го классов прочности и из магматических пород 4-го класса прочности (категории П, С, Г).

Щебень с удовлетворительной уплотняемостью - из песчаниковых пород 3-го класса и из карбонатных пород 1-го класса прочности (см.табл.2.1) - может быть отнесен к группе А или Б в зависимости от имеющегося опыта его применения для устройства оснований в конкретных условиях.

2.5. При ограниченных сроках ввода дороги в эксплуатацию предпочтительнее щебень группы А, придающий основанию большую жесткость, чем щебень группы Б. Щебень группы В рекомендуется для дорог III-У категорий; щебень группы В категории Г для устройства оснований в

I–III дорожно-климатических зонах недопустим.

При укреплении щебеночного основания цементопесчаной смесью применим щебень любой породы и прочности.

2.6. Область применения щебня зависит от размера фракций (мм):

для устройства щебеночных оснований

сверхкрупный ("гигантский") . . . . . 70–120(150)

крупный . . . . . 40–70(100)

для заклинки

среднего размера . . . . . 20(25)–40

мелкий . . . . . 10(15)–20(25)

клинец . . . . . 5–10(15).

Щебень фракции 70–120(150) мм трудно разравнивать, планировать и уплотнять, поэтому рекомендуется применять карбонатные породы, обычно малопрочные; слои из него укладывают толщиной не менее 25 см.

2.7. Для заклинки щебня, особенно в зимнее время, наиболее пригоден известняк марок 800, 600 и 400 категории П; для заклинки основной россыпи сверхкрупного щебня – щебень среднего размера; для заклинки крупного щебня – мелкий.

Допускается использование для этих целей каменных материалов из магматических и высокопрочных песчаниковых пород в виде клинца и высевок (0–15 мм), а также гравийных и гравийно-песчаных смесей. В смесях должно быть не более 5% пылевато-глинистых частиц, либо их мелкозернистая составляющая (мельче 0,63 мм) должна относиться к категории П. Максимальный размер зерен материалов, используемых для заклинки, должен быть в 2 раза (и более) меньше, чем щебенок основной россыпи.

3. Конструирование дорожной одежды с учетом свойств материалов основания

3.1. Дорожная конструкция должна обеспечивать минимальное попадание в щебеночное основание воды с поверхности и отвод этой воды из несущих слоев. Для это-

го конструктивные слои на проезжей части и обочинах должны размещаться таким образом, чтобы их водонепроницаемость возрастала в направлении снизу вверх.

Дополнительный (подстилающий) слой основания устраивается в зонах значительного и избыточного увлажнения на всю ширину земляного полотна. Коэффициент фильтрации песчаных дренирующих материалов должен быть не менее 2 м/сутки при устройстве основания из щебня категории С и не менее 1 м/сутки при устройстве оснований из щебня категории П. Необходимость в дренирующем слое отпадает, если земляное полотно отсыпано из песка с коэффициентом фильтрации не менее 1 м/сутки.

На обочинах предусматриваются водозащитные слои, которые должны иметь плотный контакт с покрытием проезжей части. Для их устройства используют грунтощебень, высевки, гравийно-песчаные оптимальные смеси с коэффициентом сбега более 0,8 и другие материалы с высокой плотностью.

3.2. При укладке основания на подстилающие слои из одномерных песков с объемной массой в уплотненном состоянии менее 1,8 г/см^3 в целях обеспечения ровности поверхности щебеночного слоя и условий его уплотнения предварительно устраивают защитные слои. Толщина этих слоев из гравийно- и щебеночно-песчаных смесей, высевок из магматических пород или крупных песков оптимального состава - 8-12 см. Щебеночно-песчаный слой можно устраивать путем втапливания в песок крупного щебня; примерный расход щебня - 8 м^3 на 100 м^2 поверхности.

Защитные слои можно устраивать методом укрепления верхней части песчаного слоя (5-8 см) вяжущими: цементом (2-4%), активной золой уноса (10-15%), битумной эмульсией (3-5%).

Наличие защитного слоя позволяет уменьшить толщину щебеночного основания на 3-5 см, меньшая толщина достигается при устройстве защитных слоев из зернистых материалов.

3.3. Минимальная толщина основания должна в 2 раза превышать максимальный размер зерен для фракционированного щебня и в 1,5 раза - для щебеночной смеси.

Основания из каменных материалов с разными физико-механическими свойствами целесообразно устраивать в два слоя, используя в верхнем слое более прочные и водо-, морозостойкие материалы.

Требуемая толщина верхних слоев дорожной одежды (щебеночное основание+покрытие) рассчитывается по прочности на сдвиг нижележащих слоев (ВСН 46-72).

3.4. Минимальная толщина покрытия из плотной асфальтобетонной смеси назначается в зависимости от модуля упругости щебеночного основания и интенсивности движения, приведенной к расчетному автомобилю группы А (ВСН 46-72), по табл.3.1.

