

**Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
Иркутский государственный аграрный университет
им. А.А. Ежевского**

**Кафедра «Эксплуатация машинно - тракторного парка,
безопасность жизнедеятельности и профессиональное обучение»**

**ТРАНСПОРТНО - ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ КАЧЕСТВА
АВТОМОБИЛЬНЫХ И ВНУТРИХОЗЯЙСТВЕННЫХ ДОРОГ**

**Методические указания по практическим занятиям
для студентов инженерного факультета
направление подготовки 23.03.03 Эксплуатация
транспортно - технологических машин и комплексов,
профиль «Автомобили и автомобильное хозяйство в АПК»
(уровень бакалавриата)**

Молодёжный, 2020

Рекомендовано к изданию учебно - методической комиссией инженерного факультета Иркутского ГАУ (протокол № 3 от «20» ноября 2020 г.).

Рецензент:

Бураев М.К. – заведующий кафедрой «Технический сервис и общинженерные дисциплины», д.т.н., профессор.

Транспортно - эксплуатационные качества автомобильных и внутрихозяйственных дорог : методические указания по практическим занятиям для студентов инженерного факультета направление подготовки 23.03.03 Эксплуатация транспортно - технологических машин и комплексов, профиль «Автомобили и автомобильное хозяйство в АПК» (уровень бакалавриата) / Иркут. гос. аграр. ун-т им. А. А. Ежевского ; сост.: П. И. Ильин, Ц. В. Цэдашиев. – Молодёжный : Изд - во Иркутского ГАУ, 2020. - 77 с. – Текст : электронный.

Методические указания соответствуют требованиям ФГОС подготовки бакалавров по направлению 23.03.03 Эксплуатация транспортных и транспортно - технологических машин и комплексов. Профиль Автомобили и автомобильное хозяйство в АПК.

СОДЕРЖАНИЕ

Практическая работа № 1	4
Изучение основных элементов автомобильных дорог.....	4
Контрольные вопросы.....	22
Практическая работа № 2.....	23
Изучение воздействия автомобиля на дорогу.....	23
2.1. Особенности взаимодействия дороги и автомобиля.....	23
2.2 Силы, действующие от колеса автомобиля на дорожное по- крытие.....	25
Контрольные вопросы.....	31
Практическая работа № 3.....	32
Измерение прочности и деформации дорожной одежды.....	32
Виды деформаций дорожного покрытия и разрушений дорожной одежды.....	39
Контрольные вопросы.....	44
Практическая работа № 4.....	45
Измерение ровности дорожного покрытия.....	45
Контрольные вопросы.....	62
Практическая работа № 5.....	63
Измерение скользкости и шероховатости дорожного покрытия....	63
Контрольные вопросы.....	76

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 1

ИЗУЧЕНИЕ ОСНОВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

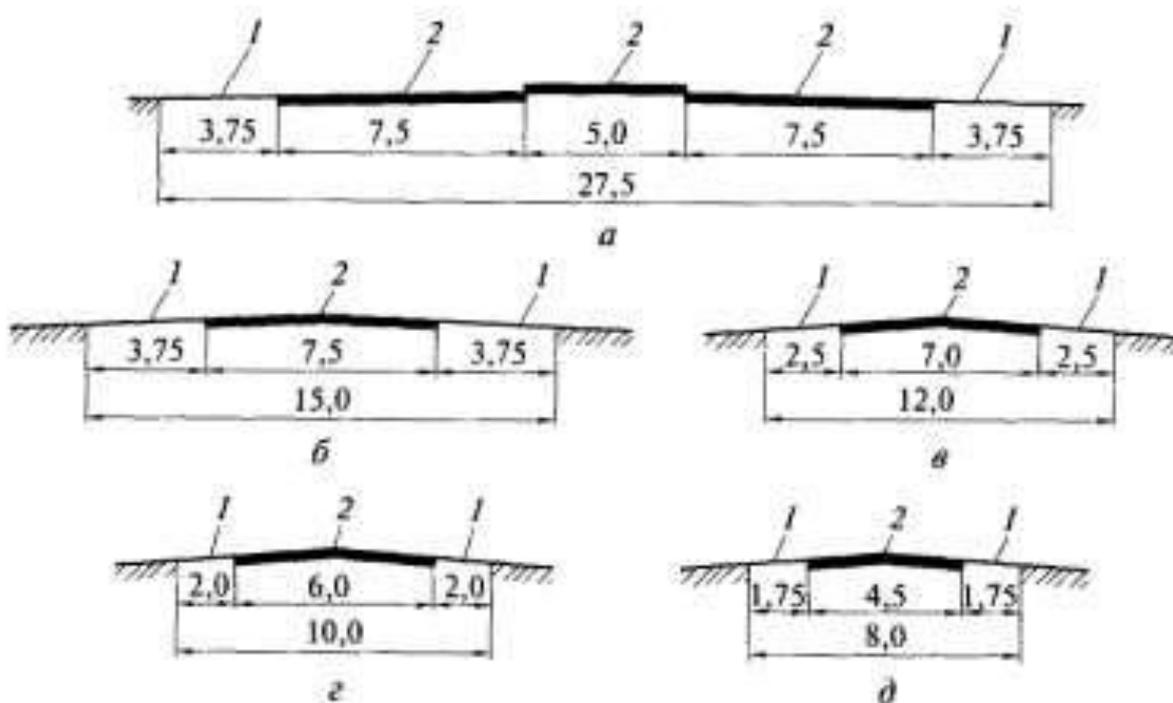
Поперечным профилем дороги называется изображение, полученное сечением дороги вертикальной плоскостью, перпендикулярной оси дороги. Основные параметры поперечного профиля дороги приведены в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Параметры поперечного профиля дороги

Параметры элементов дороги	Категория дороги					
	1-а	1-б	II	III	IV	V
Число полос движения	4; 6; 8	4; 6; 8	2	2	2	1
Ширина полосы движения, м	3,75	3,75	3,75	3,5	3	-
Ширина проезжей части, м	2 × 7,5	2 × 7,5	7,5	7	6	4,5
	2 × 11,25	22 × 11,25				
	2 × 15	2 × 15				
Ширина обочин, м	3,75	3,75	3,75	2,5	2	1,75
Наименьшая ширина укрепленной полосы обочины, м	0,75	0,75	0,75	0,5	0,5	-
Наименьшая ширина разделительной полосы между разными направлениями движения, м	6	5	-	-	-	-
Наименьшая ширина укрепленной полосы на разделительной полосе, м	1	1	-	-	-	-
Ширина земляного полотна, м	28,5; 36	27,5; 35	15	12	10	8
	43,5	42,5				

В поперечном профиле дорог вдоль проезжих частей с обеих сторон устраивают грунтовые полосы - обочины (рисунок 1.1).

Обочины создают боковой упор для дорожной одежды проезжей части и используются для временной стоянки автомобилей.



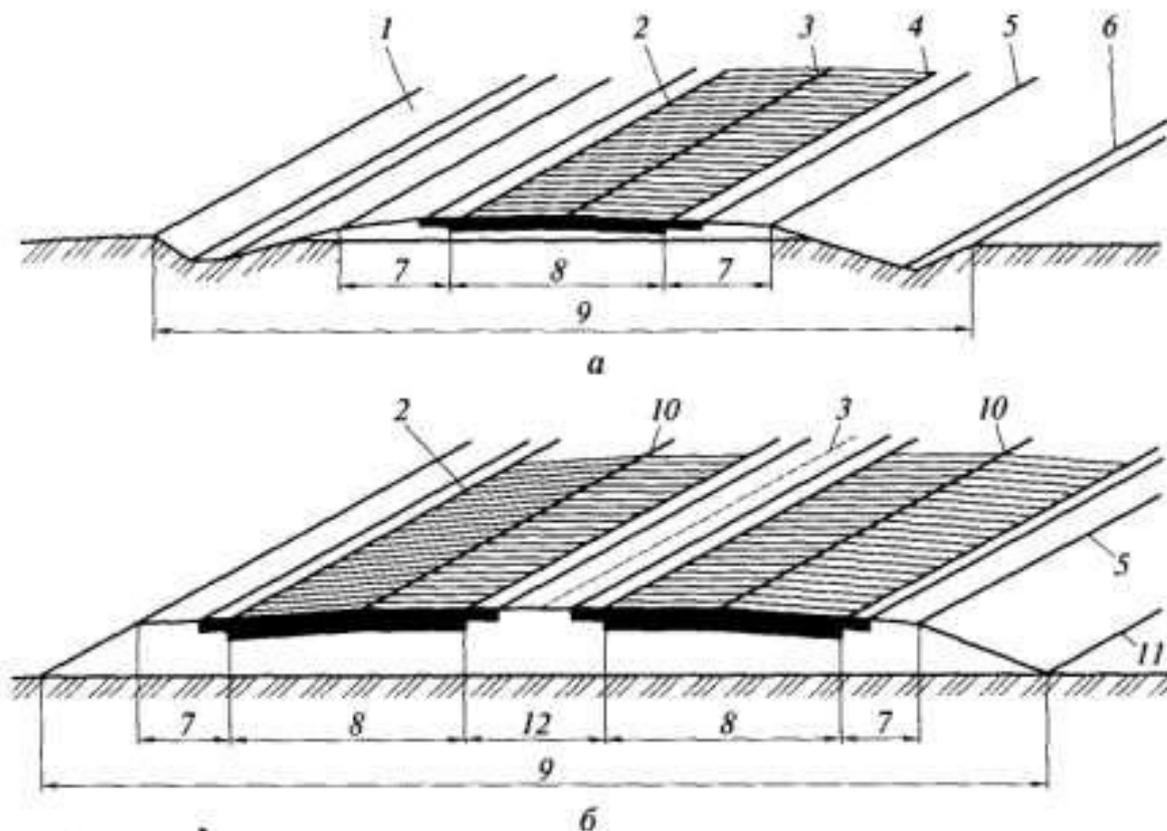
а – дороги I категории; б – дороги II категории; в – дороги III категории; г – дороги IV категории; д – дороги V категории; 1 – обочины; 2 – дорожная одежда проезжей части/

Рисунок 1.1 – Типовые поперечные профили автомобильных дорог общей сети России (размеры даны в метрах)

Полоса земли, на которой устраивают проезжую часть и обочины, называется земляным полотном. Земляное полотно отделяется от прилегающей местности откосами или боковыми канавами, которые служат для осушения земляного полотна и отвода поверхностной воды. При устройстве земляного полотна в насыпи необходимый грунт подвозят из находящихся вблизи выемок или при его недостатке берут из закладываемых около дороги неглубоких выработок, называемых резервами. Избыточный грунт из выемок укладывают в валы, называемые кавальерами.

Важным элементом автомобильной дороги является проезжая часть, которая позволяет беспрепятственно и безопасно двигаться транспортным средствам с заданной скоростью (рисунок 1.2). Проезжая часть должна занимать строго определённое положение, иметь размеры и геометрическое очертание, соответствующее требованиям дорожного движения, достаточно прочную и ровную поверхность.

Общая ширина улиц зависит от соотношения высоты застройки и расстояния между линиями застройки, от характера озеленения, ширины проезжей части, тротуара, технических зон для устройства подземных сооружений и других факторов.



а – с одной проезжей частью; б – с двумя проезжими частями и разделительной полосой; 1 – внешний откос канавы; 2 – краевая укрепительная полоса; 3 – ось дороги; 4 – кромка проезжей части; 5 – бровка насыпи; 6 – внутренний откос; 7 – обочина; 8 – проезжая часть; 9 – земляное полотно; 10 – ось проезжей части; 11 – откос насыпи; 12 – разделительная полоса.

Рисунок 1.2 – Элементы поперечного профиля автомобильной дороги

Необходимая ширина проезжей части и тротуаров должна определяться в соответствии с составом и размером перспективных транспортных потоков и пешеходов в периоды максимального движения для наиболее загруженного участка. Правильное определение необходимой и достаточной ширины проезжей части имеет большое техническое и экономическое значение при планировке новых городов, а также при реконструкции существующих магистралей. Учитывая большую стоимость сооружения и эксплуатации проезжей части улицы, её ширину делают минимальной, но достаточной для

пропуска транспортных потоков, рассчитанных на отдалённую перспективу. Необходимость расширения улиц и их проезжих частей при росте движения в старых городах приводит к громадным затратам.

Чрезмерно большая ширина проезжих частей улиц не только вызывает излишние расходы на их сооружение и эксплуатацию, но приводит к неэффективному их использованию, так как пропускная способность магистралей не возрастает пропорционально ширине. Излишняя ширина перекрестков может даже вызывать снижение пропускной способности из-за увеличения длительности их пересечения автомобилями и пешеходами.

Необходимая ширина проезжей части улицы, предназначенной непосредственно для движения транспортных средств, при установленном числе полос движения складывается из суммы величин габаритной ширины расчётных транспортных единиц и суммы зазоров безопасности.

Габаритная типовая ширина может быть принята для современных троллейбусов и автобусов 2,6 м, для новых троллейбусов и автобусов 2,7 м, для грузовых автомобилей 2,5 м и легковых автомобилей.

Зазоры безопасности определяют минимально необходимое и достаточное расстояние между кузовами транспортных единиц при встречном движении, при обгоне или попутном движении, а также между кузовом и бортом тротуара или полосой для стоянки автомобилей.

При установленных Правилами дорожного движения ограничениях скорости движения легковых автомобилей по улицам городов 60 км / ч величина зазоров безопасности может быть принята примерно 0,7 м между бортом тротуара и кузовами транспортных средств, движущихся по первой полосе, и 1...1,2 м между кузовами попутных автомобилей. Ширина проезжей части городских магистралей определяется кратной 3,75 м.

Нормами проектирования автомобильных дорог установлены ширина одной полосы (ленты) движения и наименьшее число полос (лент) для улиц и дорог разного назначения (таблица 1.1).

На первой очереди строительства ширина проезжей части магистральных улиц может быть уменьшена при двустороннем троллейбусном движении до 10,5 м, при двустороннем автобусном движении до 9 м.

Чтобы в перспективе можно было расширить проезжую часть до полной расчётной величины, необходимо оставлять резервные полосы вдоль оси проезжей части с временным их озеленением. Осевое расположение резервных полос даёт возможность расширить проезжую часть, без каких - либо переустройств. Расположение же резервных полос вдоль тротуара вызывает необходимость перекладки бортов тротуара и водоприёмных колодцев, изменения отметок тротуара, а иногда даже переустройства входов в здания.

Для разделения встречных потоков безрельсовых транспортных средств, отделения транзитных потоков от местного движения и изоляции транспортных и пешеходных потоков устраивают разделительные полосы.

Ширину зелёных разделительных полос вдоль тротуаров желательно принимать 3,5 м из условия посадки деревьев или кустарников в открытом грунте и возможности устройства уширения проезжей части перед перекрёстком на одну полосу движения за счёт обрыва зелёной полосы. Между зелёной полосой и бортом тротуара следует оставлять полосу тротуара шириной 0,75...1 м для служебного прохода и складирования снега. Наименьшая ширина разделительной полосы между проезжей частью и тротуаром 2 м.

Устройство зелёной разделительной полосы вдоль тротуара упорядочивает пешеходное движение, повышает безопасность и скорость движения транспортных средств, способствует благоустройству улицы, улучшает гигиенические условия для пешеходов и людей, живущих в домах, расположенных на магистральных улицах.

Для разделения движения по встречным направлениям между проезжими частями устраивают центральную разделительную полосу. Центральная разделительная полоса повышает безопасность и скорость движения, исключая возможность столкновения транспортных средств встречных потоков, улучшает дисциплину движения транспортных средств и пешеходов.

Ширину центральной разделительной полосы следует принимать 6 м на скоростных дорогах и 4 м на магистральных улицах непрерывного движения и дорогах грузового движения.

Устройство островков безопасности на центральной разделительной полосе магистралей общегородского значения в местах переходов обеспечивает необходимое место для пешеходов, скапливающихся в ожидании зелёного сигнала светофора, и сокращает длительность жёлтого сигнала.

Разделительные полосы, отделяющие проезжие части от других элементов дорог и улиц, должны быть приподняты над проезжей частью на 15...20 см.

Центральные разделительные полосы могут возвышаться над проезжей частью или располагаться в одном с ней уровне с выделением двумя параллельными линиями разметки, нанесёнными на дорожное покрытие белой краской.

В сложном рельефе при расположении дороги на косогоре проезжие части каждого направления могут быть расположены на разной высоте с устройством разделительной полосы на откосе. Такое решение существенно уменьшает объём земляных работ, приближая к естественному рельефу расположение проезжих частей каждого направления.

В целях уменьшения стоимости искусственных сооружений допускается не устраивать (или уменьшать ширину) разделительных полос на мостах, эстакадах, путепроводах и в тоннелях. Наименьшая ширина полосы, предназначенной только для разделения движения по направлениям и служебного прохода, 1,2 м. Учитывая неравномерное распределение больших транспортных потоков в разные часы суток по направлениям движения, целесообразно предусматривать устройство передвижных разделительных полос.

На скоростных дорогах, а также на магистральных улицах общегородского значения с интенсивным движением и фронтальной застройкой проезжие части местного движения отделяются от основных проезжих частей транзитного движения разделительными полосами шириной не менее 3 м на

скоростных дорогах и магистралях с непрерывным движением и 6 м на магистральных улицах общегородского значения с регулируемым движением.

Наименьшая ширина палисадников перед многоэтажными зданиями 6 м, одноэтажными – 4 м, причём расстояние от наружных стен зданий не должно быть менее 5 м до осей стволов деревьев и уклонами в пределах 5...50 %. Ширина газонов устанавливается с учётом возможности складывания снега, а также размещения под ними подземных инженерных сетей.

На дорогах и улицах, ведущих к паркам, стадионам, пляжам, выставкам, промышленным предприятиям, загородным магистралям, в пригородные районы и зоны отдыха, проектируется устройство велосипедных дорожек. Ширина велосипедных дорожек должна быть не менее 1,5 м для движения в один ряд и 2,5 м для движения в два ряда в одном направлении.

Пропускная способность при движении в один ряд составляет 300 вел. / ч. Велосипедные дорожки отделяют от тротуара полосой кустарника шириной 1,2 м, а от проезжей части – 0,8 м.

Продольные уклоны для велосипедных дорожек принимают не менее 4 % и не более 50 %, поперечные уклоны - 15...25 %.

Ширина тротуаров определяется в соответствии с размерами движения пешеходов в оба направления, принимая ширину одной полосы движения 0,75 м и её расчётную пропускную способность 1000 чел. / ч на тротуарах и дорожках, ограниченных зелёными насаждениями. Пропускная способность тротуаров у застройки с магазинами снижается до 700 чел. / ч по одной полосе движения, у застройки, отделённой зелёными полосами, до 800 чел. / ч, а на прогулочных дорожках и аллеях до 600 чел. / ч.

Свободную ширину тротуаров следует принимать не менее следующих значений:

- 4,5 м на магистральных улицах общегородского значения;
- 3 м на магистралях районного значения;
- 2,25 м на жилых улицах;

- 1,5 м на дорогах местного значения промышленных и коммунально - складских районов, а также местных проездах.

В свободную ширину тротуаров входит только пространство, предназначенное непосредственно для движения пешеходов. При размещении в пределах тротуара и пешеходных дорожек мачт наружного освещения, опор контактного провода трамвая или троллейбуса и других препятствий для движения пешеходов минимальная ширина тротуаров увеличивается на ширину соответствующих препятствий (0,5...1,2 м).

В местах массовой концентрации пешеходов: вблизи стадионов, входов в городские парки, выставки, у вокзалов, станций метрополитена, театров и кинотеатров, крупных универмагов и других пунктов ширина тротуаров определяется расчётом в соответствии с максимальными размерами движения пешеходов.