Таблица 3.1

Модуль упругости щебеночного основания, МПа(кгс/см2)	Минимальная толщина асфальтобетонного покрытия, см, при интенсивности движения расчетного автомобиля группы А, авт./сутки			
	50-100	100-200	200-500	500-1000
50-100(500-1000)	10	11	12	13
100-150(1000-1500)	9	10	11	12
150-200(1500-2000)	8	9	10	11
200-300(2000-3000)	7	8	9	10
300-500(3000-5000)	-	7	8	9

Примечание. Толщина рассчитана для однослойного покрытия из плотной асфальтобетонной смеси 3-4-й марок. Толщину следует увеличить на 20% при устройстве двухслойного покрытия с применением в нижнем слое пористого асфальтобетона (водонасыщение 3-9%) и на 50% - при использовании высокопористого асфальтобетона (водонасыщение - 9-12%); уменьшить на 20% при использовании смесей 1-2-й марок и на 10-15% при применении теплых асфальтобетонных смесей, если расчетная интенсивность движения, приведенная к автомобилю группы А, меньше 200 авт./сутки.

Для дорог IУ–У категорий требуемая минимальная толщина покрытия также может быть установлена по табл.3.1 с учетом того, что используется расчетный автомобиль группы Б и толщина слоев покрытия меньше на 40%.

Независимо от эксплуатационных условий, марки и плотности асфальтобетона толщина покрытия из горячей смеси должна быть не менее 7 см, а из теплой смеси – не менее 6 см.

В целях повышения несущей способности и надежности асфальтобетонного покрытия на щебеночных основаниях рекомендуется:

назначать минимальное число асфальтобетонных слоев (не более двух), предусматривая по нижнему слою розлив битума с расходом 0,4–0,6 л/м^2 (розлив битума по щебеночному основанию не обязателен);

асфальтобетонное покрытие с минимальной конструктивной толщиной 6–7 см проектировать однослойным; для обеспечения его ровности предусмотреть укрепление щебеночного слоя либо его выравнивание цементо– или битумопесчаной смесью (см.пп.8.6, 8.7 настоящих "Методических рекомендаций").

3.5. Расчетные модули упругости оснований из прочного и малопрочного щебня категории II назначают по табл.3.2.

Расчетный модуль упругости основания из щебня группы Б, устраиваемого в два слоя (из фракционированного щебня и щебеночной смеси), – 200 МПа (2000 кгс/см^2).

Модули упругости оснований из малопрочного щебня категории С для дорог, проектируемых во II–III дорожно-климатических зонах, принимаются по рис.3.1; для IУ–У дорожно-климатических зон значения этих модулей упругости следует увеличить на 20%.

Расчетный модуль упругости основания из щебня, укрепленного цементопесчаной смесью по способу пропитки, при общей толщине слоя от 14 до 18 см – 500 МПа (5000 кгс/см^2), при большей толщине основания его модуль упругости рассчитывают как средневзвешенное зна-

чение (ВСН 46-72), принимая модуль упругости части основания на глубине ниже 18 см таким, как для неукрепленного щебеночного слоя (табл.3.2 и рис.3.1. настоящих "Методических рекомендаций").

Таблица 3.2

Группа щебня	Размер зерен щебня, мм	Вид материала для заклинки	Модуль упругости слоя, МПа (кгс/см^2)
А	40–70 20–70	Мелкий щебень	350(3500)
		Высевки, гравийно-песчаная смесь	270(2700)
		Без заклинки	300(3000)
Б	40–70 (20–70)	Мелкий щебень, клинец, высевки	180(1800)
		Гравийно-песчаная смесь	160(1600)
В	70–120 (150) 40–70(100)	Щебень средней крупности	300(3000)
		Без заклинки	$\frac{250}{220}\left(\frac{2500}{2200}\right)$ x)

x) Над чертой – модуль упругости осадочных пород, под чертой – магматических.

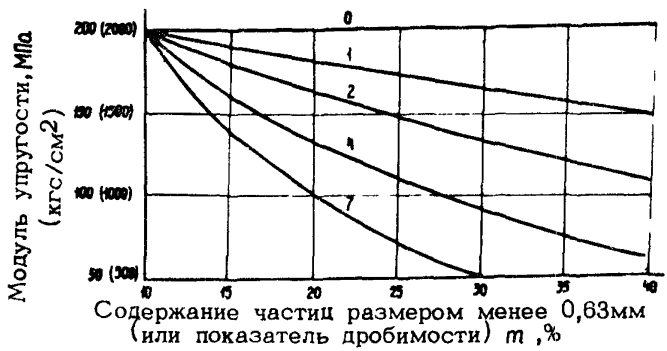

Рис.3.1. Зависимость модуля упругости основания от содержания частиц размером менее 0,63мм (цифры на кривых – число пластичности мелких частиц)

4. Строительство оснований из прочного щебня

4.1. В процессе строительства щебеночного основания по способу заклинки последовательность операций, машины и механизмы для вывозки, распределения и уплотнения материалов, ориентировочное число проходов принимают в соответствии с ВСН 184-75.

4.2. При организации работ по строительству дороги необходимо учитывать повышение жесткости щебеночного основания после многократных проездов по нему автомобильного транспорта. Линейные работы по строительству щебеночного основания рекомендуется проводить так,чтобы вывоз материалов от карьеров, складских и перевалочных баз совершался по уложенному основанию. Движение автомобильного транспорта должно регулироваться по ширине уложенного основания.

Расчетно-нормативные показатели жесткости и плотности устанавливают после проезда по основанию не менее 1000 автомобилей средней и большой грузоподъемности.

4.3. Если предусмотрена длительная эксплуатация щебеночного основания как временного (переходного) типа покрытия под интенсивным движением, то перед заклинкой целесообразен розлив битумной эмульсии или битума из расчета 2-3 л/м^2. При сжатых сроках строительства дороги с усовершенствованным покрытием розлив перед заклинкой не рекомендуется.

4.4. Основание укладывается толщиной 14-20 см в один слой; для щебня группы А и щебеночных смесей, уплотняемых катками на пневматических шинах, допустимо увеличение толщины слоя до 24 см. При большей проектной толщине рекомендуется укладка основания в два слоя.

4.5. Щебень осадочных пород с крупностью зерен 40-70 мм заклинивается мелким щебнем той же породы с расходом 2-2,5 м^3 на 100 м^2 поверхности основания. Взамен мелкого щебня для заклинки можно применять гравийно-песчаную смесь или высевки магматических пород с рас-

ходом 3 м^3 на 100 м^2 поверхности. Перед устройством покрытия пыль и песок сметают механической щеткой.

Щебень изверженных пород с крупностью зерен 40-70мм заклинивается клинцом фракций 5-15 мм или высевками с расходом 2,5-3 м^3 на 100 м^2 поверхности. Взамен клинца можно использовать гравийно-песчаную смесь с расходом 3-4 м^3 на 100 м^2 поверхности; при заклинке щебня из гравия расход гравийно-песчаной смеси увеличивается.

4.6. При применении щебня группы Б наиболее эффективно устройство основания в два слоя: нижний слой - из фракционированного щебня (40-70 мм), верхний - из щебеночной смеси (рис.4.1); при этом расход фракционированного щебня и щебеночной смеси одинаковый.

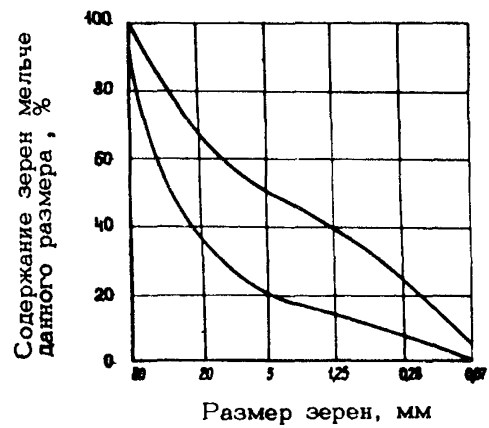

Рис.4.1. Оптимальные составы плотных щебеночных смесей

4.7. Качество уплотнения щебеночного основания контролируют методом лунок (приложение 1 настоящих "Методических рекомендаций"). Остаточная пористость основания из щебня группы А должна быть не более 14%, а группы Б - не более 20%.

При отступлении от общепринятой технологии производства работ, а также при применении местных и неконди - ционных материалов и отходов производства с малоизу - ченными свойствами качество основания должно прове - ряться модулем упругости (приложения 2,3 настоя щ и х "Методических рекомендаций").

4.8. В случае, когда необходимо снизить расчетную толщину асфальтобетонного покрытия, из-за острого дефицита битума (см.табл.3.1) следует устраивать более жесткое основа - ние с модулем упругости 400-600 МПа (4000-6000 кгс/см^2). Для этого следует удлинить период формирования щебеночного слоя под движением автомобильного транспорта до одного-двух лет. Если нет такой возможности, то материалы необходимо укреплять вяжущими, в частности цементопесчаной смесью способом пропитки (см.разд.6 настоящих "Методических рекомендаций").

4.9. Расход щебня $V_щ$ (м^3) для основной россыпи рассчитывается на 100 м^2 основания по формуле

$$V_щ = 100 \cdot h \cdot \frac{100 - n_{тр}}{100 - n_р} - V_к \ , \qquad (1)$$

где h - расчетная толщина основания, м;

$n_{тр}$ - требуемая (нормативная) остаточная пористость щебеночного слоя;

$n_р$ - остаточная пористость рыхлого щебня;

$V_к$ - расход материалов для заклинки, м^3.

Показатели остаточной пористости (пустотности) устанавливают по формуле приложения 1 настоящих "Методических рекомендаций", а также по ГОСТ 8269-76 "Щебень из естественного камня, гравий и щебень из гравия для строительных работ. Методы испытаний".

5. Строительство оснований из малопрочного щебня

5.1. Для предупреждения чрезмерного измельчения малопрочного щебня следует:

назначать толщину укладываемого слоя больше максимального размера зерен не менее чем в 2 раза, но не превышающую 30 см;

исключать дополнительные перевалочные операции и притрассовое складирование материалов;

уплотнять основание виброплитами и катками на пневматических шинах;

не допускать рыхления и выравнивания сформировавшегося основания крупным щебнем.

5.2. Основание по способу заклинки устраивают из малопрочного щебня фракций 70–120(150) мм и разравнивают бульдозером. Для заклинки используют щебень среднего размера фракций 15(25)–40 мм марок 600, 400 категории П или гравийную смесь фракции 0–40 мм; расход материалов – 4 $м^3$ на 100 $м^2$ поверхности.

Основание по способу самозаклинки устраивают из щебня 4–5-го классов прочности фракции 40–70(100) мм. Жесткость и плотность такого основания обеспечиваются в результате заполнения пустот между крупными щебенками и зернами мелких фракций, образующимися при частичном дроблении щебня катком.