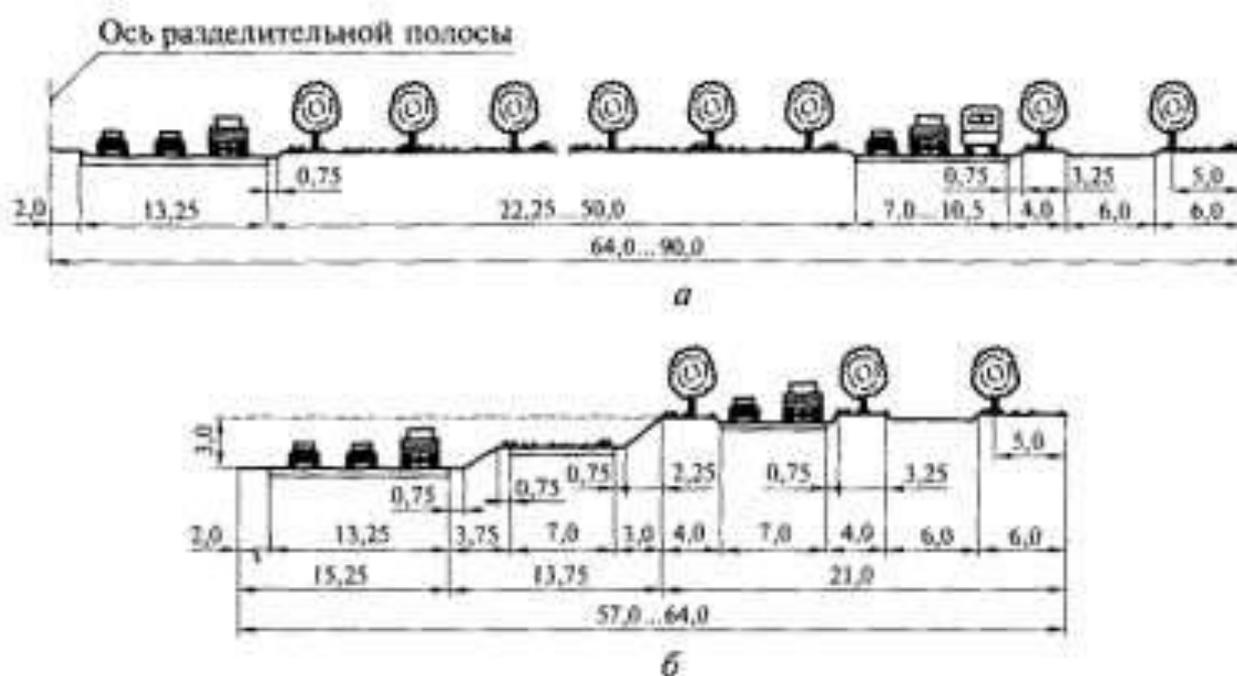
Тротуары проектируют выше проезжей части на 15 см, ограждая их бортовыми камнями и придавая им, поперечный уклон в сторону проезжей части 10...15 %. Продольные уклоны тротуаров не должны превышать 60 %. При больших уклонах тротуары и пешеходные дорожки устраивают с лестницами на отдельных участках. Общая ширина улиц определяется в соответствии с их типовыми поперечными профилями и входящими в них элементами.

На городских скоростных дорогах, ширина проезжей части которых вместе со служебными тротуарами занимает только 20...30 м, для изоляции застройки от шума и пыли устраивают полосы шириной не менее 50 м с массивным озеленением деревьями и кустарниками.

Общая ширина территории, занимаемой скоростной дорогой при наличии жилых районов с обеих сторон, составляет при таком решении примерно 130...180 м с учётом устройства тротуаров, местных проездов и зеленых полос (рисунок 1.3, а). При наличии жилых районов только с одной стороны скоростной дороги ширина занимаемой ею территории сокращается до 80...105 м.

Для сооружения пересечений в разных уровнях без ухудшения продольного профиля скоростной дороги её проезжую часть устраивают в выемке глубиной 3...5 м. Откосы или подпорные стенки выемки служат одновременно экраном, несколько ограничивающим распространение шума.

Для съезда на скоростную дорогу и выезда с неё у пересечений в разных уровнях устраивают боковые съезды (пандусы), связывающие скоростную проезжую часть с местными проездами. Общая ширина территории, занимаемой скоростной дорогой в выемке с учетом пандусов и откосов, составляет примерно 110...130 м (рисунок 1.3, б).



а – в одном уровне; б – в выемке.

Рисунок 1.3 – Поперечные профили городских скоростных дорог (размеры даны в метрах)

Магистральные улицы общегородского значения с непрерывным движением с устройством всех пересечений в разных уровнях имеют ширину на перегонах в крупных городах 55...73 м.

Ширина магистралей непрерывного движения при небольших потоках может быть принята 55 м при сужении ширины тротуаров до 4,5 м и ширины местных и транзитных проезжих частей до двух лент в каждом направлении по 7 м.

При ширине проезжей части в тоннеле с тремя полосами движения в одном направлении по 4 м каждая общая ширина магистралей достигает 73 м.

Магистральные улицы общегородского значения с регулируемым движением на перекрестках в крупных городах могут быть шириной 50...60 м.

При устройстве местных проездов, отделенных от транзитной проезжей части застройкой шириной 6 м, общая ширина магистрали увеличивается до 70...80 м.

Трамвайная линия на обособленном полотне располагается между транзитным и местным проездами.

Если необходимо предусмотреть полосу разделения между тротуаром и застройкой по 6 м с каждой стороны, общая ширина магистрали может быть увеличена на 12 м.

Ширина поперечного профиля магистральных улиц при потоках может быть уменьшена до 32 м с устройством проезжей части шириной 16 м, тротуаров – 4,5 м, зеленых полос – 3,5 м.

Поперечные профили магистральных улиц районного значения (рисунок 1.4) проектируют шириной 24...41 м в зависимости от расположения застройки прилегающих жилых образований и наличия или отсутствия зеленых насаждений между тротуаром и красной линией. Зелёные полосы могут также располагаться в отступах застройки.

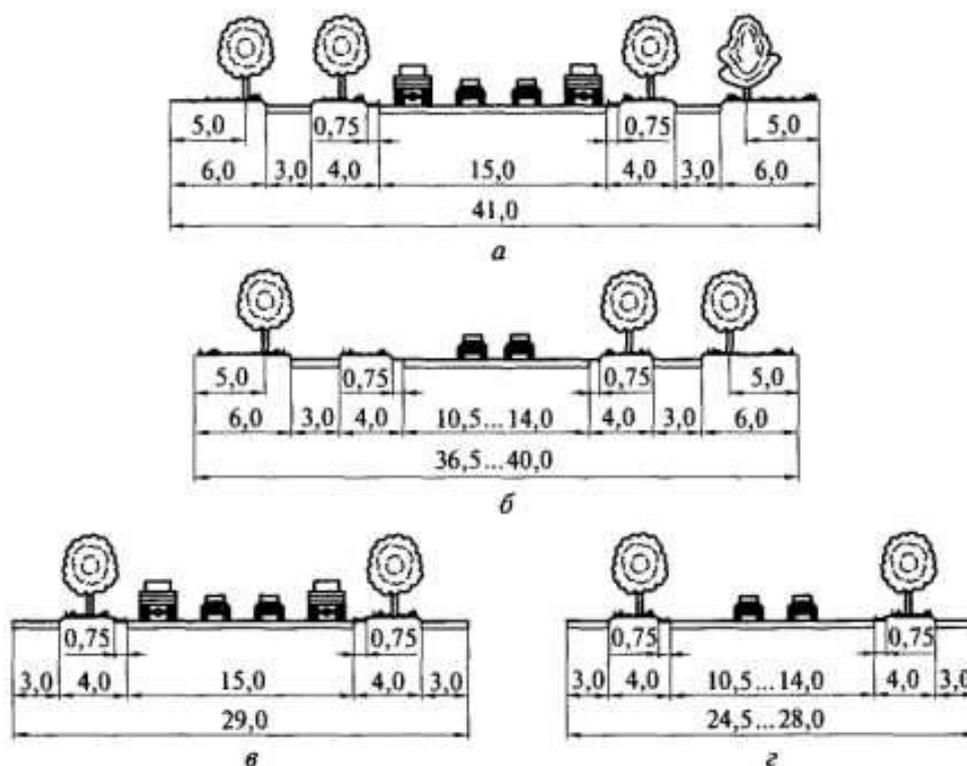
Жилые улицы в районах многоэтажной застройки с выделением полос для остановок автомобилей и палисадников у застройки могут иметь ширину 33...35 м, а без палисадников - 21...23 м.

В районах малоэтажной и усадебной застройки ширина жилых улиц с подземными водостоками может быть уменьшена до 15 м с одним рядом деревьев.

По нормам проектирования ширина улиц в пределах красных линий установлена не менее следующих значений:

- 75 м для магистральных улиц общегородского значения непрерывного движения;
- 60 м для регулируемого движения;
- 35 м для магистральных улиц районного значения;
- 25 м для улиц местного движения при многоэтажной застройке;
- 15 м – при малоэтажной застройке при соблюдении установленных санитарных разрывов между зданиями.

Значения поперечных уклонов проезжих частей улиц и дорог принимают в зависимости от продольных уклонов и типа дорожных покрытий. Величина их изменяется от 15...25 % для относительно гладких асфальтобетонных и цементобетонных покрытий до 20...30 % для покрытий из брусчатки, мозаики и сборных бетонных или железобетонных плит. В планировочных проектах поперечный уклон проезжих частей принимают обычно усреднено 20 %.



(а, в) и жилых улиц (б, г): а, б – зелеными полосами у застройки; в, г – без зеленых полос.

Рисунок 1.4 – Поперечные профили магистральных улиц районного значения

Земляное полотно - конструктивная часть дороги, выравнивающая неровности рельефа местности, служит основанием для дорожной одежды. Земляное полотно можно устраивать в насыпях и выемках; к нему относятся устройства и сооружения, предназначенные для отвода поверхностных и грунтовых вод.

Боковые поверхности земляного полотна, представляющие собой наклонные плоскости, называют откосами. Линию пересечения поверхности откоса с поверхностью земли для насыпи называют подошвой откоса, а для выемки – верхней бровкой откоса.

Крутизну откосов земляного полотна назначают из соображений их устойчивости под действием собственной массы и транспортных средств, а также под влиянием атмосферных факторов, с учётом требований безопасности дорожного движения и удобства производства земляных работ, условий заносимости снегом или песком.

Конструкция земляного полотна зависит от категории дороги, типа дорожной одежды, природных условий и необходимости обеспечения движения транспорта с высокими расчетными скоростями.

Для устройства насыпей можно использовать грунты, состояние которых под влиянием природных факторов практически не меняется или меняется незначительно, не влияя на прочность и устойчивость земляного полотна: скальные или слабо- и легковыветривающиеся неразмягчаемые горные породы, крупнообломочные, песчаные (за исключением мелких дренирующих и пылеватых песков) породы, лёгкие крупные супеси. Устойчивость земляного полотна также зависит от правильного расположения разных грунтов в насыпи, их влажности и плотности.

Для повышения несущей способности слабого основания земляного полотна применяют синтетические материалы, укладывая их на грунт перед возведением насыпи. Такие материалы используют также для обеспечения проезда дорожных машин на участках слабых грунтов при малой толщине насыпного слоя из дренирующих материалов; для предохранения зернистых

материалов от перемешивания с переувлажнёнными глинистыми грунтами основания; в качестве фильтра для защиты дренажных конструкций, морозозащитных и дренирующих слоёв от заиливания.

Типовые поперечные профили земляного полотна приведены на рисунке 1.5.

На дорогах I категории предусмотрены профили для четырёх- и шести-полосного движения с разделительной полосой шириной соответственно 12,5 (13,5) и 5 (6) м. Предусмотрены поперечные профили насыпей высотой до 12 м, выемок глубиной 12 и 16 м в скальных слабыветривающихся породах.

Для дорог I, II категорий разработаны поперечные профили насыпей высотой до 2 м и выемок глубиной до 1 м. Поперечные профили выемок глубиной до 1 м для дорог всех категорий запроектированы в виде разделанных под насыпь и раскрытых выемок.

Около дорог I - IV категорий при высоте насыпи 1 м предусмотрены боковые каналы - лотки или резервы при сплошном дренирующем слое, около дорог I - III категорий – продольный трубчатый дренаж. Независимо от глубины выемки и высоты насыпи в не скальных грунтах для дорог I - III категорий разработаны поперечные профили, как со сплошным дренирующим слоем, так и с продольными трубчатыми дренами, а для особых условий – каналы - траншеи.

Различают поперечные профили земляного полотна обтекаемого и необтекаемого очертания. Земляное полотно обтекаемого очертания способствует наименьшей заносимости дороги снегом, повышению безопасности дорожного движения и лучше вписывается в окружающий ландшафт. Полотно обтекаемого профиля выполняют во всех случаях. Исключение делается для стесненных условий или при проложении дороги по ценным сельскохозяйственным угодьям.

Как правило, насыпи возводят преимущественно из грунтов выемок и сосредоточенных резервов. Если дорога проходит по малоценным угодьям, используют грунт из боковых резервов, глубину которых не разрешается де-

лать более 1,5 м. Излишний грунт из выемок при целесообразной дальности транспортирования можно использовать для уменьшения крутизны откосов земляного полотна, устройства съездов, площадок отдыха, автобусных остановок.

Дорожной одеждой называют многослойную конструкцию, устраиваемую на проезжей части для удобного и безопасного движения транспортных средств с расчетной скоростью. Дорожная одежда состоит из дорожного покрытия, основания и дополнительных слоев (рисунок 1.6).

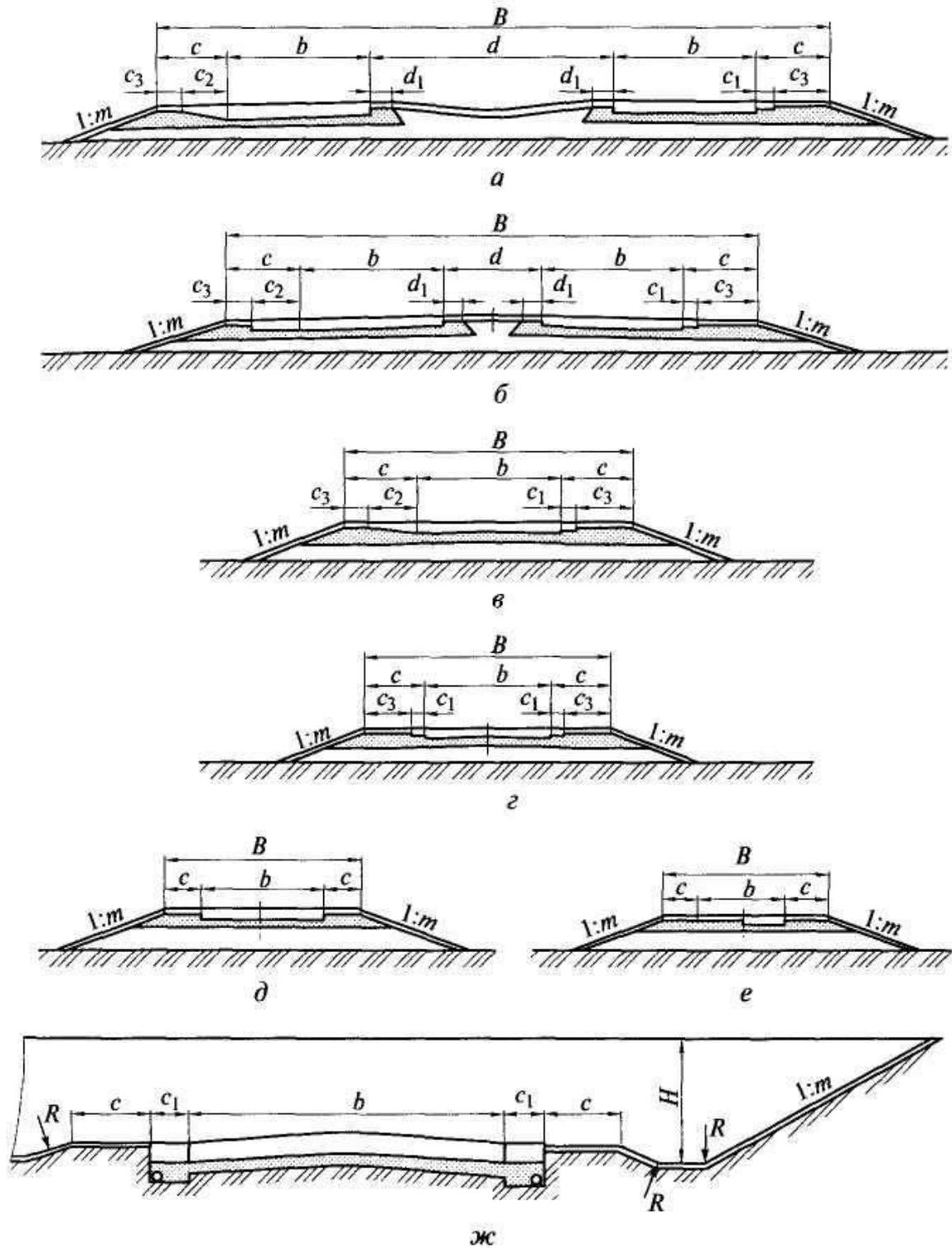
Дорожное покрытие – верхний, наиболее прочный слой дорожной одежды, непосредственно воспринимающий нагрузку от транспортных средств. Дорожное покрытие может быть одно- и двухслойным.

Верхний слой дорожного покрытия благодаря ровной поверхности обеспечивает необходимые транспортно - эксплуатационные качества дороги. Верхний слой дорожного покрытия подвергается непосредственному воздействию колёс транспортных средств и атмосферных факторов, поэтому его устраивают из прочных каменных материалов с применением вяжущих.

При малой интенсивности движения дорожные покрытия устраивают из местного грунта, обработанного вяжущим. Для повышения прочности на дорожных покрытиях из слабых каменных материалов устраивают тонкий слой износа из более прочных материалов, называемый защитным.

Основание – несущая часть дорожной одежды, устраиваемая из каменных материалов или грунта, укрепленных вяжущим. Основание вместе с дорожным покрытием передает давление от транспортных средств на расположенные ниже дополнительные слои, а при их отсутствии – непосредственно на грунт земляного полотна.

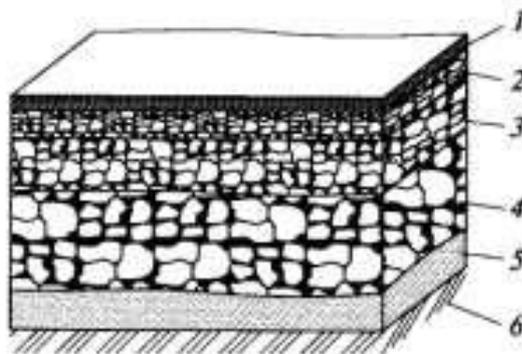
Дополнительные слои располагают между основанием и грунтом земляного полотна. Дополнительный слой оснований может быть дренирующим, выравнивающим, противозаиливающим, морозозащитным.



a, б – дорог I категории; *в, г* – дорог II категории; *д* – дорог III, IV категорий; *е* – дорог V категории; *ж* – дорог в выемке; B – ширина земельного полотна; b – ширина проезжей части; d – ширина разделительной полосы; d_1 – ширина укрепления; c – ширина обочины; c_1 – ширина дренажа; c_2 – ширина укрепительной полосы; c_3 – ширина укрепленной обочины; $1:m$ – уклон откоса; H – глубина выемки; R – радиус.

Рисунок 1.5 – Типовые поперечные профили земельного полотна

Верхний слой земляного полотна, или подстилающий грунт, представляет собой тщательно уплотнённый слой, на котором устраивают дорожную одежду. Подстилающий грунт должен быть достаточно прочным, в ряде случаев его укрепляют вяжущим.



1 – слой износа; 2 – верхний слой дорожного покрытия; 3 – нижний слой дорожного покрытия; 4 – основание; 5 – дополнительный слой; 6 – подстилающий грунт.

Рисунок 1.6 – Дорожная одежда

Все конструкции дорожных одежд принято подразделять по сопротивлению изгибу на жёсткие (цементобетонные) и нежёсткие.