5.3. Процесс уплотнения щебеночного слоя делится на первичное и окончательное. Первичное уплотнение (подкатка) осуществляется плоскостными вибрационными машинами или самоходными катками на пневматических шинах с давлением в шинах до 0,3 МПа (3 $кгс/см^2$), при этом достигается наиболее плотная упаковка зерен без их разрушения за счет пространственной переориентации; работы ведутся без поливки водой.

Окончательно уплотняют щебеночный слой катками на пневматических шинах с давлением в шинах до 0,6 МПа (6 $кгс/см^2$); при необходимости слой поливают водой. При

скорости движения катков 8–10 км/ч рекомендуется 16–20 проходов по одному следу.

Применение гладковальцовых катков допускается в исключительных случаях – при укатке щебня марок 600, 400 и 300 категории П.

После уплотнения катками основание должно формироваться под движением автомобильного транспорта, при этом необходима его регулировка по ширине проезжей части.

5.4. Качество уплотнения контролируют методом лунок (см. приложение 1 настоящих "Методических рекомендаций"). Остаточная пористость сформировавшегося щебеночного слоя должна быть не более 10% при его укладке по способу заклинки и не более 12% – по способу самозаклинки.

Качество уложенных материалов проверяют испытанием проб, отобранных из сформировавшегося слоя: контролируют число пластичности и процентное содержание мелких высевок с размером частиц мельче 0,63 мм. Число пластичности не должно превышать значения, принятого в проекте при назначении расчетного модуля упругости. Процентное содержание мелких высевок не должно превышать показателя дробимости щебня; его чрезмерное измельчение наблюдается при невыполнении требований п.5.1 настоящих "Методических рекомендаций", а также в результате длительного и интенсивного воздействия движения автомобильного транспорта на основание.

5.5. Расход щебня рассчитывается по формуле (4.1) с исключением из нее показателя $V_к$ для случая укладки основания по способу самозаклинки.

6. Строительство щебеночных оснований, укрепленных цементопесчаной смесью способом пропитки

6.1. Укрепление щебеночных оснований цементопесчаной смесью способом пропитки должно обеспечивать:

рациональное изменение жесткости и прочности мате-

риалов в зависимости от глубины слоя в соответствии с характером распределения в нем напряжений от действия автомобильной нагрузки;

оптимальные показатели толщины и жесткости укрепленного неорганическим вяжущим слоя основания, улучшающие условия сопротивления асфальтобетонного покрытия образованию трещин и в достаточной мере повышающие сдвигоустойчивость дорожной конструкции в целом;

минимальные объемы каменных материалов, смешиваемых с вяжущими в установке;

лучшую ровность поверхности по сравнению с неукрепленными щебеночными основаниями, сохраняющуюся при временной эксплуатации основания построечным транспортом.

Указанные требования выполняются при расходе 100кг укрепленных материалов на 1 $м^2$ поверхности: в этом случае пустоты между щебенками обычно заполняются на глубину 6-9 см, а сверху образуется прочный слой из цементопесчаной смеси толщиной 2-3 см.

6.2. Для укрепления щебеночных оснований рекомендуется применение фракционированного щебня 1-4-го классов прочности, независимо от группы горных пород, с крупностью зерен 40-70 мм; для щебня осадочных пород 4-го класса рекомендуется фракция 70-120(150) мм. Щебень должен удовлетворять требованиям ГОСТ 8267-75.

Допустимо использование щебня после промежуточного складирования, если после этого содержание в нем фракций мельче 5 мм не будет превышать 10% массы для щебня осадочных пород и 15% - для изверженных пород.

Для приготовления цементопесчаной смеси рекомендуются цемент марки не ниже 300 (ГОСТ 10178-76 "Портландцемент и шлакопортландцемент. Технические условия") и песок, по составу близкий к оптимальному, с коэффициентом неоднородности не менее 5 (ВСН 55-69). В песке, предназначенном для заполнения пустот щебня фракций 40-70 мм, не должно быть зерен крупнее 10 мм, а для заполнения фракций 70-120 мм - зерен крупнее 20 мм. Взамен

природного песка с успехом может быть использован дробленый песок - высевки, образующиеся при приготовлении и фракционировании щебня. Применение одномерных песков допустимо в исключительных случаях.

Цементопесчаная смесь должна удовлетворять требованиям, предъявляемым к цементированным материалам 1 класса прочности (ВСН 184-75): предел прочности при сжатии водонасыщенных образцов в возрасте 28 суток - 4-6МПа (40-60 кгс/см^2), коэффициент морозостойкости - не менее 0,75. Дополнительных требований к подвижности цементопесчаной смеси не предъявляется.

Ориентировочный расход цемента марки 400 для обработки природного песка - 9%, дробленого песка - 7% массы смеси; дозировка воды соответствует оптимальной влажности смеси (8-12%).

6.3. Щебеночное основание рекомендуется укреплять увлажненной либо "сухой" цементопесчаной смесью.

6.4. При укреплении увлажненной цементопесчаной смесью проводят следующие технологические операции.

На подготовленный подстилающий слой или нижний неукрепленный слой щебеночного основания распределяется фракционированный щебень крупностью 40-70мм(70-120мм). Протяженность сменной строительной захватки в зависимости от местных условий - от 100 до 200 м.

Щебень разравнивают, тщательно планируют автогрейдером и поливают водой (до 10 л на 1 м^2); для обеспечения проезда построечного транспорта слой при необходимости прикатывают легким катком.