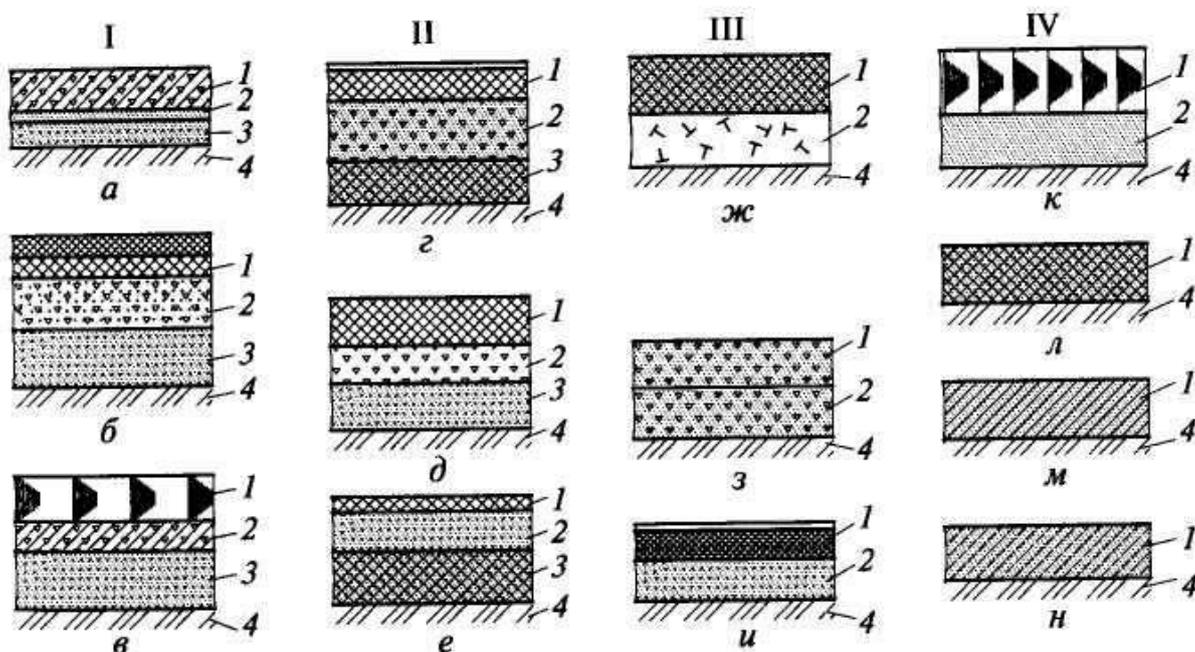
По конструкции слои дорожной одежды бывают из сыпучих материалов, уплотненных катками и движением транспортных средств, набирающие прочность в результате уплотнения и развития сил трения (расклинки), удерживающих отдельные частицы в слое; из асфальтобетонных и цементобетонных смесей, образующих монолит после укладки, уплотнения и твердения; сборные цементобетонные покрытия из плит.

Важной характеристикой дорожной одежды является её технологичность, т.е. свойство, позволяющее использовать наиболее экономичные технологические приемы, комплексную механизацию и поточный метод.

Типы дорожных покрытий регламентированы СНиП 3.06.03-85 «Автомобильные дороги» исходя из категории дороги, следовательно, интенсивности движения и нагрузок транспортных средств (рисунок 1.7).

На дорогах I, II категорий (в ряде случаев III и IV) устраивают усовершенствованные дорожные покрытия капитального типа цементобетонные (монолитные и сборные); асфальтобетонные из смесей, укладываемых в го-

рячем состоянии; мостовые из брусчатки и мозаики на бетонном или каменном основании; из смесей подобранного состава, обработанных битумом, с применением прочного щебня и вязкого битума.



I (а - в), II (г - е), III (ж - и), IV (к - н) категорий.

а – цементобетонные монолитные и сборные; *б* – асфальтобетонные из горячих и теплых смесей; *в* – мостовые из брусчатки, мозаики на каменном или бетонном основании; *г* – щебеночные из прочных щебеночных материалов подобранного состава с минеральным порошком или без него, обработанные в смесителе вязкими органическими вяжущими; *д* – щебеночные (гравийные), обработанные по способу пропитки; *е* – из холодного асфальтобетона; *ж* – из грунтов, обратных в установке вязким битумом; *з* – щебеночные (гравийные), шлаковые; *и* – грунтовые и из местных слабых материалов, обработанных органическими вяжущими; *к* – мостовые из булыжного или колотого камня; *л* – грунтовые, укрепленные местными скелетными материалами (гравием, щебнем и др.); *м* – грунтовые подобранного гранулометрического состава; *н* – грунтовые неукрепленные; 1 – дорожное покрытие; 2 – основание; 3 – дополнительный слой основания; 4 – грунтовое основание.

Рисунок 1.7 – Конструктивные слои одежд для автомобильных дорог

Смеси готовят в асфальтосмесительных установках на асфальтобетонном заводе.

На дорогах III -V категорий при стадийном строительстве и на дорогах II, III категорий устраивают усовершенствованные облегченные дорожные покрытия: из горячих асфальтобетонных смесей, укладываемых в разогретом состоянии (кроме I дорожно - климатической зоны); из холодных асфальто-

бетонных смесей, укладываемых в холодном состоянии; устраиваемые по способу пропитки, полупропитки, смешения на дороге.

К усовершенствованным облегчённым отнесены также дорожные покрытия из прочного щебня (не содержащего зёрен мельче 5 мм), обработанного битумом (дэгтем) в установке, а также способом пропитки или полупропитки; из крупнообломочных материалов (с размером фракций до 40 мм); из песчаных или супесчаных грунтов, обработанных битумной эмульсией с цементом с обязательным устройством поверхностной обработки.

На дорогах IV, V категорий, а при строительстве дорожных одежд в несколько стадий и на дорогах III - V категорий на первой стадии применяют дорожные покрытия переходного типа:

- щебёночные, гравийные, шлаковые, не обработанные вяжущим;
- из грунтов и местных малопрочных каменных материалов, обработанных вяжущими с добавкой или без добавки активных веществ;
- мостовые из булыжного и колотого камня.

Дорожные покрытия низшего типа устраивают на дорогах V категории и на внутрикарьерных дорогах при стадийном устройстве дорожных одежд и на дорогах IV категории при первой очереди строительства. К дорожным покрытиям низшего типа относятся грунты, укреплённые или улучшенные разными местными скелетными материалами, покрытия лежневые, бревенчатые, сплошные и колеиные.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Чем отличаются поперечные профили внегородских дорог и городских улиц?
2. Какие требования предъявляются к земляному полотну дороги?
3. Из каких конструктивных слоев состоит дорожная одежда?
4. Какие существуют типы покрытий проезжей части дороги?

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 2

ИЗУЧЕНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ АВТОМОБИЛЯ НА ДОРОГУ

2.1. Особенности взаимодействия дороги и автомобиля

При движении автомобиля вдоль дороги происходит его пространственное перемещение как поступательное, так и вращательное. При этом возникают вертикальные силы, вызывающие деформацию дорожного покрытия, и касательные усилия, наиболее значительные при разгоне и торможении автомобиля в зоне контакта шины колеса с дорожным покрытием, вызывающие относительное смещение верхних слоёв дорожного покрытия.

Особенно сложным является движение автомобиля на подходах к кривым в плане и на самих кривых, в пределах которых автомобиль совершает вращательное движение вокруг вертикальной оси.

На таких участках возникают боковые силы, действующие как на автомобиль, так и на верхний слой дорожного покрытия и оказывающие большое влияние на устойчивость автомобиля. В связи с этим кривые в плане и подходы к ним проектируют в первую очередь из условия обеспечения устойчивого движения автомобиля, предупреждения его опрокидывания и заноса. Таким образом, при движении автомобиля по дороге действует система сил, разных по направлению и величине.

Для предупреждения появления больших вертикальных усилий, оказывающих отрицательное воздействие на подвеску автомобиля и на дорожную одежду, вертикальные вогнутые кривые проектируют по возможности больших радиусов.

Траектория и скоростной режим автомобиля во многом зависят от того, насколько детально учтены при проектировании элементов автомобильных дорог психофизиологические характеристики водителя.

Если водитель не имеет затруднений в оценке направления дороги, он правильно выбирает траекторию движения автомобиля на проезжей части и скоростной режим.

Ошибки в действиях водителя, особенно при узкой проезжей части, приводят к тому, что автомобиль заезжает на обочину, тем самым разрушая кромку проезжей части, обочину и само дорожное покрытие.

Большое значение имеет поддержание высокой ровности дорожного покрытия, позволяющей снизить отрицательное воздействие автомобиля на покрытие. Наличие неровностей вызывает колебания автомобиля, вредные для человека, дорожного покрытия и самого автомобиля. Неожиданный наезд автомобиля на большой скорости на неровность может привести к разрушению дорожного покрытия и поломке конструктивных элементов автомобиля.

Особенно ухудшается взаимодействие колеса с дорогой при наличии водяной пленки на поверхности дорожного покрытия. Ухудшается сцепление шины колеса с дорожным покрытием, а при высоких скоростях (более 80 км / ч) возникает так называемое явление аквапланирования, заключающееся в образовании водяного клина между передними колесами автомобиля и поверхностью дорожного покрытия; при этом передние колёса автомобиля приподнимаются и автомобиль теряет управляемость.

Появление большегрузных и скоростных грузовых автомобилей привело к неприятному для водителей легковых автомобилей явлению при движении по влажному покрытию – возникновению водяного облака.

Для предупреждения появления вокруг грузового автомобиля водяного облака устраивают так называемый дренаж - асфальт - покрытие, в которое уходит часть воды из зоны контакта шины колеса с дорожным покрытием. На автомобилях сбоку и сзади устанавливают специальные защитные щитки.

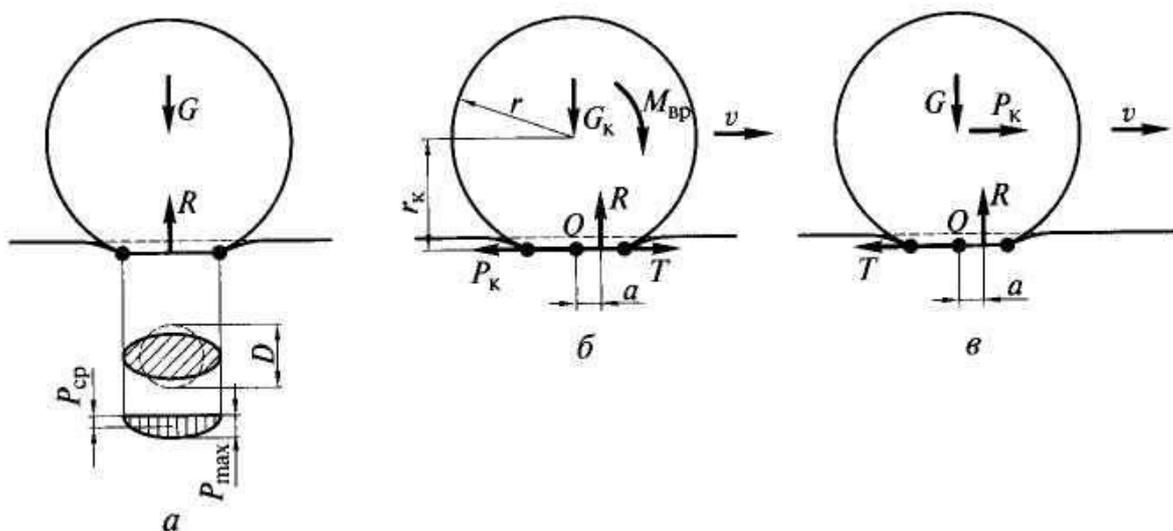
Несомненно, что воздействия автомобиля на дорожные сооружения усиливаются при неблагоприятных погодных условиях и плохом обеспече-

нии отвода воды от дороги и её сооружений, при этом существенно увеличивается износ дорожного покрытия и дорожной одежды в целом.

2.2 Силы, действующие от колеса автомобиля на дорожное покрытие

При движении автомобиля по дороге в зоне контакта шины колёса с дорожным покрытием возникают динамические вертикальные, продольные и поперечные касательные силы, значение которых зависит от типа автомобиля, шины колеса, нагрузки, природно - климатических условий и т. п.

На стоящее колесо действует только одна сила – вес автомобиля, приходящийся на это колесо. Особенностью автомобильного колеса является его эластичность. Под действием вертикальной силы колесо деформируется (рисунок 2.1, а), в месте контакта радиус колеса меньше, чем в других частях колеса, не соприкасающихся с дорожным покрытием.



a – стоящее колесо; *б* – ведущее колесо; *в* – ведомое колесо; *D* – размер пятна контакта колеса с дорожным покрытием; P_{cp} , P_{max} – соответственно средний и максимальный прогиб дорожного полотна; G – вес автомобиля; R – сила реакции; G_k – вес автомобиля, приходящийся на колесо; $M_{вр}$ – вращающий момент; T – сила трения; r_k – расстояние от центра колеса до поверхности дорожного покрытия; r – радиус колеса; a – расстояние от мгновенного центра скоростей O до линии действия силы реакции R ; P_k – окружная сила; v – скорость движения автомобиля.

Рисунок 2.1 – Схема сил, действующих на дорожное покрытие

Площадь следа колеса F меняется в пределах 250...1000 см². Для одного и того же автомобиля значение F , м², зависит от нагрузки на колесо:

$$F = \frac{G}{p} \quad (2.1)$$

где G – вес автомобиля, приходящийся на колесо, Н;

p – давление, Па.

Значение p не должно превышать 0,65 МПа на дорогах I - II категорий и 0,55 МПа на дорогах III - V категорий.

Различают площадь отпечатка колеса по контуру в форме эллипса (рисунок 2.1, а) и по выступам рисунка протектора. При определении среднего давления в расчёт принимают площадь отпечатка по выступам протектора. При расчёте дорожной одежды для вычисления p условно принимают площадь отпечатка в виде круга диаметром D , м, равновеликую площади эллипса:

$$D = 11,3 \sqrt{\frac{G}{0,1p}} \quad (2.2)$$

В большинстве автомобилей имеются ведущие и ведомые колёса. К ведущим колёсам подается вращающий момент $M_{вр}$, Н · м, от двигателя автомобиля:

$$M_{вр} = M_{дв} \cdot u_k \cdot u_T \cdot \eta, \quad (2.3)$$

где $M_{дв}$ – вращающий момент на коленчатом валу двигателя, Н · м;

u_k – передаточное число коробки передач;

u_T – передаточное число главной передачи;

η – коэффициент полезного действия главной передачи.

Действие вращающего момента $M_{вр}$ вызывает появление в зоне контакта окружной силы P_k , направленной в сторону, обратную движению (рисунок 2.1, б). Сила P_k вызывает горизонтальную силу реакции T , представляющую собой силу трения в плоскости контакта колеса с дорожным покрытием, при этом $T = P_k$.

При действии вертикальной силы G_k возникает сила реакции R , которая располагается на расстоянии, а впереди по ходу движения автомобиля. Значение G_k составляет для грузовых автомобилей – (0,65...0,7) G , для легковых – (0,5...0,55) G , где G – общий вес автомобиля, Н.

На ведомое колесо (рисунок 3.1, в) действует сила тяги. Горизонтальная реакция $T = P_k$ направлена в сторону, противоположную движению. Вертикальная сила реакции R так же, как и в случае ведущего колеса, смещена по ходу движения.

Вращающий момент $M_{вр}$ может быть определён также с учётом окружной силы P_k , H , и радиуса качения пневматического колеса r_k , м:

$$M_{вр} = P_k \cdot r_k, \quad (2.4)$$

при этом

$$r_k = \lambda \cdot r, \quad (2.5)$$

где λ – коэффициент уменьшения радиуса колеса в зависимости от жёсткости шин, $\lambda = 0,93...0,96$;

r – радиус недеформированного колеса, м.

В точке O – мгновенном центре скоростей – приложена сила трения (сцепления) колеса с поверхностью дороги.

Можно записать

$$R = G_k; \quad M_{вр} = Tr_k + Ra,$$

где a – расстояние от мгновенного центра скоростей до точки приложения силы реакции R .

Откуда

$$T = \frac{M_{вр}}{r_k} - R \frac{a}{r_k}. \quad (2.6)$$

Поскольку

$$\begin{aligned} M_{вр} / r_k &= P_k, \\ T &= P_k - G_k (a / r_k). \end{aligned}$$

Обозначим

$$a / r_k = f; \quad G_k (a / r_k) = G_k \cdot f = P_f. \quad (2.7)$$

Тогда

$$T = P_k - P_f,$$

Для ведомого колеса можно записать

$$G_k = R; \quad P_k = T; \quad R_a = P_{крк}.$$

Отсюда

$$P_k = R (a / r_k); \quad R = G_k \cdot P_k = G_{kf}; \quad P_k = P_f,$$

где P_f – сила сопротивления качению, Н;

f – коэффициент сопротивления качению.

Сопротивление качению зависит от скорости движения, эластичности шины и состояния поверхности дорожного покрытия.

Коэффициент сопротивления качению возрастает с увеличением скорости движения, так как кинетическая энергия колеса при наездах на неровности прямо пропорциональна квадрату скорости качения.

Практически значение f остаётся постоянным до скорости движения 50 км / ч для определённого типа дорожного покрытия:

Тип дорожного покрытия	f
Цементобетонное и асфальтобетонное	0,01...0,02
Щебёночное, обработанное вяжущим	0,02...0,025
Щебёночное, не обработанное вяжущим	0,03...0,04
Ровная сухая грунтовая дорога	0,03...0,06

При скорости движения более 50 км / ч коэффициент сопротивления качению определяют по формуле

$$f_v = f [1 + 0,01 (v - 50)], \quad (2.8)$$

где v – скорость движения, км / ч;

f – коэффициент сопротивления качению при скорости движения до 50 км / ч.

Движение автомобиля возможно при условии $T > P_k$. Сила трения достигает наибольшего значения, когда

$$T_{max} = \varphi \cdot G_{cy}, \quad (2.9)$$

где G_{cy} – нагрузка на ведущее колесо (цепной вес), Н;

φ – коэффициент сцепления.

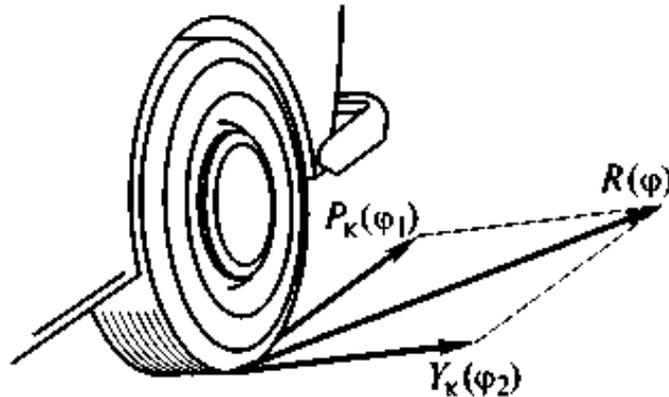
Коэффициент сцепления φ – это отношение максимального значения силы тяги на ободу колеса к сцепному весу автомобиля.

Различают следующие значения коэффициентов сцепления (рисунок 3.2):

φ – при движении в плоскости качения без скольжения и буксования;

φ_1 – при движении в плоскости качения при скольжении и буксовании (коэффициент продольного сцепления);

φ_2 – при боковом заносе (коэффициент поперечного сцепления).



P_k – окружная сила (сила тяги); Y_k – поперечная сила; R – сила реакции; φ – коэффициент сцепления; φ_1 - коэффициент продольного сцепления; φ_2 – коэффициент поперечного сцепления.

Рисунок 2.2 – Силы, действующие на дорожное покрытие на криволинейных участках

Между этими коэффициентами сцепления имеются следующие зависимости:

$$R = G \cdot \varphi; \quad R^2 = P_k^2 \cdot Y_k^2$$

$$G_k^2 \cdot \varphi^2 = G_k^2 \cdot \varphi_1^2 + G_k^2 \cdot \varphi_2^2 = \varphi_1^2 + \varphi_2^2$$

где Y_k – поперечная сила.

Отсюда

$$\varphi_1 = \sqrt{\varphi^2 - \varphi_2^2} \tag{2.10}$$

Результаты исследования показывают следующие количественные зависимости между φ , φ_1 , φ_2 :

$$\varphi_1 = (0,7...0,8) \cdot \varphi; \quad \varphi_2 = (0,85...0,90) \cdot \varphi_1 \text{ или } \varphi_2 = (0,6...0,7) \cdot \varphi.$$

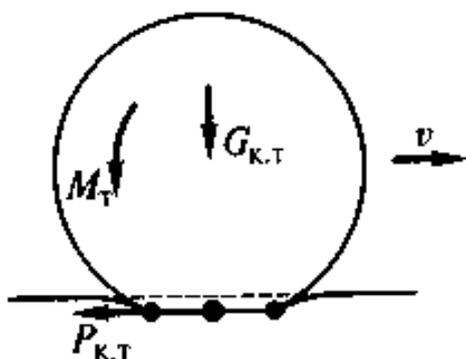
Значение φ зависит от типа и состояния дорожного покрытия, скорости движения и других факторов (таблица 2.1).

При торможении колеса автомобиля часто возникают большие касательные усилия (рисунок 3.3).

Сила торможения составляет

$$P_{к.т.} = \varphi \cdot G_{к.т.}, \quad (2.11)$$

где $G_{к.т.}$ – вес автомобиля, приходящийся на тормозящие колёса, Н.



$G_{к.т.}$ – вес автомобиля, приходящийся на тормозящие колеса; M_T – тормозящий момент; $P_{к.т.}$ – сила торможения; v – скорость движения автомобиля.

Рисунок 2.3 – Силы, действующие на дорожное покрытие при торможении

Таблица 2.1 – Коэффициент сцепления

Состояние дорожного покрытия	Условия движения	Коэффициент сцепления φ (при 60 км / ч)
Сухое, чистое	Особо благоприятные	0,7
То же	Нормальные	0,5
Влажное, грязное	Неблагоприятные	0,3
Обледенелое	Особо неблагоприятные	0,1...0,2

Боковые касательные силы возникают при движении по криволинейным участкам дорог, при обгонах, боковом заносе, при сильном поперечном ветре, при наличии большого поперечного уклона проезжей части. Действие касательных сил в зоне контакта шины колеса с дорожным покрытием приводит к истиранию и деформации дорожного покрытия и истиранию шины.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какие силы действуют на дорожное покрытие от стоящего колеса, ведущего колеса, ведомого колеса автомобиля?
2. Какие силы действуют от колеса на дорожное покрытие при торможении?
3. Какие силы действуют от колеса на дорожное покрытие на криволинейных участках?
4. Какова сущность коэффициентов продольного и поперечного сцепления?

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 3

ИЗМЕРЕНИЕ ПРОЧНОСТИ И ДЕФОРМАЦИИ

ДОРОЖНОЙ ОДЕЖДЫ

Прочность дорожной одежды является наиболее важным показателем транспортно - эксплуатационного состояния автомобильной дороги, который необходимо регулярно оценивать в течение всего срока её службы.

Прочностные качества дорожной одежды определяются, прежде всего, сопротивляемостью подстилающего грунта сжатию. Дорожная одежда должна распределять действующую на неё нагрузку от колеса автомобиля по возможности на большую площадь и предупреждать проникание воды, которая значительно ослабляет прочность грунтового основания.

Возможны три случая деформации дорожного покрытия в зависимости от прикладываемой нагрузки.

Если нагрузка невелика, а слои дорожной одежды и земляного полотна хорошо уплотнены, дорожная одежда не разрушается, и происходят только упругие деформации, т. е. дорожная одежда под действием нагрузки прогибается и после проезда автомобиля возвращается в прежнее положение.

При возрастании нагрузки или при временном снижении прочности грунтов основания в весенний или осенний периоды возникают постепенно накапливающиеся пластические малые деформации.

В случае если суммарное значение деформаций за период ослабленного состояния дорожной одежды превысит некоторые предельные значения, дорожная одежда разрушится.

Прочность дорожной одежды зависит от предельно допустимого прогиба (таблица 3.1), а также от количества приложений нагрузки за период ослабления дорожной одежды.

При очень больших нагрузках или значительном ослаблении прочности грунта основания вначале замедленно накапливаются деформации, которые в

дальнейшем быстро возрастают, в результате чего происходит полное разрушение дорожной одежды.

При действии давления от колеса основание дорожной одежды сжимается в пределах активной зоны (зоны, в которой возможно перемещение грунта) и происходит прогиб дорожной одежды по некоторой криволинейной поверхности с образованием, так называемой чаши прогиба 2 (рисунок 3.1).

Давление, передаваемое на грунтовое основание, зависит от площади, на которую распределяется нагрузка. С увеличением толщины дорожной одежды эта площадь увеличивается, а давление соответственно уменьшается. В весенний или осенний период, когда вследствие большого переувлажнения снижается прочность грунта, существующая толщина дорожной одежды не обеспечивает безопасное давление, и при проезде очень тяжёлых автомобилей могут возникнуть проломы дорожной одежды.

В связи с этим в течение двух - трёх наиболее неблагоприятных недель дорожники закрывают движение тяжёлых автомобилей.

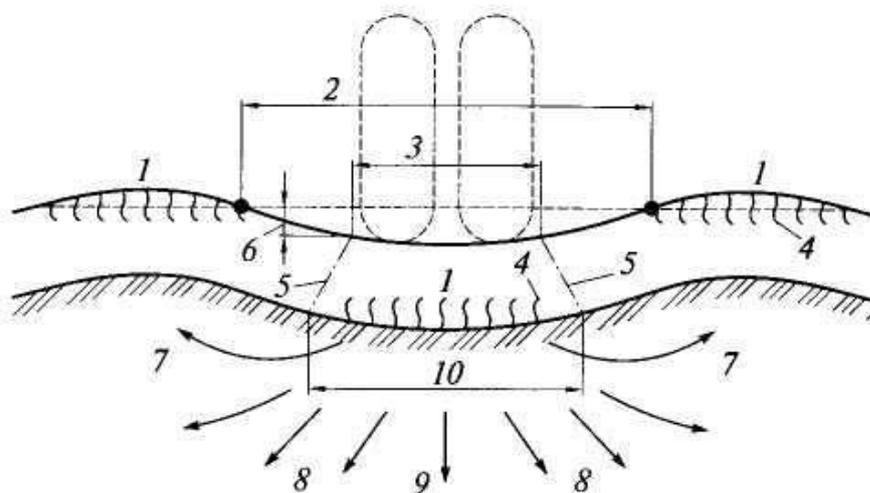
При действии нагрузки происходят сжатие и доуплотнение верхней части дорожной одежды (зона 3), а в нижней части дорожной одежды – растяжение (зона 1).

При превышении предельной прочности материалов верхних или нижних слоев дорожной одежды образуются трещины 4.

Таблица 3.1 – Прогиб дорожной одежды

Интенсивность движения, авт. / сут, приведенная к расчётному автомобилю и нагрузке 105 Н	Предельно допустимый прогиб дорожных покрытий, мм		
	капитальных	облегчённых	переходного типа
100	1,15	1,45	1,85
200	1,03	1,27	1,68
500	0,92	1,1	-
1000	0,85	-	-
2000	0,78	-	-
5000	0,73	-	-
10000	0,69	-	-

По периметру зоны контакта шины колеса с дорожным покрытием действуют срезающие напряжения, которые могут приводить при слабом основании и тонкой дорожной одежде к её пролому или выкалыванию отдельных её частей.



1 – зона растяжения; 2 – чаша прогиба; 3 – зона сжатия одежды; 4 – трещины в дорожной одежде; 5 – поверхность среза одежды; 6 – деформация дорожной одежды; 7 – направление выпирания грунта; 8 – направление сжатия грунта; 9 – уплотнение грунта в основании дорожной одежды; 10 – площадь передачи давления на грунт.

Рисунок 3.1 – Виды деформаций и разрушений дорожной одежды

В нижних слоях дорожной одежды из малосвязных и несвязных материалов и в грунтовых основаниях могут возникать необратимые деформации (так называемые пластические течения), развитие которых приводит к накоплению деформаций дорожной одежды и её разрушению.

Вероятность появления деформаций связана с одновременным действием нагрузки от колеса и климатических факторов (влажности и температуры). При эксплуатации автомобильных дорог все деформации протекают вначале скрытно, и трудно предвидеть их развитие. Поэтому необходимо проводить профилактический контроль прочности дорожной одежды в неблагоприятные периоды года с целью разработки мероприятий по предупреждению разрушения дорожной одежды.

Прочность дорожной одежды характеризуют модулем длительной упругости

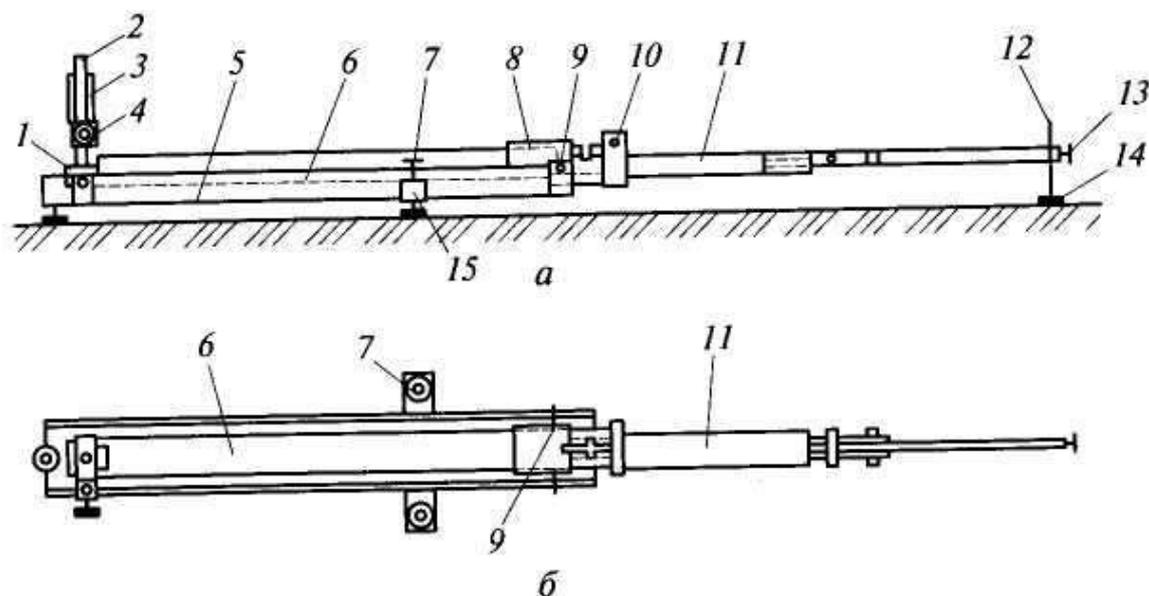
$$E = p \cdot D (1 - \mu^2) / l, \quad (3.1)$$

где p – удельное давление колеса на поверхность дорожного покрытия, МПа, для транспортных средств группы $A_p = 0,6$ МПа, для транспортных средств группы $B_p = 0,5$ МПа;

D – диаметр круга, равновеликого отпечатку колеса, м, для транспортных средств группы А, $D = 0,33$ м, для транспортных средств группы Б $D = 0,28$ м;

l – упругий прогиб, м;

μ – коэффициент бокового расширения (коэффициент Пуассона), $\mu = 0,3$.



a – вид сбоку; b – вид сверху; 1 – пробка; 2 – стойка для индикатора; 3 – индикатор; 4 – держатель индикатора; 5 – швеллер; 6 – заднее плечо рычага; 7 – подъёмные винты; 8 – соединительная муфта; 9 – опорный винт; 10 – стяжной болт; 11 – переднее плечо рычага; 12 – измерительная игла; 13 – винт, закрепляющий иглу; 14 – подпятник, предохраняющий врезание измерительной иглы в дорожное покрытие; 15 – поперечная опорная балка.

Рисунок 3.2 – Рычажный прогибомер МАДИ - ЦНИЛ

Величина pD – постоянная для расчётного автомобиля, поэтому для определения модуля упругости дорожной одежды E и оценки по его значению прочности дорожной одежды достаточно определить прогиб l .

Наиболее простым прибором для быстрого определения прогиба является рычажный прогибомер МАДИ - ЦНИЛ (рисунок 3.2).

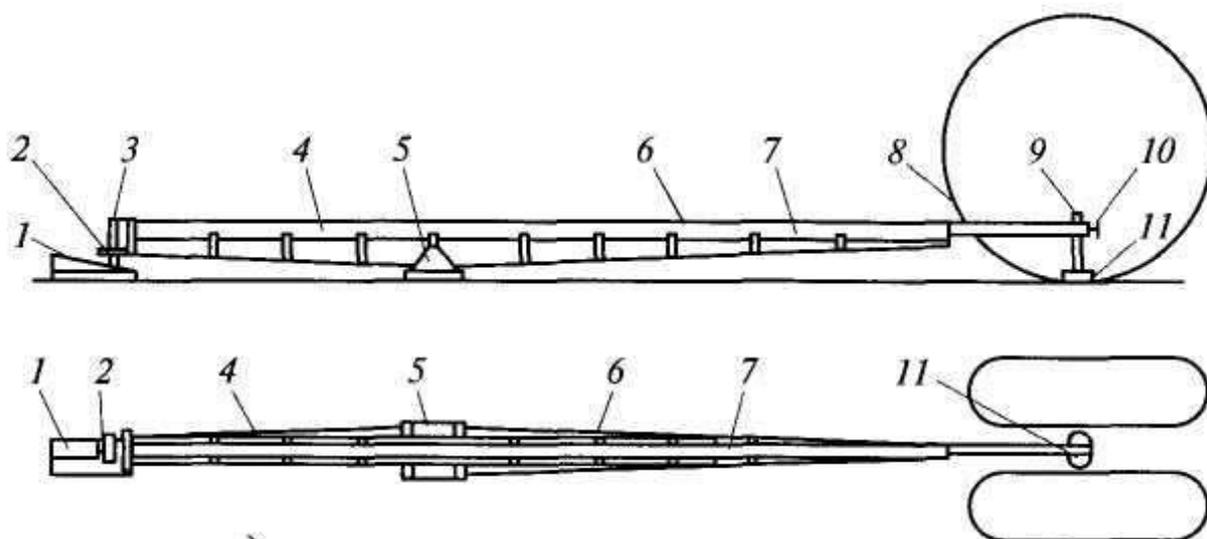
Рычажный прогибомер имеет составной рычаг, свободно вращающийся на оси рамы. Переднее плечо 11 рычага имеет измерительную иглу 12 с под-

пятником 14. Заднее плечо 6 рычага заканчивается пробкой 1 с горизонтальной площадкой, в которую упирается стержень индикатора 3, установленный на стойке.

Испытание дорожной одежды производят на обследуемом участке через каждые 50 м. Прогиб измеряют на полосе наката (1...1,5 м от кромки дорожного покрытия).

Для повышения производительности труда при определении прогибов дорожной одежды разработан длинно базовый прогибомер (рисунок 3.3).

Длинно базовый рычажный прогибомер состоит из сборного рычага, который поворачивается на оси, закреплённой в корпусе опоры 5. Рычаг 6 состоит из переднего 7 и заднего 4 плеч. На переднем плече расположен щуп 9, который с помощью шарового шарнира соединён с подпятником 11. Щуп крепится к рычагу зажимным винтом 10. На заднем плече, на кронштейне 2 закреплён индикатор 3. Щуп с подпятником размещают между скатами заднего сдвоенного колеса 8 под центром задней оси автомобиля.



1 – опорная подкладка; 2 – кронштейн; 3 – индикатор; 4 – заднее плечо рычага; 5 – опора; 6 – рычаг; 7 – переднее плечо рычага; 8 – заднее сдвоенное колесо; 9 – щуп; 10 – зажимной винт; 11 – подпятник.

Рисунок 3.3 – Длинно базовый рычажный прогибомер

Наклонная поверхность клиновидной опорной подкладки 1 контактирует со стержнем индикатора.

Для оценки прочности дорожной одежды применяют установки динамического нагружения. К ним, например, относится установка с падающим грузом УДН - НК (рисунок 3.4).

Установка УДН - НК смонтирована сзади кузова автомобиля. Нагружение осуществляется путём сбрасывания груза. Усилие на дорожное покрытие передаётся через двойные авиационные пневматические колёса, обеспечивающие площадь отпечатка и удельную нагрузку, эквивалентные отпечатку и нагрузке расчётного транспортного средства группы А. Прогиб измеряют с помощью сейсмоприёмника. Измерительный датчик смонтирован на специальной тележке и находится между двойными авиационными колёсами.

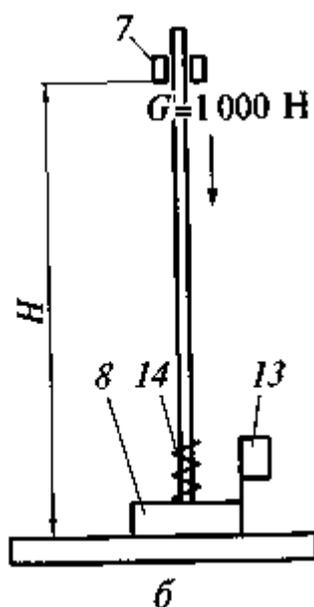
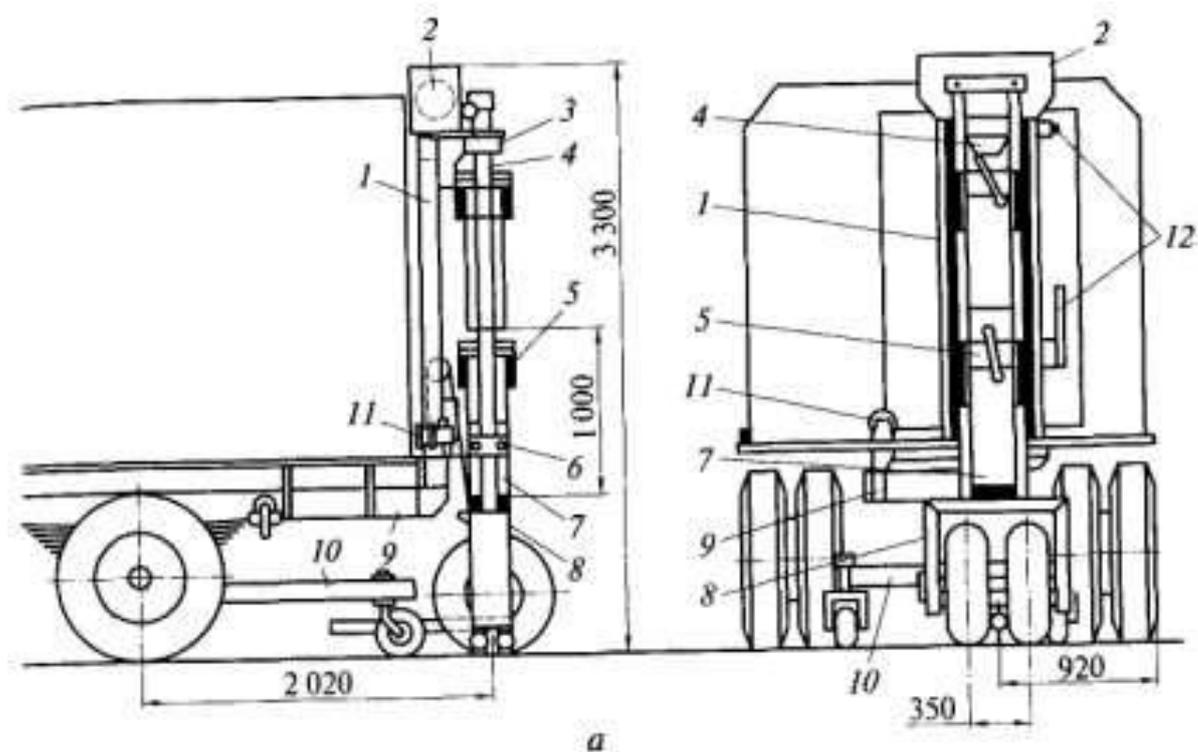
Аппаратура сбора и первичной обработки данных испытаний расположена в кабине водителя. Нагружение дорожной одежды производят с остановкой в каждой точке испытания. Производительность установки при 20 испытаниях на 1 км составляет 20 км за смену.

Упругий прогиб дорожной одежды можно измерить также с помощью установки динамического нагружения ДИНА - 3М (рисунок 3.5), которая может работать как в автономном режиме, так и в составе передвижной дорожной лаборатории типа КП - 514 МП (рисунок 3.6).

На прицепе установлено механизированное устройство для подъёма груза массой 160 кг на определённую высоту с последующим сбросом его на штамп, опускаемый на поверхность дорожного полотна. В момент приложения динамической нагрузки измеряется упругий прогиб дорожной конструкции.

При использовании установки в составе передвижной лаборатории она оснащается модулем связи с бортовым вычислительным комплексом, что позволяет полностью автоматизировать процесс нагружения и измерений. Диапазон измерений прогиба 0,1...3 мм, производительность 20 км / смена.

По значению прогиба, определяемому лабораториями, получают фактический модуль упругости дорожной конструкции и её прочность.



а – конструкция; б – схема испытания; 1 – несущая рама; 2 – электроталь; 3 – верхний кронштейн; 4 – ограничитель подъёма; 5 – зацепное устройство; 6 – нижний кронштейн; 7 – испытательный груз; 8 – штамп; 9 – опорная рама; 10 – измерительная тележка; 11 – лебёдка для подъёма штампа; 12 – прибор управления электроталью; 13 – виброграф для измерения прогиба; 14 – пружина; G – вес груза; H – высота сбрасывания груза.