Цементопесчаную смесь (из расчета 100 кг на 1 м^2 поверхности) вывозят автомобилями-самосвалами средней грузоподъемности и равномерно распределяют по поверхности автогрейдером. Работы на каждой из сторон проезжей части проводят поочередно. Сразу после распределения цементопесчаной смеси основание уплотняют самоходным катком на пневматических шинах (Д-624, Д-551), задавая 20 проходов по одному следу, и тяжелым гладковальцовым

катком. Сроки производства работ по вывозке, разравниванию цементопесчаной смеси и уплотнению основания ограничены сроками схватывания цемента. По уплотненному слою разливают битумную эмульсию в количестве 0,8-1 л на 1 м^2. Для обеспечения одинаковых условий формирования материалов основания до укладки покрытия автомобильное движение следует регулировать по ширине проезжей части.

6.5. При укреплении щебеночных оснований "сухой" цементопесчаной смесью (содержание влаги в песке, поступающем с открытых складов, практически до 1%) проводят следующие технологические операции.

На подготовленный подстилающий слой или нижний неукрепляемый слой щебеночного основания вывозится фракционированный щебень крупностью 40-70 мм (70-120 мм). Протяженность строительной захватки в зависимости от местных условий - от 100 до 400 м.

Щебень разравнивают, тщательно планируют автогрейдером и поливают водой с расходом до 5 л на 1 м^2; для обеспечения проезда строительного транспорта слой при необходимости прикатывают легким катком.

"Сухая" цементопесчаная смесь из расчета 90 кг на 1м^2 поверхности вывозится автомобилями-самосвала ми средней грузоподъемности и равномерно распределяется по поверхности автогрейдером. Работы на каждой стороне проезжей части проводятся поочередно. Цементопесчаная смесь увлажняется поливо-моечной машиной при поднятых вверх соплах (расход воды 10-15 л/м^2).

Сразу после увлажнения основание уплотняют 20 проходами по одному следу самоходного катка на пневматических шинах и тяжелым гладковальцовым катком. Сроки уплотнения ограничены сроками схватывания цемента в цементопесчаной смеси.

По уплотненному слою разливают битумную эмульсию в количестве 1,0-1,2 л/м^2. Для обеспечения одинаковых условий формирования материалов основания до устройства

покрытия движение автомобилей следует регулировать по ширине проезжей части.

6.6. Технологическую схему выбирают исходя из следующих соображений.

Пропитка щебня увлажненной цементопесчаной смесью целесообразна в случае, когда требуется форсировать операции по устройству основания. При этом из-за ограниченных сроков схватывания цементопесчаной смеси протяженность строительной захватки следует сокращать до минимума.

При пропитке щебня "сухой" цементопесчаной смесью в сухую погоду можно удлинять период между ее приготовлением и уплотнением. "Сухая" смесь легче проникает в межщебеночные пустоты. Выбирая эту технологию, следует иметь в виду, что при поливе уложенной цементопесчаной смеси из ее верхнего слоя толщиной 3 - 5 мм частично вымывается цемент: для обеспечения связности этого слоя обязателен розлив битумной эмульсии, причем в большем количестве (см.пп.6.4, 6.5 настоящих "Методических рекомендаций").

6.7. Расход щебня устанавливается по нормам для щебеночного основания проектной толщины за вычетом 5см, при этом предусматривается частичная замена щебня цементопесчаной смесью. Расход цементопесчаной смеси - 10 т на 100 $м^2$ поверхности основания.

6.8. При устройстве щебеночных оснований, укрепленных цементопесчаной смесью способом пропитки, следует проверять:

качество подготовки подстилающего слоя;

качество и точность дозировок исходных материалов;

толщину и ровность готового основания, глубину проникания цементопесчаного материала в основание.

Качество цементопесчаной смеси проверяют в заводской лаборатории.

Общая толщина цементированного слоя должна быть не менее 10 см. Плотность цементопесчаного материала в со-

новании должна быть не меньше, чем у опытных образцов, изготовляемых в лаборатории в соответствии с ВСН 184-75. Объемная масса цементопесчаного материала, отобранного из основания, устанавливается в лаборатории с помощью гидростатического взвешивания.

Прочность цементопесчаного материала в основании проверяется по числу ударов, необходимых для внедрения стального конуса в затвердевший материал (конус высотой 3 см и диаметром основания 3,4 см ввинчен в стержень, направляющий падающую гирю; груз массой 5 кг сбрасывается с высоты 50 см). На седьмые сутки после укладки на каждом контрольном поперечнике основания с интервалом около 1 м проводят несколько испытаний; среднее число ударов должно быть не менее 20.

При отступлении от рекомендуемой технологии и ее уточнении применительно к местным условиям строительства качество укрепленного щебеночного основания рекомендуется проверять штамповыми испытаниями (см. приложение 2 настоящих "Методических рекомендаций").

7. Устройство щебеночных оснований зимой

7.1. Устройство оснований зимой разрешается по земляному полотну, законченному полностью в соответствии с проектом до наступления периода отрицательных температур (см. СНиП III-Д.5-73).