Рисунок 3.4 – Установка динамического нагружения (навесная) УДН - НК

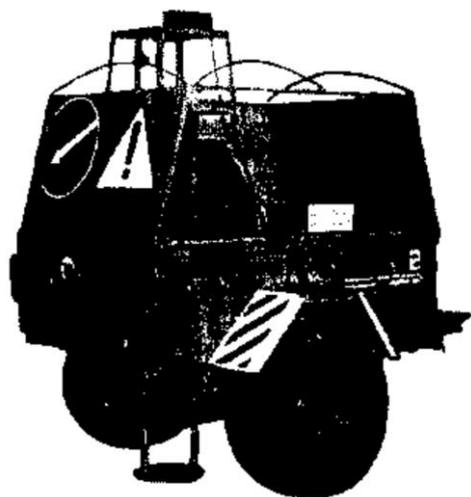


Рисунок 3.5 – Установка динамического нагружения ДИНА - 3М

Прочность жёстких дорожных одежд оценивают:

- максимальным динамическим прогибом l_{max} под воздействием падающего груза (амортизированный удар) прибора ударного типа;
- максимальным радиусом кривизны дорожного покрытия r при воздействии динамической нагрузки (амортизированный удар);
- максимальным напряжением σ в бетонной плите, определяемым согласно теории упругости по формуле

$$\sigma = he \frac{1-\mu}{2r}, \quad (3.2)$$

где h – толщина плиты, м;

Жёсткостью дорожной одежды c , Н/м, определяемой отношением максимальной ударной силы F , Н, к максимальному динамическому прогибу l_{max} , м:

$$c = F / l_{max}.$$

Основной сравнительной характеристикой является статистическая оценка жёсткости дорожной одежды.

Виды деформаций дорожного покрытия и разрушений дорожной одежды

При проектировании дорожной одежды размеры каждого слоя выбирают с учётом местных материалов, возможных нагрузок и природно - климатических условий проложения дороги. Все расчёты выполняют для средних условий, поэтому возможны отклонения от расчётных условий, приводящие к потере прочности дорожной одежды, деформациям и разрушению.



Рисунок 3.6 – Передвижная дорожная лаборатория типа КП - 514 МП

Разрушения могут быть вызваны низким качеством выполнения работ, недостаточным или неправильным учётом гидрогеологических условий, применением материалов низкого качества. Большое значение в обеспечении устойчивости дорожной одежды имеет своевременный ремонт разрушенных участков дорожного покрытия. Появление остаточных (необратимых) деформаций, своевременно не ликвидированных, приводит к значительным разрушениям, как под действием движения автомобилей, так и под влиянием природно - климатических факторов.

Основными видами деформаций и разрушений дорожной одежды являются:

- *деформации и разрушения*, вызванные пучинами, происходящими в весенний период при оттаивании грунта земляного полотна на участках с неблагоприятными условиями водоотвода и защиты земляного полотна от температурных воздействий. Причинами таких разрушений могут быть ошибки в оценке перспективной интенсивности движения и нагрузок, некачественные материалы и их неоднородность, плохое уплотнение земляного полотна и дорожной одежды, а также переувлажнение земляного полотна;

- *потери прочности дорожной одежды*, вызванные непрерывным воздействием колёс автомобилей и природно - климатических факторов. На потерю прочности большое влияние оказывают ошибки, допущенные при проектировании, строительстве и эксплуатации дорожной одежды, а также температурные деформации;

- *просадки нежёстких дорожных одежд* в виде впадин, возникающие в результате местных просадок недоуплотнённого грунта или слоёв дорожной одежды. Особенно часто этот вид деформации появляется на въездах на мост, в местах прокладки под существующими дорогами водопропускных труб и трубопроводов;

- *сквозные трещины*, характерные для цементобетонных покрытий, когда на них образуются просадки. Трещины появляются чаще всего в местах

просадок земляного полотна и связаны с несвоевременным ремонтом дорожной одежды;

- *проломы* – разрушения дорожной одежды в виде длинных прорезей по полосам наката колёс. Такие разрушения характерны для дорожных одежд переходного типа при проходе очень тяжёлых автомобилей и снижении несущей способности основания дорожной одежды.

Разрушению всей конструкции дорожной одежды предшествуют деформации и разрушение дорожных покрытий.

Дорожное покрытие является самой верхней частью дорожной одежды, на которую непосредственно действуют колёса автомобилей и природно - климатические факторы.

Основными видами разрушений дорожного покрытия являются:

- *износ (истирание)*, представляющий собой уменьшение толщины дорожного покрытия за счёт потери им материала в процессе эксплуатации под воздействием колёс и природно - климатических факторов. Износ происходит по всей поверхности дорожного покрытия, но больше всего на полосах наката, где проходят колёса автомобилей. Для усовершенствованных дорожных покрытий износ измеряют в миллиметрах, на которые уменьшилась толщина верхнего слоя покрытия, а для дорожных покрытий переходного и простейшего типа определяют также объём потери материалов, $\text{м}^3 / \text{км}$;

- *шелушение* – обнажение поверхности дорожного покрытия за счёт отделения поверхностных тонких плёнок и чешуек материала покрытия, разрушенного воздействием воды и мороза. Такой вид дефекта наиболее характерен для жёстких дорожных одежд, где происходит отслоение цементного раствора с поверхности дорожного покрытия с последующим оголением крупного заполнителя. Такие разрушения в основном происходят при частом замораживании и оттаивании дорожного покрытия, особенно при использовании хлоридов для предупреждения гололеда;

- *выкрашивание* – разрушение дорожного покрытия за счёт потери им отдельных зёрен гравийного и щебёночного материала. Такое разрушение

происходит на дорожных покрытиях всех типов в результате потери связи между зернами материала. Причиной выкрашивания могут быть плохое перемешивание материала и его укладка в дождливую или холодную погоду;

- *обламывание кромок* – разрушение дорожных покрытий (особенно нежестких) в местах сопряжения их с обочинами при переезде тяжёлых автомобилей через кромку. Обломанные кромки проезжей части могут быть причиной дорожно - транспортных происшествий;

- *волны* – деформация асфальтобетонных покрытий, обладающих пластичностью. Волны появляются под действием касательных сил в зоне контакта шины колеса с дорожным покрытием;

- *гребенка* – разрушение гравийных и щебёночных покрытий под действием движения тяжёлых грузовых автомобилей. Гребенка представляет собой частое повторение выступов и впадин;

- *сдвиги* – деформации, которые происходят при действии касательных сил от колеса автомобиля. Сдвиги являются причиной отсутствия связи верхнего слоя дорожного покрытия с нижним;

- *вмятины* – углубления в пластических дорожных покрытиях, появляющиеся при прохождении по ним гусеничных машин или автомобилей в жаркую погоду;

- *трещины* – деформации, обычно вызываемые резкими температурными изменениями. Сетка трещин появляется на дорожном покрытии как результат недостаточной прочности основания или покрытия;

- *колеи*, которые образуются на щебёночных или гравийных покрытиях при узкой проезжей части в результате многократного прохода автомобиля по одной полосе, а также на асфальтобетонных покрытиях в результате выдавливания колёсами автомобиля из - за недостаточной сдвигоустойчивости асфальтобетона;

- *выбоины* – углубления со сравнительно крутыми краями, образовавшиеся в результате местного разрушения материала дорожного покрытия.

Причиной появления выбоин является, как правило, плохое качество строительных работ;

- *повреждение кромок швов* – разрушение кромок швов в виде сколов и выкрашивание бетона в зоне до 15...20 см от шва.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Чем определяются прочностные качества дорожной одежды?
2. Каким видам деформаций и разрушений подвергается дорожная одежда?
3. Каким показателем характеризуется прочность дорожной одежды?
4. Какими приборами и установками определяют упругий прогиб дорожной одежды?

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 4

ИЗМЕРЕНИЕ РОВНОСТИ ДОРОЖНОГО ПОКРЫТИЯ

Ровность дорожного покрытия является одним из основных показателей, характеризующих удобство движения по дороге и оказывающих решающее влияние на скорость движения автомобилей и транспортную работу дороги в целом.

При плохом состоянии дорожного покрытия значительно ухудшаются условия движения: появляются вредные для водителя и автомобиля вибрации, существенно усложняются условия работы водителя, так как ему длительное время приходится отслеживать состояние проезжей части, часто изменяя траекторию движения, осуществляя торможение и разгоны. Всем этим внимание водителя отвлекается от других важных с точки зрения безопасности дорожного движения элементов дороги и автомобиля. Поэтому ухудшение ровности дорожного покрытия приводит к повышению аварийности.

Простейшим прибором для определения ровности дорожного покрытия и основания является трёхметровая рейка (рисунок 4.1, а).

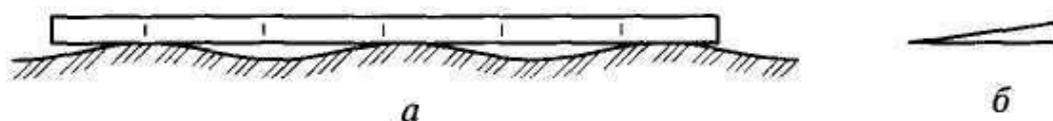
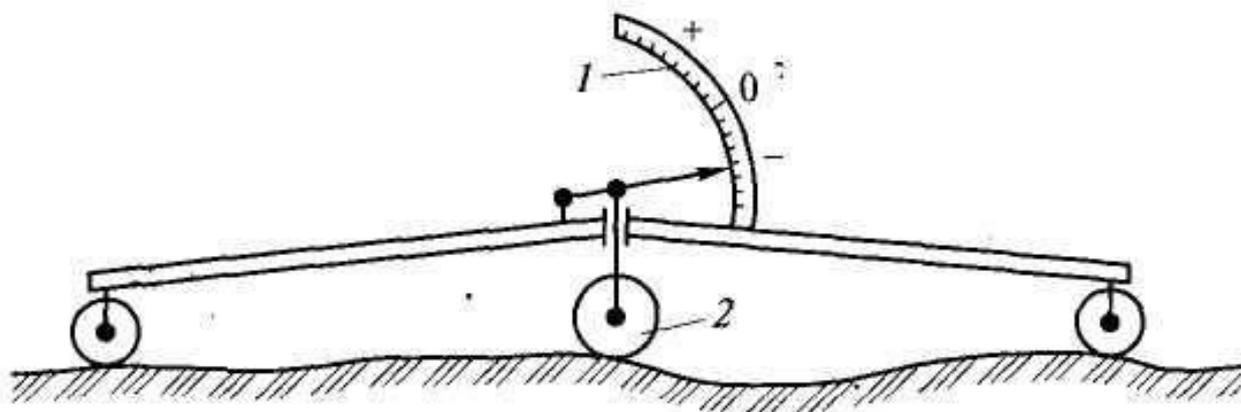


Рисунок 4.1 – Трёхметровая рейка (а) с мерным клином (б)



1 – шкала замера неровностей; 2 – колесо – индикатор.

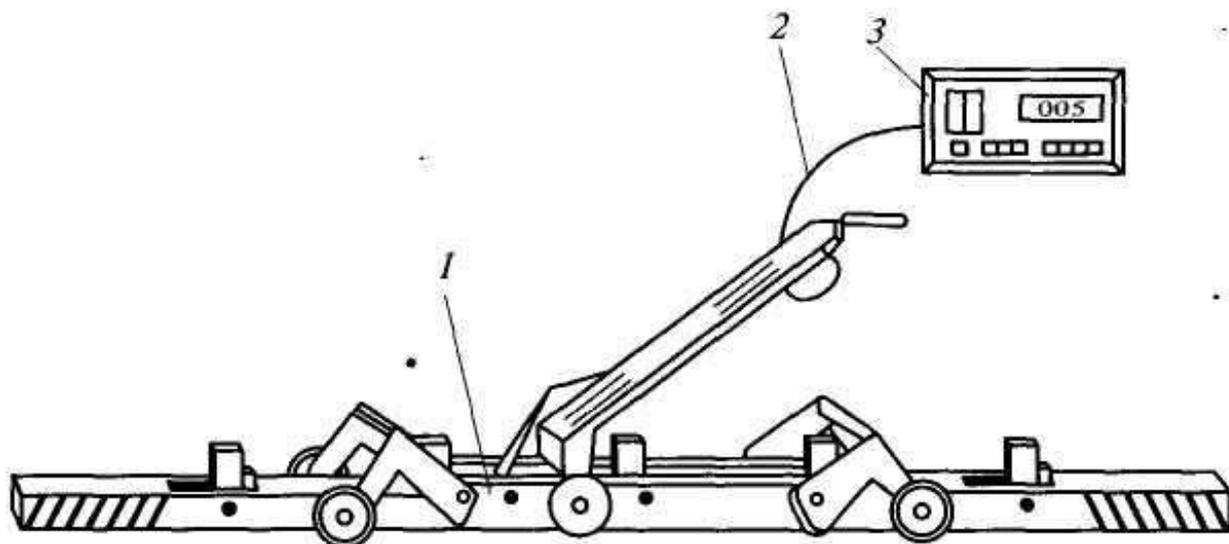
Рисунок 4.2 – Передвижная двухопорная рейка ПКР - 1

Степень ровности дорожного покрытия оценивается по зазору между нижней плоскостью рейки, уложенной на проезжую часть, и поверхностью дорожного покрытия.

Просветы под трёхметровой рейкой измеряются с помощью клина (рисунок 4.1, б) в пяти контрольных точках, расположенных на расстоянии 0,5 м от концов рейки и друг от друга. Места приложения рейки должны равномерно располагаться по длине участка измерений. Общее число измерений просветов под рейкой на участке измерений должно быть не менее 120. Максимальный просвет под рейкой допускается не более 5 мм.

Основным недостатком такого способа определения ровности дорожного покрытия является высокая трудоёмкость и недостаточная точность.

К более совершенным приборам измерения ровности дорожного покрытия относятся двухопорная рейка ПКР - 1 (рисунок 4.2) и прибор РК - 1 (рисунок 4.3).



1 – измерительная рейка; 2 – электрический кабель; 3 – электронный измерительный блок.

Рисунок 4.3 – Прибор РК - 1

При измерении ровности дорожного покрытия двухопорная рейка (рисунок 4.2) прокатывается по проезжей части и через равные расстояния (обычно через 1...3 м) регистрируются размеры просветов.

Прибор РК - 1 (рисунок 4.3) предназначен для оценки ровности дорожного покрытия при приёмке выполненных дорожно - строительных и ремонтных работ.

Прибор состоит из измерительной рейки 1 длиной 3 м и электронного измерительного блока 3, соединённого с рейкой посредством гибкого электрического кабеля 2. На рейке установлены пять бесконтактных датчиков линейных перемещений, размещённых вдоль рейки через 50 см. К корпусу рейки прикреплены поворотные кронштейны, на которых установлены колёса. В середине рейки закреплён рычаг управления. На заднем колесе установлен бесконтактный датчик для регистрации пройденного пути. На лицевой панели электронного блока установлен двоичный переключатель, служащий для ввода значения допускаемого просвета для данного типа дорожного покрытия путем набора цифр.

На контролируемом участке дороги рейку перемещают и через определённые расстояния прикладывают к дорожному покрытию. В месте измерения просветов производят запись размеров просветов в память прибора с суммированием их числа в трёх диапазонах: до предельного значения просвета, от предельного до двукратного значения и свыше этого значения.

В приборе предусмотрена сигнализация при обнаружении просветов свыше двукратного значения заданного предела (место брака дорожного покрытия). Диапазон измерений дорожных просветов составляет 0...50 мм.

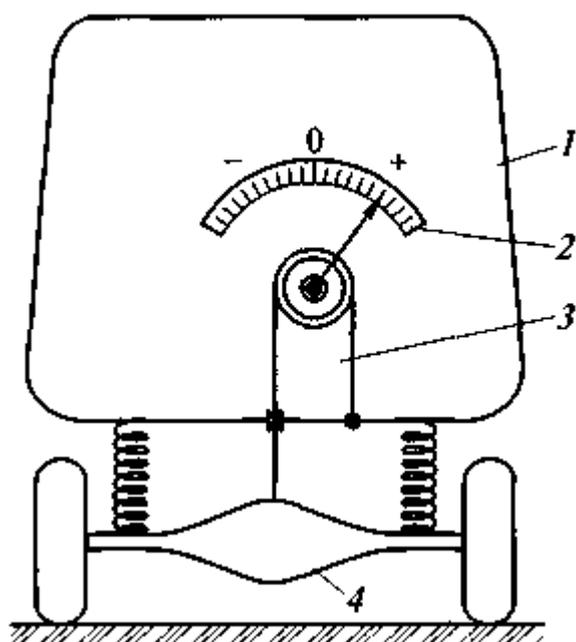
Ровность дорожного покрытия также может быть измерена путём суммирования колебаний кузова движущегося автомобиля относительно его заднего моста.

Приборы для оценки ровности дорожного покрытия по сумме сжатия рессор называют толчкомерами.

Существуют разные конструкции толчкомеров: ТХК - 2, ПКРС - 2, ТЭД - 2М, ИВП - 1М и др.

Толчкомер конструкции ТХК - 2 (рисунок 4.4) устанавливают в кузове автомобиля над его задним мостом.

Колебания рессор через гибкий трос передаются на барабан счётного механизма толчкомера. Ровность дорожного покрытия оценивают суммарным сжатием рессор автомобиля на участке дороги длиной 1 км при постоянной скорости движения 50 км / ч. Регистрация показаний толчкомера осуществляется на бумажной ленте печатающего устройства счётного механизма, включаемого в нужный момент времени. Производительность толчкомера ТХК - 2 170 км / смена.



1 – кузов автомобиля; 2 – шкала замера неровностей; 3 – трос; 4 – задний мост автомобиля.
Рисунок 4.4 – Толчкомер ТХК - 2

По результатам измерений строят линейный график ровности дорожного покрытия (толчкограмму).

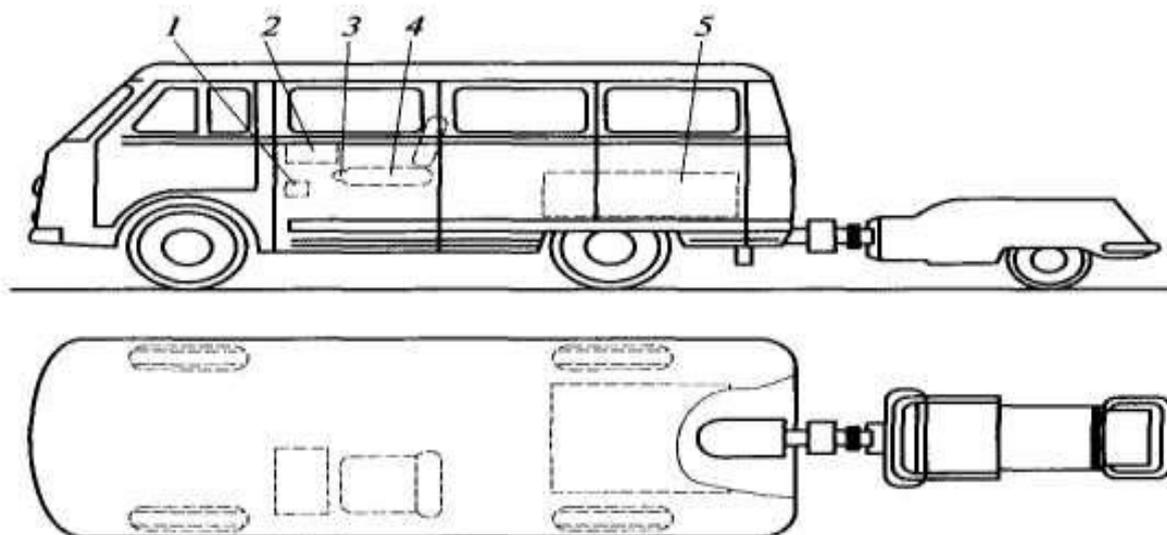
Установлена устойчивая корреляционная зависимость между показаниями толчкомера ТХК - 2 и средним размером просвета под трёхметровой рейкой:

$$S_{\text{ТХК}} = 7,1h^{1,7} \quad (4.1)$$

где $S_{\text{ТХК}}$ – показания толчкомера, см / км;

h – средний размер просвета под трёхметровой рейкой, мм.

Динамометрическая установка ПКРС - 2 (рисунок 4.5) состоит из прицепного одноколёсного прибора, оборудованного датчиком ровности дорожного покрытия и установленного в автомобиле пульта управления.



1 – тормозная педаль прицепа; 2 – пульт управления; 3 – рычаг водополива; 4 – место оператора; 5 – бак для воды.

Рисунок 4.5 – Динамометрическая установка ПКРС - 2

Измерения производят в следующем порядке. Включают электропитание записывающего устройства, развивают скорость движения автомобиля до 50 км / ч до начала контролируемого участка, включают записывающее устройство.

На графике записывающего устройства фиксируют значения показателя ровности дорожного покрытия (в см / км).

В случае несоответствия постоянной скорости движения автомобиля, по каким - либо причинам значению 50 км / ч полученные при этой скорости движения, например при 60 км / ч, показания приводят к значению показателя при скорости 50 км / ч по формуле

$$S_{50} = \frac{S_v + 1,52v_{cp} - 75,76}{0,0094v_{cp} + 0,533}$$

где S_v – показание толчкомера при фактической скорости движения, см / км;
 v_{cp} – средняя скорость движения автомобиля, $v_{cp} = 35...65$ км / ч.