7.2. В зимнее время к щебеночному основанию предъявляются те же требования, что и в летний период (см. разделы 4,5 настоящих "Методических рекомендаций"). При неустойчивых погодных условиях работы ведут на небольших захватках (до 100 м) с расчетом полного окончания работ на таком участке в течение смены. Подстилающий слой должен быть тщательно очищен от снега и льда. При снегопаде работы прекращаются.

При укладке заснеженного или обледеневшего щебня перед его уплотнением по поверхности спланированного слоя рассыпают соль.

7.3. Укладка асфальтобетонных слоев допускается только при положительных температурах после проверки жесткости или плотности основания.

7.4. Вывоз и укладка щебня зимой не на полную проектную толщину производятся при толщине основания более 20–24см (см.п.4.4 настоящих "Методических рекомендаций"). Укладывая каждый из слоев двухслойного основания в отдельности, выполняют все технологические операции, предусмотренные для однослойного щебеночного основания; верхний слой укладывают летом или весной после оттаивания нижнего слоя и проверки его качества.

8. Контроль и управление качеством строительства оснований

8.1. Качество щебеночного основания оценивается показателями жесткости, плотности, ровности и его размерами – шириной, толщиной и величиной уклонов, которые контролируют в процессе работы и проверяют окончательно перед укладкой асфальтобетонного покрытия. Контролировать эти показатели следует на тех полосах, где после укладки покрытия ожидается интенсивное движение автомобилей, – примерно на расстоянии 1 м от кромки основания (проезжей части).

8.2. В зависимости от поставленной задачи жесткость можно контролировать либо по модулю упругости несущего слоя основания, либо по общему модулю упругости основания и земляного полотна. Для измерения жесткости рекомендуется испытание местным нагружением с передачей нагрузки через круглый жесткий штамп (см.приложение 2 настоящих "Методических рекомендаций") или от заднего колеса грузового автомобиля (приложение 2 настоящих "Методических рекомендаций").

8.3. Модуль упругости слоя основания, установленный послойными штамповыми испытаниями, должен быть не менее расчетного значения, принятого при проектировании прочности конструкции.

Возможные причины недостаточной жесткости слоя – неудовлетворительное качество исходных материалов и производства работ, недостаточные сроки формирования прочного щебня под движением автомобильного транспорта. При этом не исключено, что модуль упругости был назначен без учета фактических свойств местных каменных материалов, например без учета требований п.3.5 настоящих "Методических рекомендаций". Укладывать асфальтобетонное покрытие на такие основания можно лишь после устранения дефектов, т.е. повышения жесткости до требуемой путем укладки дополнительных слоев, доуплотнения, регулирования автомобильного движения по ширине основания и т.д. Эффективным может оказаться увеличение толщины асфальтобетонного покрытия на 1-2 см в соответствии с табл.3.1 при пониженной жесткости щебеночного слоя.

Контроль жесткости щебеночного слоя основания послойными штамповыми испытаниями – трудоемкий процесс (1-2ч), требующий специального оборудования, поэтому он рекомендуется главным образом при строительстве эталонных участков. На этих участках проверяют эффективность принимаемых технологических схем производства работ и используемых каменных материалов, а также нормативы плотности для текущего контроля. Особая необходимость в этом возникает при применении разновидностей местных каменных материалов, которые в зависимости от особенностей их свойств и условий строительства могут изменять показатели жесткости и плотности в широком диапазоне.

8.4. Общий модуль упругости основания, определенный при поверхностных штамповых испытаниях, а в случае отсутствия специального оборудования – при испытании колесом автомобиля, должен быть не менее требуемого значения. Выполнение этого условия достаточно для положительной оценки общей жесткости основания при конструктивных слоях и земляном полотне из несвязных материалов и грунтов.

Для связных грунтов земляного полотна следует дополнительно проверить их относительную влажность, если она не менее расчетной (по ВСН 46-72) то положительная оценка общей жесткости сохраняется. Если фактическая относительная влажность $W_{факт}$ меньше расчетной $W_{расч}$, то к установленному испытанием общему модулю упругости вводится поправочный коэффициент $K_{вл}$, уменьшающий его значение с учетом последующего переувлажнения грунтов в процессе эксплуатации дороги:

$$K_{вл} = 1 - \frac{1,5 \cdot D}{H} \left(1 - \frac{W_{факт}}{W_{расч}}\right)^{x)},$$

где D - диаметр испытательного штампа, см;
H - толщина стабильных слоев основания, см.

Причинами недостаточной общей жесткости, кроме перечисленных в п.8.3 настоящих "Методических рекомендаций", могут быть неблагоприятные условия возведения слоев земляного полотна и основания: в зимнее время - сильные морозы и снегопады, в дождливое - переувлажнение связных грунтов, набухание и в результате - нарушение их плотности, причем последнее представляет опасность даже для предварительно хорошо уплотненного земляного полотна. Для предупреждения этих дефектов рекомендуется сокращать до минимума сроки производства зимних работ и разрывов во времени между устройством земляного полотна и основания.

При недостаточной общей жесткости укладку замыкающего асфальтобетонного слоя следует отложить до момента завершения процессов консолидации грунтов и материалов, что может быть проверено повторными испытаниями

---

x) Формула получена из приближенных расчетов по ВСН 46-72 с использованием номограммы для двухслойных упругих систем; по данным натурных испытаний, значения коэффициента должны быть ближе к 1.

местным нагружением. В случае необходимости обеспечения временной эксплуатации дороги может оказаться целесообразной укладка нижнего слоя покрытия; укладка верхнего слоя допускается в последующие годы.