Результаты измерений сравнивают с минимально допустимыми, в результате чего выявляют участки с неудовлетворительной ровностью дорожного покрытия.

Динамометрический прицеп типа ПКРС - 2У представляет собой, как и установка ПКРС - 2, одноколёсный прицеп, буксируемый автомобилем. Благодаря наличию сцепки, изготовленной в виде параллелограмма, наружная рама прицепа постоянно сохраняет положение, параллельное поверхности дорожного полотна. Прицеп используют в составе передвижной дорожной лаборатории КП - 514 МП или любого транспортного средства, снабжённого бортовым компьютером. Показатель ровности дорожного покрытия определяют по суммарному перемещению колеса прицепа относительно инерционной массы его корпуса на единицу длины дороги.

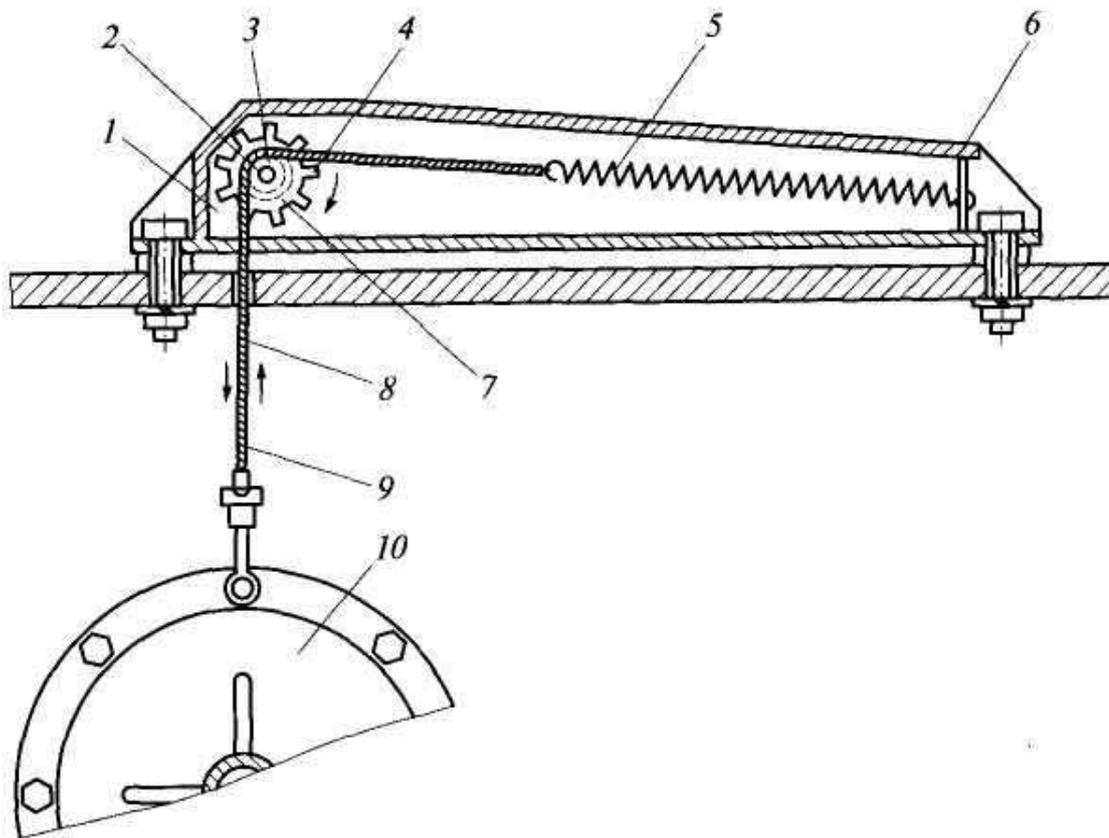
Достоинствами электронного толчкомера с дистанционным управлением ТЭД - 2 М (рисунок 4.6) являются следующие:

- использование муфты прямого и обратного хода, полностью исключая люфты по сравнению с другими толчкомерами;
- использование индуктивного или оптоэлектронного датчика импульсов, позволяющего осуществлять счёт до 1000 имп. / мин;
- использование электронного счётчика импульсов толчкомера, собранного на интегральных микросхемах с цифровой индикацией на световом табло;
- наличие электронного секундомера (таймера), синхронно работающего со счётчиком импульсов;
- наличие запоминающего устройства счёта импульсов и времени;
- дистанционное управление, позволяющее оператору находиться в любой точке кузова автомобиля.

Толчкомер ТЭД - 2 М состоит из двух основных узлов: механической части датчика импульсов и электронного счётчика импульсов с таймером в блоке дистанционного управления.

Механическая часть датчика импульсов состоит из приводного барабана 7, соединённого с муфтой 3 прямого и обратного хода. Вращение приводного барабана на оси 2 осуществляется под воздействием вертикальных перемещений троса 9, один конец которого закреплён через пружину 5 к корпусу

су прибора 6, второй – к заднему мосту 10 автомобиля через отверстие 8 в днище кузова автомобиля.



1 – датчик; 2 – ось; 3 – муфта прямого и обратного хода; 4 – обтюратор; 5 – пружина; 6 – корпус прибора; 7 – приводной барабан; 8 – отверстие в днище кузова; 9 – трос; 10 – задний мост автомобиля.

Рисунок 4.6 – Толчкомер ТЭД - 2 М

Толчкомер ТЭД - 2 М состоит из двух основных узлов: механической части датчика импульсов и электронного счётчика импульсов с таймером в блоке дистанционного управления.

Механическая часть датчика импульсов состоит из приводного барабана 7, соединенного с муфтой 3 прямого и обратного хода. Вращение приводного барабана на оси 2 осуществляется под воздействием вертикальных перемещений троса 9, один конец которого закреплён через пружину 5 к корпусу прибора 6, второй – к заднему мосту 10 автомобиля через отверстие 8 в днище кузова автомобиля.

При воздействии неровностей на движущийся автомобиль происходит вертикальное перемещение заднего моста автомобиля относительно кузова,

которое фиксируется муфтой 3 прямого и обратного хода путём вращения обтюратора 4 только в одном направлении. Лепестки обтюратора проходят в непосредственной близости от датчика 1, за счёт чего сигнал с выхода датчика поступает на электронный счётчик. Вертикальное перемещение троса на 1 см дорожного покрытия даёт один импульс на электронный счётчик.

При длине измеряемого участка менее или более 1 км показания толчкомера приводят к нормированной единице измерения см / км:

$$S_H = \frac{S_1 \cdot L_H}{L_1} \quad (4.3)$$

где S_1 – показания толчкомера;

L_H – нормированная длина участка, км;

L_1 – длина контролируемого участка, км.

При измерении ровности дорожного покрытия проезд автомобиля должен осуществляться по полосам наката. Число проездов по каждой полосе движения (в прямом и обратном направлении) должно составлять для дорог I, II категорий три проезда; III, IV категорий – два проезда; V категории – один проезд.

Дорожное покрытие удовлетворяет требуемым условиям эксплуатации по ровности при величине фактического показателя ровности дорожного покрытия меньше предельно допустимого значения или равного ему (таблица 4.1).

Недостатком измерения ровности дорожного покрытия толчкомерами типа ТХК - 2 и ПКРС - 2 является получение с их помощью только общей суммы сжатия рессор на участке длиной 1 км. По этим показаниям невозможно определить величину отдельных неровностей.

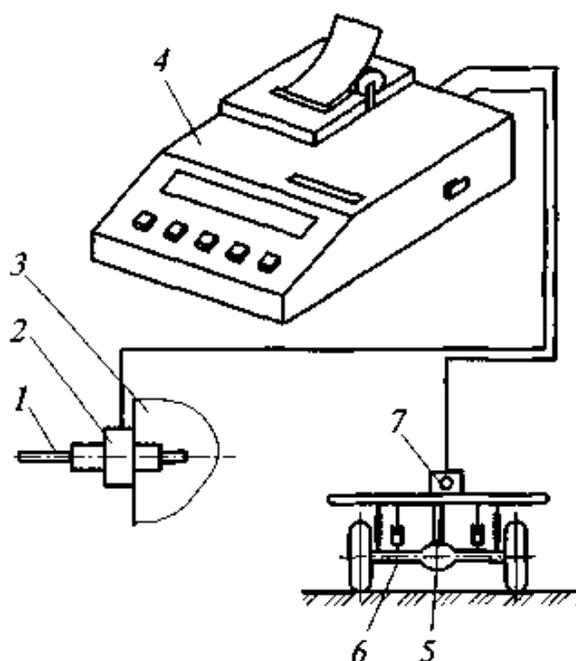
Автоматический интегратор неровности АИН - 1 (рисунок 4.7) позволяет классифицировать все неровности в зависимости от их величины на семь классов.

Все указанные выше толчкомеры не позволяют определить неровности с длиной волны более 0,3 м.

Таблица 4.1 – Предельно допустимые значения дорожного покрытия

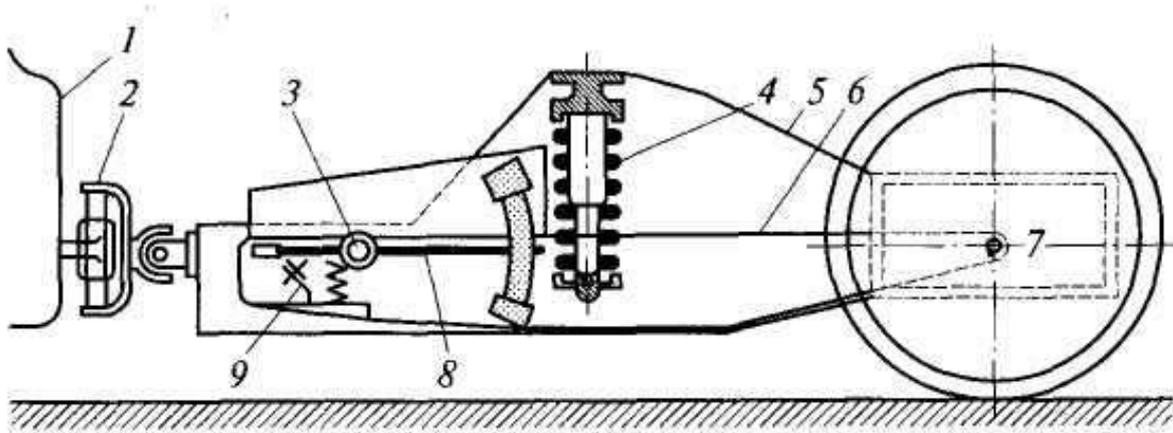
Интенсивность движения, авт. / сут.	Категория дороги	Тип дорожной одежды	Предельно допустимый показатель продольной ровности дорожного покрытия, см / км			Допустимое число просветов под трёхметровой рейкой, превышающих указанные в СпИП 3.06.03-85, %
			по прибору ПКРС - 2	по толчкомеру ТХК - 2, установленному на автомобиле		
				УАЗ-2206	ГАЗ-31022 «ГАЗель»	
Более 7000	I	Капитальный	540	100	220	6
3000 - 7000	II	То же	660	120	270	7
1000 - 3000	III	»	860	170	350	9
		Облегченный	1100	240	460	12
500 - 1000	IV	То же	1200	265	500	14
200 - 500		Переходного типа	-	340	510	-
До 200	V	Низший	-	510	720	-

Наиболее совершенным прибором, применяемым в России, является профилометр ДПП (динамический преобразователь профиля), разработанный в 1960 - х гг. в МАДИ под руководством проф. А.А. Хачатурова (рисунок 4.8).



1 – трос спидометра; 2 – датчик расстояния; 3 – спидометр; 4 – микрокомпьютер; 5 – гибкий трос; 6 – задний мост автомобиля; 7 – датчик перемещений.

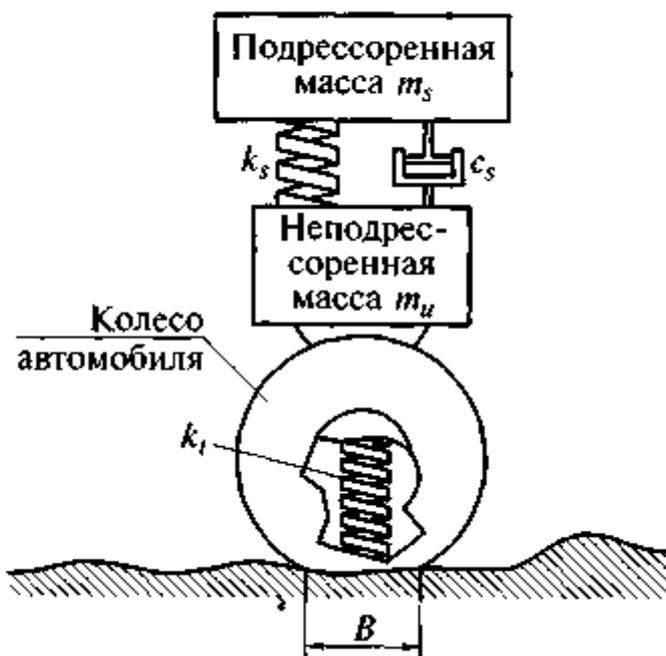
Рисунок 4.7 – Интегратор АИН - 1



1 – буксирующий автомобиль; 2 – шарнирное сцепное устройство; 3 – ось вращения маятника; 4 – амортизатор, гасящий колебания; 5 – наружная рама; 6 – внутренняя рама; 7 – груз; 8 – «медленный» маятник; 9 – датчик относительных перемещений маятника.

Рисунок 4.8 – Схема прибора для записи микропрофиля конструкции МАДИ

Данный прибор в процессе движения позволяет записывать микропрофиль поверхности дороги и полностью автоматизировать процесс измерения ровности, обработки получаемой информации на ЭВМ и выдачи результатов в международных индексах ровности *IRI*. Принцип действия прибора основан на свойстве «медленного» маятника «запоминать» своё первоначальное положение, что позволяет регистрировать перемещение рамы прибора относительно маятника.



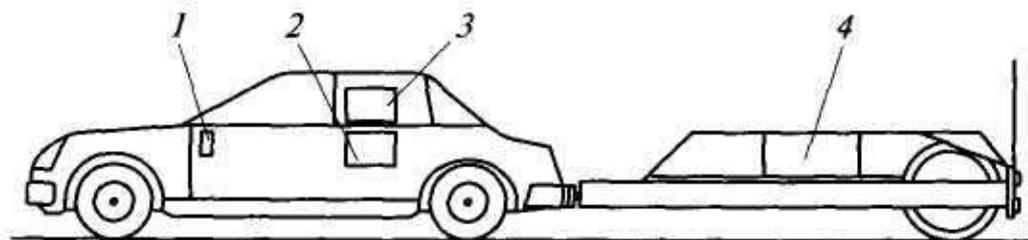
B – ширина участка контакта шины с поверхностью дороги; c_s – жёсткость амортизатора; k_s – жёсткость упругого элемента подвески; k_1 – жёсткость шины.

Рисунок 4.9 – Схема прибора РИ - КАД - 2

В Росдорнии разработан прибор РИКАД - 2 (рисунок 4.9) для определения параметров микропрофиля автомобильной дороги. Прибор входит в состав диагностического комплекса АДК - м, относится к установкам профилометрического типа и предназначен для определения международного индекса ровности *IRI*, который рассчитывается путём моделирования движения по микропрофилю 1 / 4 части расчётного автомобиля.

Прибор РИКАД - 2 состоит из датчиков, регистрирующих пройденный путь и вертикальные перемещения и устанавливаемых на оси колеса и кузове автомобиля, электронного блока регистрации результатов измерений и бортового компьютера.

Во многих странах для определения ровности дорожного покрытия используют французский анализатор продольного профиля APL - 25 (рисунок 4.10), предназначенный для измерения неровностей дорожного покрытия с амплитудой ± 50 мм и длиной волны 0,3...15 м.



1 – устройство контроля скорости движения автомобиля; 2 – устройство усиления сигнала; 3 – устройство записи информации; 4 – измерительный прицеп.

Рисунок 4.10 – Анализатор продольного профиля APL - 25

Анализатор состоит из измерительного прицепа 4, устройства усиления сигнала 2 и записи информации 3 на магнитном носителе, устройства 1 контроля скорости движения.

При измерении ровности дорожного покрытия автомобиль должен двигаться со скоростью $21,6 \text{ км / ч} \pm 2 \%$. Скорость движения контролируется тахометром. Профиль дорожной поверхности регистрируется анализатором APL - 25 по величине измерения угла α между несущей балкой и эталонным инерционным маятником. Во время движения анализатора индуктивным датчиком происходит непрерывное измерение угла α , который прямо пропорци-

онален вертикальным перемещениям измерительного колеса и, следовательно, неровностям дорожного профиля.

В последние годы многими странами принята новая система определения ровности дорожного покрытия. За показатель ровности дорожного покрытия принимается международный индекс ровности - *IRI (International Roughness Index)*, который определяется как отношение сумм вертикального перемещения измерительного колеса прицепа к пройденному расстоянию.

Для определения *IRI* применяется анализатор продольного профиля APL - 72, представляющий собой одноколёсный прицеп, буксируемый с постоянной скоростью автомобилем. Анализатор снабжён датчиком пройденного пути и персональным компьютером типа *Notebook* для записи, обработки и хранения результатов измерений.

Анализатор позволяет определять неровности дорожного покрытия высотой ± 10 см и длиной волны 0,2...100 м. При измерении должна обеспечиваться скорость движения, равная 21,6 или 72 км / ч ± 10 %. Производительность анализатора составляет 100 км / смена.

Существуют следующие корреляционные зависимости между толчкомерами разной конструкции:

- ТХК-2 и ТЭД-2М:

$$S_{\text{ТХК}} = 0,208 \cdot S_{\text{ТЭД}}^{1,259}. \quad (4.4)$$

где $S_{\text{ТХК}}$, $S_{\text{ТЭД}}$ – значения ровности дорожного покрытия, измеренные при помощи ТХК - 2 и ТЭД - 2М соответственно;

- ИВП - 1М и ТЭД - 2М:

$$S_{\text{ТЭД}} = 0,83 \cdot S_{\text{ИВП}} + 20,45, \quad (4.5)$$

где $S_{\text{ИВП}}$ – значения ровности дорожного покрытия, измеренные при помощи толчкомера ИВП - 1М;

- ТХК - 2 и ИВП - 1М:

$$S_{\text{ТХК}} = 0,208 \cdot (0,83 \cdot S_{\text{ИВП}} + 20,45)^{1,259}; \quad (4.6)$$

- ТХК - 2 и APL - 72:

при значениях индексов ровности, превышающих 2,5 м / км по шкале *IRI*:

$$S_{\text{ТХК}} = a(\text{IRI})^2 + b(\text{IRI}) + c \quad (4.7)$$

где *IRI* – значения международного индекса ровности, м / км;

a, *b*, *c* – коэффициенты, определённые в результате сравнительных испытаний;

при значениях индекса ровности менее 2,5 м / км по шкале *IRI*:

$$S_{\text{ТХК}} = a(\text{IRI})^b \quad (4.8)$$

Зависимости, связывающие показания толчкомеров разной конструкции с показаниями *IRI*, действительны только для конкретного прибора и автомобиля, участвующего в сравнительных испытаниях.

Требования отечественной нормативной документации к ровности дорожных покрытий автомобильных дорог соответствуют следующим значениям *IRI*: для дорог I, II категорий значение показателя *IRI* не должно превышать 4,5...4,7 м / км, для III категории – 5,3...5,5 м / км, для IV категории – 6,3...6,5 м / км.