8.5. Плотность основания оценивается визуально в соответствии со СНиП III-Д.5-73 (или ВСН 184-75) и контролируется по показателю остаточной пористости (см.приложение 1 настоящих "Методических рекомендаций"). Нормативы пористости приведены в пп.4.7, 5.4 настоящих "Методических рекомендаций".

8.6. Ровность и уклоны поверхности, ширину и толщину слоя контролируют в соответствии с требованиями СНиП III-Д.5-73 (или ВСН 184-75).

В связи с воздействием автомобильного транспорта на основание дорожной одежды (до укладки покрытия) возможно образование неровностей. Рыхление сформировавшегося слоя и его выравнивание крупным щебнем или неукрепленными мелкозернистыми смесями недопустимы. Эти дефекты следует исправлять досыпкой, планировкой и уплотнением мелкозернистых материалов, предварительно обработанных вяжущими: цементопесчаной смесью 1 класса прочности (ВСН 184-75) или высокопористым песчаным асфальтобетоном[x)].

8.7. Выравнивающий слой с расходом укрепленных материалов от 40 до 100 т на 1000 м^2 основания служит для обеспечения нормативной ровности основания и стабильности показателя прочности дорожной конструкции по протяжению строящейся дороги.

Перед устройством выравнивающих слоев рекомендуется на основе данных испытаний колесом автомобиля составить ведомость результатов измерения упругих прогибов (общих модулей упругости) по пикетам и выявить ослабленные участки основания.

---

x) См. "Методические рекомендации по применению высокопористого асфальтобетона с уменьшенным расходом битума в конструкциях дорожных одежд". Союздорнии. М., 1978.

Приложение 1

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСТАТОЧНОЙ ПОРИСТОСТИ ЩЕБЕНОЧНОГО СЛОЯ

До укладки щебеночного слоя в основание определяют объемную массу зерен щебня (гравия или песка) $\gamma_{зерн}$. Испытания проводят в отдельности для зерен щебня основной россыпи и для заклинивающих материалов в соответствии с ГОСТ 8269-76. В расчет принимается средневзвешенное значение показателей этих материалов с учетом их фактического объемного соотношения в щебеночном основании.

Объемная масса щебеночного слоя $\gamma_{сл}$ устанавливается после завершения процесса его формирования. Отбирается проба массой около 10 кг и после высушивания определяется ее окончательная масса. Объем, занимаемый этой пробой в основании, измеряется прибором типа баллонного или мембранного плотномера[x] либо методом обратной засыпки лунки порциями сухого одномерного песка с заданными объемами.

Остаточная пористость щебеночного слоя $n_{сл}$ (%) рассчитывается по формуле

$$n_{сл} = \left(1 - \frac{\gamma_{сл}}{\gamma_{зерн}}\right) \cdot 100.$$

---

x) "Методические рекомендации по оценке степени уплотнения насыпей, возведенных из крупнообломочных грунтов". Союздорнии. М., 1972.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОДУЛЯ УПРУГОСТИ ЩЕБЕНОЧНОГО ОСНОВАНИЯ ПОСЛОЙНЫМИ ШТАМПОВЫМИ ИСПЫТАНИЯМИ

Послойные штамповые испытания проводят с помощью установки, представленной на рис.1 приложения 2.



Рис.1. Схема установки для штамповых испытаний: 1–круглый жесткий штамп; 2–трехопорные стойки; 3–домкрат; 4–динамометр; 5–рама груженого автомобиля; 6–измерительный стержень прогибомера рычажного типа

Нагрузка на поверхность испытуемой конструкции передается через круглый жесткий штамп (1) и домкрат (3), упираемый в раму груженого автомобиля (5). Величина нагрузки на штамп измеряется с помощью механического динамометра (4). Домкрат устанавливается соосно на трехопорных стойках (2).

Вертикальное смещение штампа фиксируется прогибомером рычажного типа, измерительный стержень которого (6) устанавливается по центру штампа.

Перед началом испытания передние колеса автомобиля блокируются тормозами и жестко закрепляются на месте с помощью опорных башмаков.

При проведении испытаний автомобилем средней грузоподъемности для обеспечения нагрузки до 5 тс кузов и подрессоренная часть автомобиля приподнимаются с помощью домкрата, и под раму рядом с задним мостом подставляются опоры, на которые после разгрузки домкрата передается масса автомобиля. Расстояние между опорами и местом испытания должно быть не менее 1,5 м. При проведении большого количества испытаний желательно блокировать рессоры автомобиля.

Штамп с диаметром, близким к размеру усредненного следа колеса расчетного автомобиля (30–34 см), укладывается на испытуемый слой после тщательного выравнивания поверхности без нарушения сложившейся структуры материала тонким слоем (1–5 мм) из мелкого песка и тщательно притирается.

Нагрузка при проведении испытаний прикладывается ступенями (не менее 3–5), причем каждая последующая ступень больше предыдущей на 0,1 МПа (1 кгс/см^2). Время выдерживания нагрузки – 30 с, паузы после разгрузки – 30 с, а время, затрачиваемое на нагружение и разгрузку, – 10–20 с.

Отсчеты по индикатору прогибомера снимают после выдерживания заданной нагрузки и во время паузы после разгрузки; по разности отсчетов определяют упругую деформацию конструктивного слоя.

Общий модуль упругости основания (полупространственной конструкции) E_y по данным испытаний штампом, установленным на ее поверхности, вычисляют по формуле

$$E_y = \frac{\pi}{4} \cdot \frac{pD(1-\mu^2)}{\ell} \quad \text{МПа (кгс/см}^2\text{)},$$

где p – удельная нагрузка на штамп, p = 0,5 МПа (5 кгс/см^2);

ℓ – упругая деформация, соответствующая этой нагрузке, см;

D – диаметр жесткого штампа, см;

μ – коэффициент Пуассона, $\mu \approx 0{,}3$.

Штамповые испытания с определением общего модуля упругости производятся на поверхностях щебеночного основания и его подстилающего слоя после удаления щебня на площадке размером не менее трех диаметров штампа. По данным испытаний с помощью номограммы, приведенной в ВСН 46-72, рассчитывается модуль упругости щебеночного слоя.

Испытания на поверхности подстилающего слоя можно проводить в узком шурфе размером не менее одного диаметра штампа. В этом случае при толщинах щебеночных оснований от 12 до 30 см установленные испытаниями значения модуля упругости подстилающих песчаных оснований снижаются на 10-20%; в большей мере - при увеличенной толщине щебеночных оснований и подстилающих слоев из одномерных песков с объемной массой скелета менее 1,8 г/см^3. Для подстилающих слоев из плотных гравийно-песчаных смесей эта поправка не учитывается.

Штамповые испытания можно проводить при нагрузках менее 0,5 МПа (5 кгс/см^2), устанавливая расчетное значение модуля экстраполяцией. В частности, определив модули упругости E_2 и E_3 щебеночного слоя при испытательных нагрузках соответственно 0,2 МПа (2 кгс/см^2) и 0,3 МПа (3 кгс/см^2), можно вычислить модуль упругости E_5 при расчетной нагрузке 0,5 МПа (5 кгс/см^2): $E_5 = 2{,}26 \cdot p_0 E_3 - 1{,}26\, p_0 E_2$.

Приложение 3

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЩЕГО МОДУЛЯ УПРУГОСТИ ОСНОВАНИЯ ПРИ ИСПЫТАНИИ КОЛЕСОМ АВТОМОБИЛЯ

Общий модуль упругости основания (показатель его жесткости) устанавливается по формуле деформирования однородного упругого полупространства:

$$E = \frac{4(1-\mu^2)}{\pi D} \cdot \frac{P}{l} ,$$

где D – диаметр круглого гибкого штампа, передающего нагрузку, м;

P – общая нагрузка, Н;

l – упругий прогиб по всей оси нагружения, м.

При испытании задним сдвоенным колесом грузового автомобиля упругий прогиб измеряется между баллонами колеса, в стороне от действующей нагрузки. В этом случае измеряемый упругий прогиб практически не зависит от диаметра площадки нагружения, который целесообразно принять равным 33 см, как для испытательной нагрузки расчетного автомобиля группы А (по ВСН 46-72).

Прогиб в стороне от оси действующей нагрузки на расстоянии 17,5–18,5 см (половина расстояния между осями шин с размерами 11–20, 12–20, 10–18 см по ГОСТ 10409-74 "Колеса автомобильные с разборным ободом. Виды и основные размеры. Технические требования") в среднем в 1,6 раза меньше, чем по оси нагружения. Исходя из этого, общий модуль упругости основания по данным испытаний колесом автомобиля рассчитывают по формуле

$$E = \frac{4 \cdot 0{,}91}{3{,}14 \cdot 33} \cdot \frac{P}{1{,}6 \cdot l} \approx 0{,}022 \frac{P}{l} .$$

Для испытания оснований применяют двухосный грузовой автомобиль с нагрузкой от сдвоенного заднего коле-

са не менее 35кН. Значение нагрузки P устанавливается перед проведением испытаний на автомобильных весах.

Подготовку рычажного прогибомера к работе и измерение прогиба проводят в соответствии с ВСН 46-72.

Содержание

Стр.

Предисловие 3

1. Общие положения 5

2. Классификация и выбор каменных материалов 5

3. Конструирование дорожной одежды с учетом свойств материалов основания 8

4. Строительство оснований из прочного щебня 13

5. Строительство оснований из малопрочного щебня 16

6. Строительство щебеночных оснований, укрепленных цементопесчаной смесью способом пропитки . . . 17

7. Устройство щебеночных оснований зимой 22

8. Контроль и управление качеством строительства оснований 23

Приложение 1. Определение остаточной пористости щебеночного слоя 27

Приложение 2. Определение модуля упругости щебеночного основания послойными штамповыми испытаниями 28

Приложение 3. Определение общего модуля упругости основания при испытании колесом автомобиля . . 31

Ответственный за выпуск
инж. Е.И.Эппель

Редактор Т.М.Бирюшова
Технический редактор А.В.Евстигнеева
Корректор И.А.Рубцова

Подписано к печати 22/1 1980г. Формат 60x84/16
Л 63747
Заказ 89-0 Тираж 900 1,5 уч.-изд.л. 1,8 печ.л. Цена 22 коп.

Участок оперативной полиграфии Союздорнии
143900 Московская обл.,Балашиха-6, ш.Энтузиастов, 79

gost.e-ecolog.ru