Ровность дорожного покрытия оказывает большое влияние на скорость движения. По мере ухудшения ровности происходит снижение скорости движения автомобилей всех типов (рисунок 4.11, а). Эта зависимость с достаточной точностью может быть описана уравнениями:

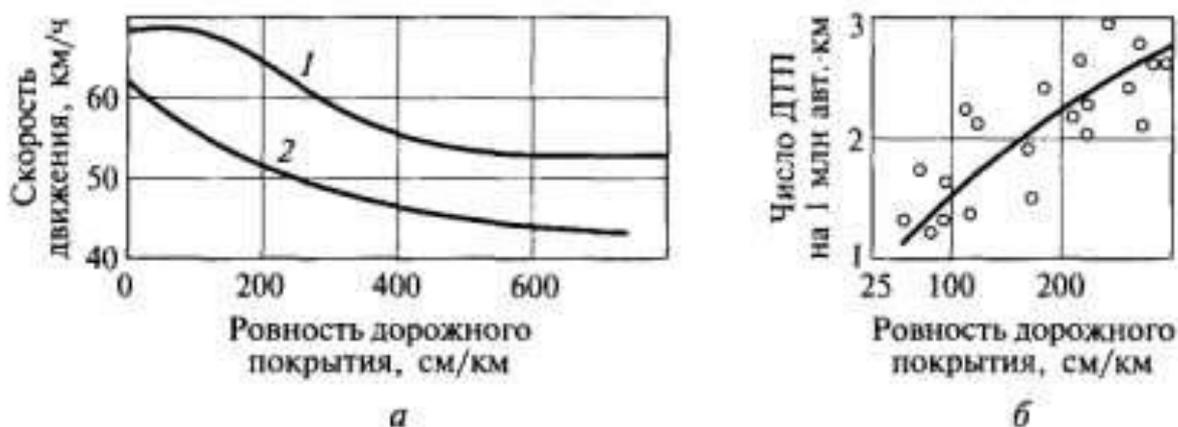
- для легковых автомобилей при $5 < S < 8000$ см / км

$$v = 70,0 - 0,016 \cdot S; \quad (4.9)$$

- для грузовых автомобилей при $5 < S < 8000$ см / км

$$v = 55,0 - 0,023 \cdot S, \quad (4.10)$$

где *S* – показания толчкомера, см / км.



1 – для легковых автомобилей; 2 – для грузовых автомобилей.

Рисунок 4.11 – Влияние ровности дорожного покрытия на скорость движения (а) и аварийность (б)

Общий анализ данных о дорожно - транспортных происшествиях показывает, что с ухудшением ровности дорожного покрытия число дорожно - транспортных происшествий возрастает (рисунок 4.11, б). Однако рост дорожно - транспортных происшествий наблюдается до некоторого предела, затем происходит резкое снижение числа происшествий вследствие уменьшения скорости движения автомобилей из - за плохой ровности дорожного покрытия.

Установлена следующая зависимость для оценки числа дорожно - транспортных происшествий на 1 млн авт. · км при $80 < S < 300$ см / км:

$$N_{\text{ДТП}} = 0,0915 \cdot S^{0,5}, \quad (4.11)$$

где S – показание толчкомера при скорости 50 км / ч, см / км.

Основными причинами дорожно - транспортных происшествий на участках дорог с неудовлетворительной ровностью дорожного покрытия являются взаимное столкновение автомобилей, движущихся на малой дистанции, при резком торможении переднего автомобиля перед неровностью (или выбоиной), а также столкновения автомобилей при внезапных заездах на полосу встречного движения при объезде неровностей.

Возможны также дорожно - транспортные происшествия в ночное время вследствие ослепления водителей отражённым светом фар от поверхности воды, заполняющей неровности.

Практика показывает, что при очень высокой ровности дорожного покрытия водители склонны к превышению безопасных скоростей движения. Поэтому в настоящее время наряду с решением проблемы обеспечения высокой ровности дорожного покрытия ставится задача разработки мероприятий по предупреждению водителей о превышении безопасной скорости движения.

Одним из таких мероприятий является устройство шумовых и трясущих поперечных полос на опасных участках дорог.

Шумовые поперечные полосы получают путём поверхностной обработки дорожного покрытия битумно - щебеночной смесью с крупностью щебня 5...15 и 15...25 мм. Трясущие поперечные полосы шириной 0,5...1 м и высотой 5...10 см выполняют из асфальтобетона. Использование таких полос приводит к значительному снижению скоростей движения автомобилей.

Необходимо сочетание создания хорошей ровности дорожного покрытия с обустройством дороги, обеспечивающим оптимальную эмоциональную напряженность водителя.

Конечным результатом ухудшения ровности дорожного покрытия является рост себестоимости автомобильных перевозок. Получена следующая зависимость относительной себестоимости перевозок от ровности дорожного покрытия:

Показания толчкомера, см / км	20	100	250	500	1000
Относительная себестоимость перевозок, %	100	110	127	156	227

Ухудшение ровности дорожного покрытия, отражаемое показаниями толчкомера S , см / км, связано с количеством грузов Q , млн. т брутто, которое может пропустить дорога, линейной зависимостью:

$$S = \alpha \cdot Q + \beta. \quad (4.12)$$

Значения коэффициентов α и β в уравнении (4.12) зависят от типа дорожного покрытия:

Дорожные покрытия	α	β
Усовершенствованные: капитальные (нежесткие)	9	60

облегчённые	23,5 90
Переходные:	
обработанные вяжущим	47 140
необработанные	110 270

Продолжение эксплуатации дорожных покрытий при показаниях толчкомера, превышающих 500 см / км, ведёт к прогрессирующему ухудшению их ровности, появлению выбоин вплоть до разрушения дорожных покрытий.

Требования к предельно допустимому снижению ровности дорожного покрытия нормируются по минимуму суммарных приведённых расходов автомобильного транспорта на перевозки грузов и дорожного хозяйства, на ремонты дорожных покрытий.

Таблица 4.2 – Предельно допустимое снижение ровности дорожного покрытия

Тип дорожного покрытия	Предельно допустимые показатели толчкомера, см / км, при интенсивности движения, авт. / сут,				
		500...1000	1000...2000	2000...3000	Более 3000
Асфальтобетонное, цементобетонное	-	200...270	160...220	130...160	130
Гравийное и щебёночное, обработанные органическими вяжущими	400	290...400	290...400	180...200	-

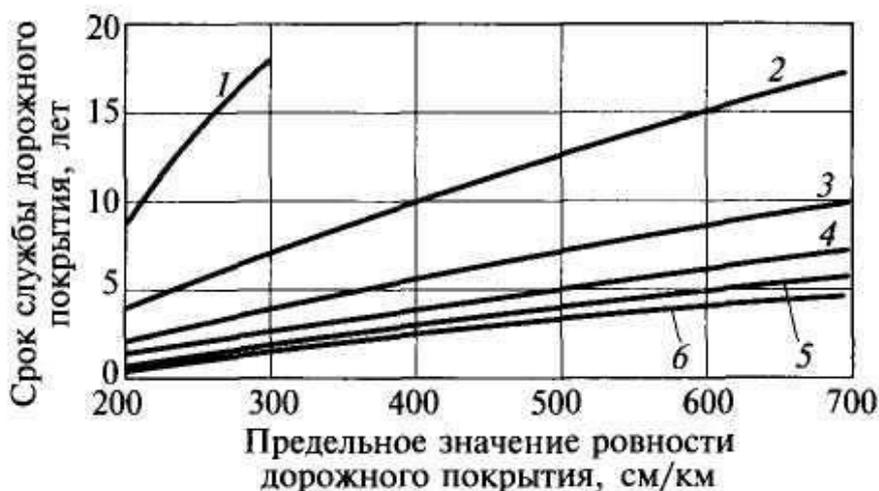
Таблица 4.3 – Показания толчкомера

Тип дорожного покрытия	Показание толчкомера, см / км, для дорог		Состояние дорожного покрытия
	I, II категорий	III категории	
Асфальтобетонное	Менее 50	Менее 50	Отличное
	50...100	50...150	Хорошее
	100...200	150...300	Удовлетворительное
	Более 200	Более 300	Неудовлетворительное
Цементобетонное	Менее 50	Менее 75	Отличное
	50...100	75...200	Хорошее
	100...200	200...300	Удовлетворительное
	Более 200	Более 300	Неудовлетворительное

При этом учитывается ежегодный прирост интенсивности движения, снижение скорости на неровных покрытиях и ряд других факторов. Диффе-

ренцированные требования к предельным допустимым показаниям толчкомера в период эксплуатации дороги, установленные по минимуму суммарных приведённых расходов, указаны в таблице 4.2.

Показания толчкомера дают возможность оценить состояние дорожного покрытия (таблица 4.3).



1 - 0,3 млн. т брутто; 2 - 1 млн. т брутто; 3 - 2 млн. т брутто; 4 - 3 млн. т брутто; 5 - 4 млн. т брутто; 6 - 5 млн. т брутто.

Рисунок 4.12 – Зависимость срока службы дорожного покрытия облегчённого типа между средними ремонтами от предельно допустимого значения ровности дорожного покрытия при исходном уровне перевозок на дороге

При нормировании межремонтных сроков необходим учёт уменьшения срока службы дорожного покрытия до очередного ремонта в связи с ростом интенсивности движения. С учётом этого задача нормирования может быть решена как возвращение ровности дорожного покрытия путём проведения среднего ремонта к исходному уровню до достижения некоторого предельного значения ровности $S_{пред}$. Зависимость сроков службы дорожного покрытия между средними ремонтами от предельного значения ровности дорожного покрытия при ежегодном росте объёмов перевозок приведена на рисунке 4.12.

Поддержание ровности дорожного покрытия позволяет существенно снизить расходы как на ремонт автомобилей, так и на ремонт дорожной одежды.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. На что влияет ровность дорожного покрытия?
2. Какие приборы применяют для определения ровности дорожного покрытия?
3. Как измеряется ровность дорожного покрытия рейками?
4. Как измеряется ровность дорожного покрытия толчкомерами?
5. Как устроены и работают наиболее распространенные толчкомеры?
6. Как оценивают состояние дорожного покрытия по ровности?
7. Как влияет ровность дорожного покрытия на скорость движения автомобиля?
8. Как влияет ровность дорожного покрытия на аварийность?
9. Как влияет ровность дорожного покрытия на себестоимость автомобильных перевозок?

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 5

ИЗМЕРЕНИЕ СКОЛЬЗКОСТИ И ШЕРОХОВАТОСТИ ДОРОЖНОГО ПОКРЫТИЯ

Скользкость дорожного покрытия – важнейшая характеристика транспортно - эксплуатационного состояния дороги. Критерием скользкости дорожного покрытия является коэффициент сцепления. Недостаточное сцепление шины колеса с дорожным покрытием является, как правило, первопричиной дорожно - транспортных происшествий с тяжёлыми последствиями (рисунок 5.1).

Статистика показывает, что вследствие низкого значения коэффициента сцепления в весенний и осенний периоды происходит до 70 % всех дорожно - транспортных происшествий, в летний период – 30 %. Вместе с тем коэффициент сцепления мало влияет на скорость движения.

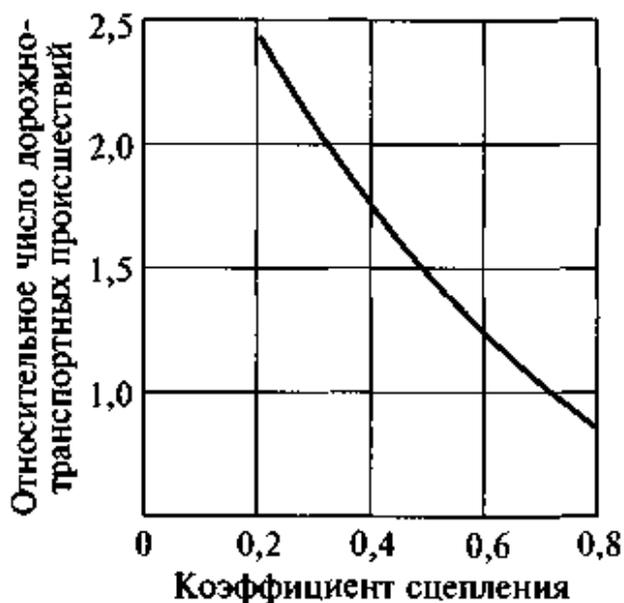
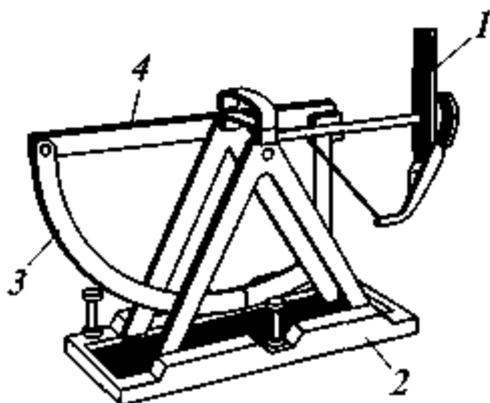


Рисунок 5.1 – Влияние коэффициента сцепления на аварийность

Так, снижение скорости движения при увлажнении дорожного покрытия не превышает 10...12 км/ч. Проведённые в США исследования на участке автомобильной магистрали после увлажнения дорожного покрытия показывают незначительные уменьшения средних скоростей движения (всего на 3...5 км / ч).

Наиболее резкое снижение скорости (на 20 км / ч) наблюдается при появлении гололеда, поскольку водители в этот период наиболее осторожны. Для рекомендации водителям безопасных режимов движения, а также для выявления участков дорог с низкими сцепными качествами необходимы данные о значении коэффициента сцепления.



1 – маятник; 2 – станина; 3 – мерная шкала; 4 – штанга.

Рисунок 5.2 – Маятниковый прибор МП - 3

Коэффициент сцепления измеряют с помощью портативных (малогабаритных) приборов, динамометрических установок и методом торможения.

При измерении коэффициента сцепления портативными приборами не требуется специальных установок и автомобилей. С помощью этих приборов возможно измерение коэффициента продольного сцепления на площадях ограниченного размера.

Недостатком портативных приборов являются малые размеры резинового элемента, имитирующего протектор автомобильной шины. По этой причине такие приборы не используют для измерения коэффициента сцепления грубо шероховатой поверхности. Другим недостатком портативных приборов является моделирование качения колеса автомобиля с низкими скоростями.

Существуют разные конструкции портативных приборов.

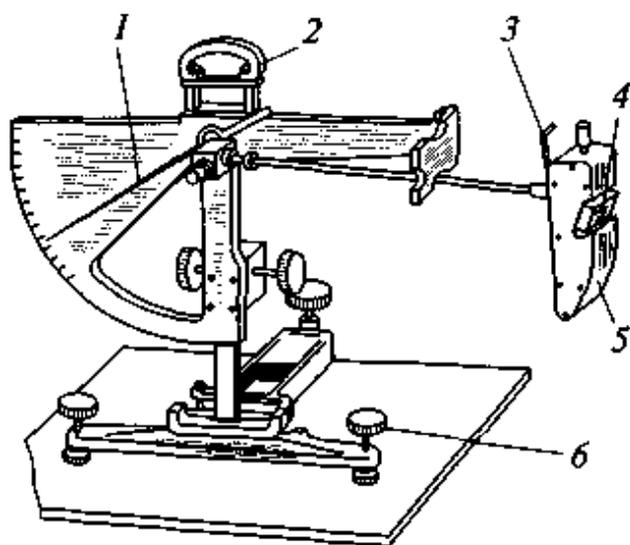
Маятниковый прибор МП - 3 (рисунок 5.2) состоит из станины 2, штанги 4 с укрепленной на ней мерной шкалой 3 и маятника 1.

Прибор устанавливают на поверхности дорожного покрытия, штангу приводят в вертикальное положение по уровню. Маятник укрепляют в гори-

зонтальном положении, поверхность дорожного покрытия смачивают водой, маятник отпускают.

Отпущенный маятник падает, проскальзывая обрешиненным башмаком по поверхности дорожного покрытия, затем поднимается на определённый угол, который фиксируется на шкале прибора. Большой угол подъёма маятника соответствует большей скользкости поверхности дорожного покрытия.

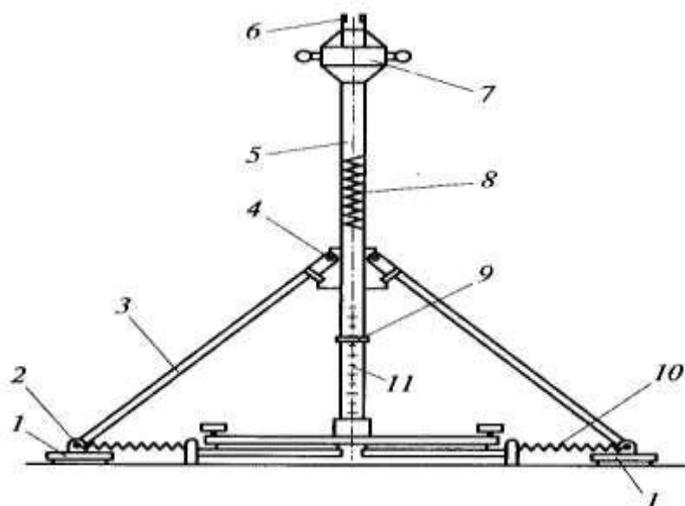
За рубежом наиболее распространён прибор Транспортной дорожной исследовательской лаборатории Великобритании (рисунок 5.3).



1 – стрелка, фиксирующая отклонения маятника; 2 – ручка для переноски прибора; 3 – рычаг, перемещающий указательную стрелку при падении маятника; 4 – вставка из протекторной резины; 5 – маятник; 6 – установочные винты, обеспечивающие касание резины с поверхностью дорожного покрытия.

Рисунок 5.3 – Портативный маятниковый прибор Транспортной дорожной исследовательской лаборатории Великобритании

Портативный прибор ППК - 2 разработки МАДИ - ВНИИБД (рисунок 5.4) состоит из штанги 5 со скользящим по ней грузом 7 массой 9 кг, подвижной муфты 4 и пружины 10, соединяющей два резиновых имитатора 1.



1 – имитаторы; 2 – шарнир; 3 – тяга; 4 – подвижная муфта; 5 – опорная штанга; 6 – устройство сброса груза; 7 – груз; 8 – центральная пружина; 9 – регистрирующая шайба; 10 – стягивающая пружина; 11 – шкала коэффициентов сцепления.

Рисунок 5.4 – Портативный прибор ударного действия

При испытании прибор устанавливают таким образом, чтобы имитаторы находились на расстоянии (10 ± 1) мм над дорожным покрытием. Подвижный груз закрепляется в верхнем положении стойки. После увлажнения поверхности дорожного покрытия груз освобождается, ударяя по подвижной муфте. Под действием удара груза имитаторы прижимаются и перемещаются по поверхности дорожного покрытия. По положению измерительной шайбы на шкале определяют коэффициент сцепления.

Коэффициент продольного сцепления дорожного покрытия измеряют не менее чем на трёх участках на каждом километре каждой полосы движения. В каждом месте делают по три измерения. При наличии между измерениями расхождений, превышающих 0,05, число измерений увеличивают до пяти. За показатель скользкости принимают среднее арифметическое значение коэффициента сцепления. Результаты измерений на всём протяжении сдаваемого участка наносят на линейный график.

Определение коэффициента сцепления с помощью *динамометрических установок* производят при движении автомобиля с определённой скоростью. Существует много конструкций динамометрических установок. Как правило, установки состоят из одноколёсного прицепа. Наиболее совершенной является динамометрическая установка типа ПКРС - 2 .

Динамометрическими тележками определяют коэффициент сцепления по силе тяги, необходимой для протаскивания по дорожному покрытию заторможенного колеса с заданной постоянной скоростью. Сила сцепления шины тележки и дорожного покрытия при торможении P_x , Н, определяется динамометром.

Коэффициент продольного φ_1 сцепления определяют по формуле

$$\varphi_1 = P_x / G, \quad (5.1)$$

где G – вертикальная нагрузка, которая передаётся колесом на дорогу, Н.

В тележках подобной конструкции направление усилий совпадает с плоскостью качения колеса.

Измерение коэффициента продольного сцепления следует производить не ранее чем через 2 недели после окончания устройства дорожного покрытия.

На дорогах и улицах, находящихся в эксплуатации, испытания следует проводить при движении испытательного колеса по полосе наката левых колёс транспортных средств, использующих данную полосу движения, а на дорогах и улицах с вновь устроенным дорожным покрытием – в пределах всей ширины полосы движения.

На каждом из испытываемых участков длиной не менее 1 км последовательно выполняют не менее пяти испытаний.

Во Франции для определения коэффициента продольного сцепления применяют установку *Grip Tester*. С её помощью проводят измерение сил трения колеса с гладким протектором на влажном дорожном покрытии при движении с коэффициентом проскальзывания 15 %.

Установка представляет собой прицеп, буксируемый автомобилем, оснащена персональным компьютером типа *Notebook* для записи, обработки и хранения результатов измерений.

Скорость движения при выполнении измерений 15...30 км / ч, производительность 60 км / смена.

При отсутствии специальных динамометрических прицепов и портативных приборов разрешается определение коэффициента сцепления методом тормозного пути или по отрицательному ускорению.

Для контроля сцепления дорожного покрытия по отрицательному ускорению необходимо оборудование автомобиля регистрирующей аппаратурой и акселерометром – прибором, измеряющим отрицательное ускорение в процессе торможения. Автомобиль с установленным акселерометром разгоняют до определенной скорости (40...50 км / ч), а затем резко тормозят. Через 3...4 с торможение прекращают и берут отсчёт по акселерометру.

Коэффициент продольного сцепления определяют по формуле

$$\varphi_1 = j / g, \quad (5.2)$$

где j – отрицательное ускорение, м / с²;

g – ускорение свободного падения, $g = 9,81$ м / с².

Однако приведённая зависимость справедлива только для горизонтальных участков дороги и прямолинейного движения автомобиля.

Для измерения коэффициента сцепления методом тормозного пути автомобиль разгоняют по увлажнённому дорожному покрытию до скорости не выше 40...50 км / ч и в момент пересечения намеченного створа тормозят до полной остановки. Коэффициент продольного сцепления в этом случае определяют по длине измеренного тормозного пути:

$$g_1 = \frac{K_3 \cdot v^2}{254 \cdot S_T} \pm i, \quad (5.3)$$

где K_3 – коэффициент эффективности торможения, для легковых автомобилей, $K_3 = 1,2$;

v – скорость в начале торможения, км / ч;

S_T – длина тормозного пути, м;

i – продольный уклон дорожного покрытия (знак «минус» для движения на подъёме, знак «плюс» для движения на спуске), отн. ед.

Результаты измерений методом тормозного пути несколько превышают значения, полученные с помощью динамометрического прицепа.

Существенное влияние на коэффициент сцепления оказывает температура воздуха.

В качестве эталона принимают коэффициент сцепления, полученный при температуре воздуха 20° С.

При определении коэффициента сцепления при других температурах вводят поправки:

Температура воздуха, °С.....0 5 10 15 20 25 30 35 40

Поправка.....- 0,06 - 0,04 - 0,03 - 0,02 0 + 0,01 + 0,01 + 0,02 + 0,02

Состояние дорожного покрытия по сцепным качествам оценивают путём сравнения фактического значения коэффициента продольного сцепления с его предельно допустимым значением. Дорожное покрытие удовлетворяет требованиям эксплуатации, если фактическое значение коэффициента сцеп-

ления оказывается больше предельно допустимого значения или равным ему. Предельно допустимое значение коэффициента продольного сцепления установлено в ГОСТ Р 50597 - 93 «Автомобильные дороги и улицы. Требования к эксплуатационному состоянию, допустимому по условиям обеспечения безопасности дорожного движения» и составляет 0,3 при измерении шиной без рисунка протектора и 0,4 при измерении шиной, имеющей рисунок протектора.

С целью повышения коэффициента сцепления устраивают поверхностную обработку, обеспечивающую высокую шероховатость, или устраивают дорожные покрытия, способствующие быстрому отводу поверхностного стока с дороги.

Требуемые значения коэффициента сцепления для дорог I - III категорий в зависимости от особенностей их участков и условий движения при увлажненной поверхности дорожного покрытия приведены в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Коэффициента сцепления

Условия движения	Характеристика участков дорог	Коэффициент продольного сцепления φ_1
Легкие	Участки прямые или на кривых в плане радиусами 1000 м и более, горизонтальные с продольными уклонами не более 30 %, с элементами поперечного профиля, с укрепленными обочинами, без пересечений в одном уровне, при загрузке не более 0,3	0,45
Затруднённые	Участки на кривых в плане радиусами 250...1000 м, на спусках и подъёмах с уклонами 30...60 %, в зонах сужений проезжей части, а также участки, отнесенные к лёгким условиям движения при уровне загрузки в пределах 0,3...0,5	0,45...0,5
Опасные	Участки с видимостью менее расчётной; подъёмы и спуски с уклонами, превышающими расчётные; зоны пересечений в одном уровне; участки, отнесенные к лёгким и затруднённым условиям, при уровнях загрузки свыше 0,5	0,6

Появление приборов, позволяющих измерять коэффициент поперечного сцепления, даёт возможность нормирования значений этого коэффициента. В ряде стран (Великобритания, Франция и др.) коэффициент поперечного сцепления принят в качестве основного показателя сцепных качеств дорож-

ного покрытия, так как он более точно отражает взаимодействие шины колеса автомобиля с дорожным покрытием в момент дорожно - транспортного происшествия.

Исследования показывают, что значения коэффициента сцепления зависят от многих факторов, связанных с состоянием дорожного покрытия, шины, условиями взаимодействия шины с дорожным покрытием. Существенное влияние на коэффициент сцепления оказывают скорость движения, рисунок протектора, давление в шинах, нагрузка на колесо, режим торможения и особенно тип дорожного покрытия, его состояние, температура и шероховатость (рисунок 5.5).

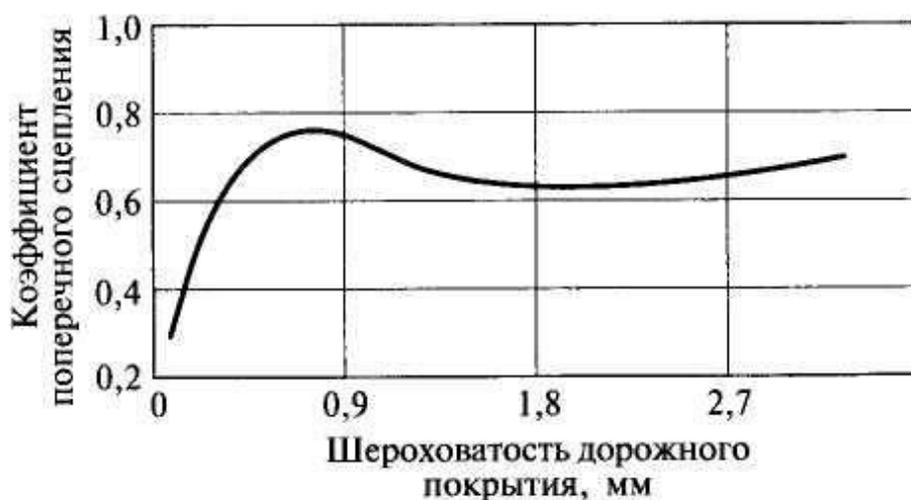


Рисунок 5.5 – Зависимость коэффициента поперечного сцепления от шероховатости дорожного покрытия

Шероховатость поверхности дорожных покрытий – один из важнейших транспортно - эксплуатационных показателей автомобильных дорог, обуславливающий надёжность контакта автомобильной шины с поверхностью дорожного покрытия и в большей степени влияющий на безопасность движения транспортных средств.

Микрошероховатость характеризуется неровностями длиной менее 2...3 мм и высотой 0,2...0,3 мм. Неровности длиной более 2...3 мм и высотой более 0,2...0,3 мм называются макрошероховатостью.

При определении состояния дорожного покрытия чаще всего оценивают макрошероховатость, к которой предъявляют противоречивые требова-

ния. С одной стороны, макрошероховатость должна быть как можно меньшей, чтобы обеспечивалась наибольшая площадь контакта протектора шины с поверхностью дорожного покрытия.

С другой стороны, дорожная поверхность должна быть достаточно грубой, что должно способствовать быстрому отводу воды из площадки контакта и предупреждению тем самым явления аквапланирования. Однако увеличение макрошероховатости ведёт к возрастанию сопротивления качению, износу шин и уровня шума.

Основными параметрами, характеризующими макрошероховатость, являются высота выступов, средняя высота выступов, шаг неровностей (расстояние между соседними вершинами неровностей), средний шаг неровностей.

Для измерения параметров шероховатости поверхности дорожного покрытия применяют приборы разных типов, которые по принципу действия подразделяют на контактные и бесконтактные.

Простейшим методом измерения шероховатости является метод песчаного пятна, который заключается в распределении на поверхности дорожного покрытия определённого объёма песка (обычно 10...30 см³) с размером частиц 0,15...0,3 мм. Песок распределяется вровень с поверхностью отдельных выступов дорожного покрытия, придавая песчаному пятну форму правильного круга. По измеренному диаметру пятна D и объёму песка V вычисляют среднюю глубину шероховатости:

$$h_{\text{ср}} = \frac{4V}{\pi D^2} = 1,275 \frac{V}{D^2} \quad (5.4)$$

При вычисленной средней глубине шероховатости на участках дорог с продольными уклонами до 30 % на дорожных покрытиях с применением органических вяжущих, составляющей менее 0,7 мм, а на цементобетонных покрытиях менее 0,5 мм, шероховатость считается неудовлетворительной, при средней глубине шероховатости соответственно 0,7...1,5 и 0,5...0,6 мм – удовлетворительной, 1,5...2 и 0,6...0,8 мм – хорошей и при средней глубине более 2 и 0,8 мм – очень хорошей.

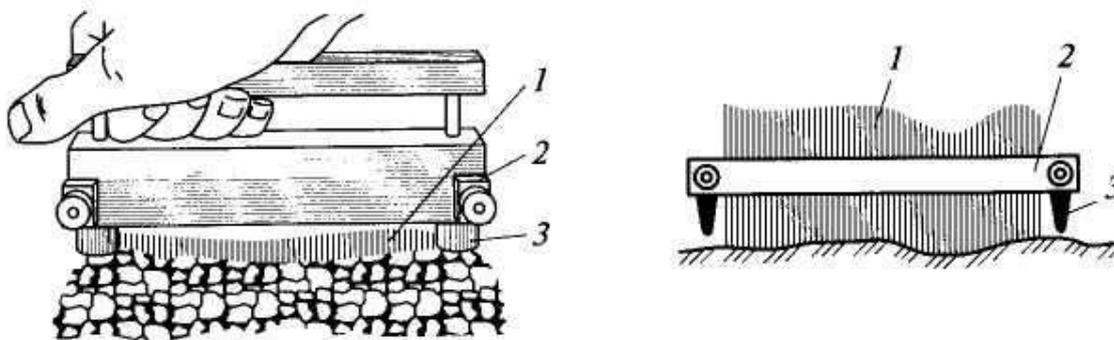
Для безопасного движения на участках дорог с большими уклонами средняя глубина шероховатости должна быть не менее следующих значений:

Уклон, %40 50 60 70 80

Средняя глубина шероховатости, мм.....3,5 4 4,5 5 5

С помощью приборов контактного типа обеспечивается возможность копирования контуров поверхности и определения числовых значений параметров шероховатости.

Принцип работы таких приборов основан на ощупывании неровностей поверхности щупом с последующим копированием контуров шероховатости на миллиметровую бумагу или преобразованием механических колебаний в электрические. После обработки полученных профилограмм определяют числовые значения параметров шероховатости.



1 – игла - щуп; 2 – зажимные планки; 3 – опоры.

Рисунок 5.6 – Прибор игольчатый типа ПКШ - 4

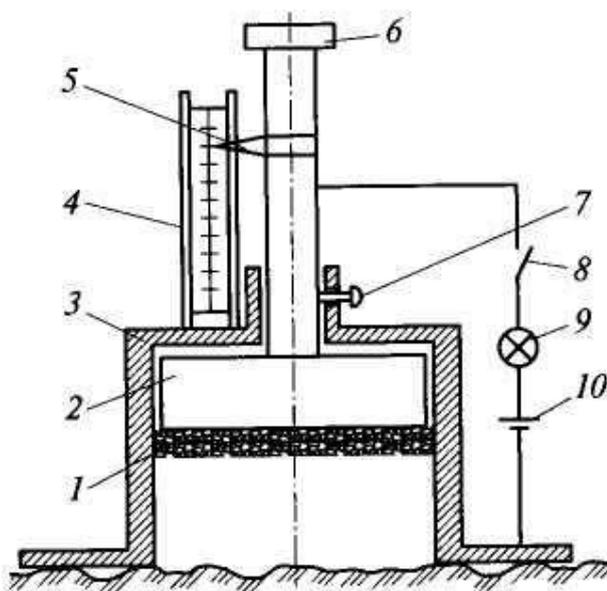
Игольчатый прибор ПКШ - 4 (рисунок 5.6) состоит из тонких игл 1, закреплённых между зажимными планками 2. Внизу планок имеются опоры 3.

При измерении неровностей прибор ПКШ - 4 устанавливают на дорожное покрытие и слегка вдавливают так, чтобы иглами прибора точно копировался рельеф поверхности дорожного покрытия. Полученный микропрофиль переносят на миллиметровую бумагу и определяют высоту выступов, средний шаг и средний угол при вершине. Измерения проводят дважды с установкой прибора вдоль оси дороги и перпендикулярно.

При расхождении в результатах более чем на 10 % требуются дополнительные измерения с установкой прибора под углом 45° к оси дороги.

В магнитном приборе для измерения средней глубины впадин неровностей (рисунок 5.7) используют мелкие металлические шарики.

При проведении испытания прибор устанавливают на поверхность дороги, при этом мелкими металлическими шариками заполняют все впадины шероховатости в пределах внутреннего диаметра цилиндра и по шкале определяют среднюю глубину шероховатости. После снятия отсчёта прибор переносят на новую точку измерений.



1 – металлические шарики; 2 – магнит; 3 – корпус; 4 – шкала; 5 – указатель средней глубины впадин; 6 – шток с ручкой; 7 – стопорный винт; 8 – выключатель электрической цепи; 9 – лампочка - сигнализатор; 10 – источник тока (12 В).

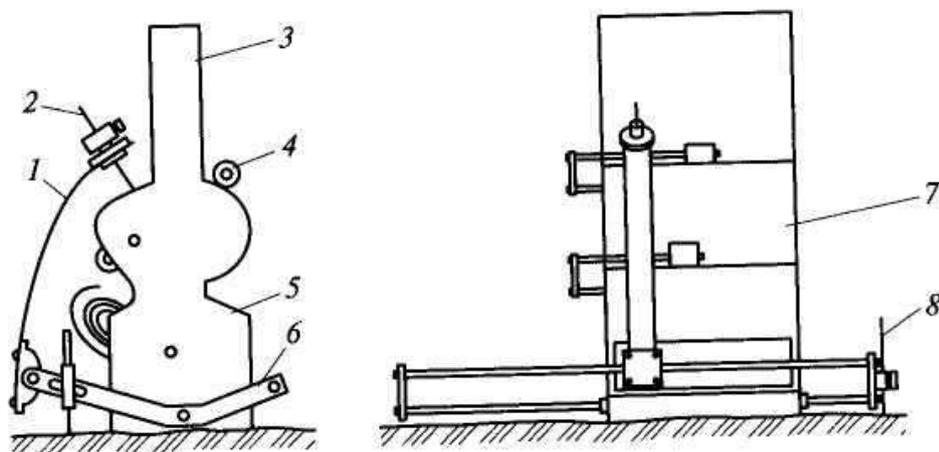
Рисунок 5.7 – Магнитный прибор для измерения средней глубины впадин макрошероховатости дорожного покрытия

Действие профилографа (рисунок 5.8) основано на ощупывании поверхности дорожного покрытия специальным щупом и вычерчивании профиля неровностей на миллиметровой бумаге. По полученному микропрофилю определяют среднюю высоту выступов, средний шаг, средний угол при вершине выступов.

Для определения микро шероховатости применяют индуктивный профилограф (рисунок 5.9), который позволяет определять параметры микро шероховатости как в лабораторных, так и в полевых условиях.

Прибор работает по принципу ощупывания исследуемой поверхности алмазной иглой с радиусом кривизны при вершине 10 мкм с последующим преобразованием механических колебаний иглы в пропорциональные изменения электрического напряжения. Пределы измерения при записи профилограмм 0,2...400 мкм.

Лазерный профилограф (рисунок 5.10) работает по принципу ощупывания исследуемой поверхности световым лучом. Копирование поверхности дорожного покрытия осуществляется сфокусированным лучом лазера, а фото приёмным устройством измеряется диффузионная составляющая отражённого светового потока. Пределы измерений при записи профилограммы 1...500 мкм.



1 – плечо - коромысло; 2 – карандаш; 3 – ручка прибора; 4 – прижимной ролик; 5 – корпус прибора; 6 – передвижная рамка; 7 – вал с бумагой; 8 – игла - щуп.

Рисунок 5.8 – Профилограф Союздорнии

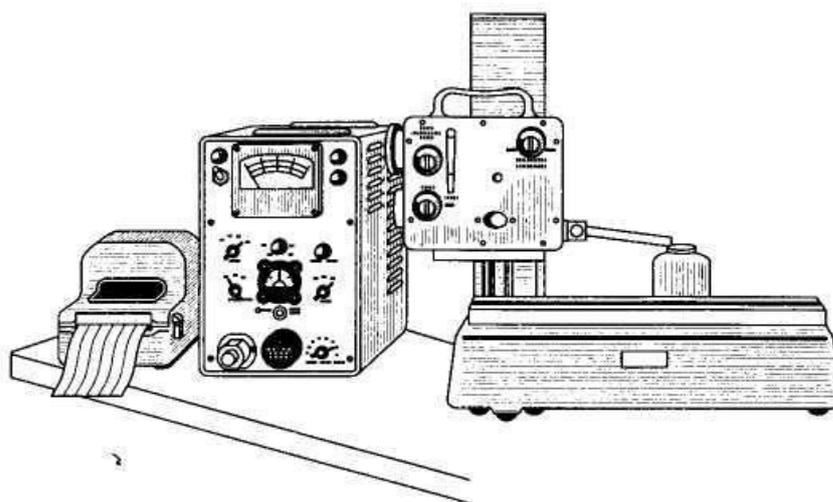


Рисунок 5.9 – Индуктивный профилограф МАДИ

Лазерный профилограф, как и индуктивный, позволяет измерять микрошероховатость дорожного покрытия или размер зёрен щебня, как в лабораторных, так и в полевых условиях.

В МАДИ был разработан метод оценки состояния дорожного покрытия методом дистанционного зондирования. Метод основан на оптическом сканировании исследуемой поверхности с помощью цифровых устройств (цифровые фотокамеры) и последующей обработки полученных снимков в цифровых фотограмметрических системах.

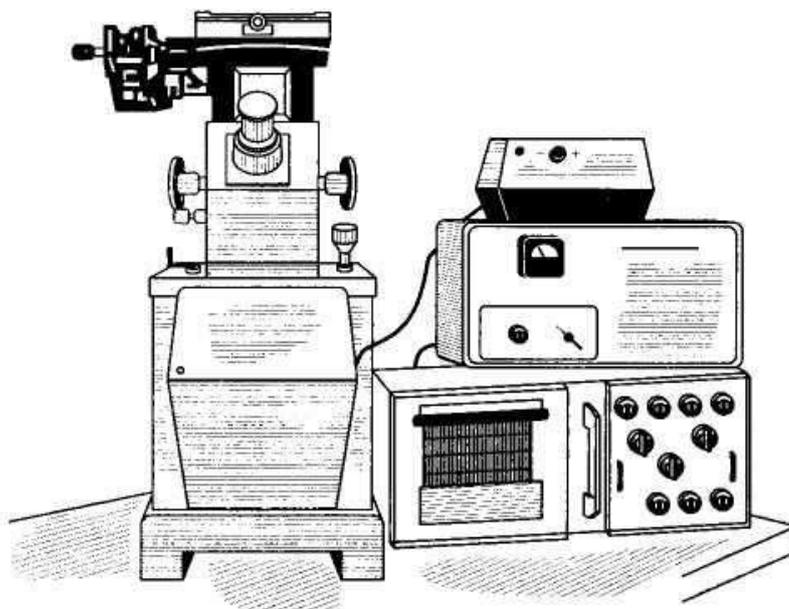


Рисунок 5.10 – Лазерный профилограф МАДИ

В последние годы во многих странах для определения макрошероховатости дорожных покрытий применяют передвижные установки, смонтированные на микроавтобусе.

Впереди микроавтобуса устанавливают поперечную балку, оснащённую лазерами для измерения профилей и текстуры дорожного покрытия. Запись, обработку и хранение результатов измерений производят бортовым вычислительным комплексом.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что является критерием скользкости дорожного покрытия?
2. Какими портативными приборами измеряют коэффициент продольного сцепления?
3. Как определяется коэффициент продольного сцепления с помощью динамометрических тележек?
4. Как определяется коэффициент продольного сцепления методом тормозного пути?
5. Как оценить состояние дорожного покрытия по сцепным качествам?
6. Какими параметрами характеризуется шероховатость дорожного покрытия?
7. Какие методы и приборы применяют для измерения параметров шероховатости?
8. На что влияет шероховатость дорожного покрытия?
9. Какое влияние оказывают природно - климатические факторы на транспортные качества дороги?

Ильин Пётр Иванович
Цэдашиев Цырендаши Владимирович

ТРАНСПОРТНО-ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ КАЧЕСТВА
АВТОМОБИЛЬНЫХ И ВНУТРИХОЗЯЙСТВЕННЫХ ДОРОГ

Молодёжный, 2020

Методические указания по практическим занятиям
для студентов инженерного факультета
направление подготовки 23.03.03 Эксплуатация
транспортно - технологических машин и комплексов,
профиль «Автомобили и автомобильное хозяйство в АПК»
(уровень бакалавриата)