

625.7

1-77

И. И. ЛЕОНОВИЧ, И. П. ВЫРКО, Т. К. БОГДАНОВИЧ

ПОСОБИЕ

по расчету земляного полотна и одежды
автомобильных лесовозных дорог

Минск 1969

625.7

Л-47 И. И. ЛЕОНОВИЧ, Н. П. ВЫРКО, Т. К. БОГДАНОВИЧ

През. 1968г.

1968

ПОСОБИЕ

по расчету земляного полотна и одежд
автомобильных лесовозных дорог

296858

БИБЛИОТЕКА БТИ
имени С. М. ВЯРОВА

Библиотека БГТУ



0000000341314b

Минск 1968

В настоящем пособии приведены рекомендации по проектированию рациональных конструкций земляного полотна и одежд автомобильных лесовозных дорог. Она состоит из двух разделов. В первом разделе изложены главные требования, предъявленные к земляному полотну, теоретические основы и принципы определения геометрических параметров земляного полотна, способы расчета объемов земляных работ.

Во втором разделе рассмотрены конструкции, методы проектирования, условия применения и технико-экономические показатели строительства важнейших типов дорожных одежд.

Пособие иллюстрировано многочисленными рисунками.

В В Е Д Е Н И Е

Лесная промышленность и лесное хозяйство СССР выполняют значительный объем грузовых перевозок. Годовой грузооборот превышает 600 млн. т грузов. Для успешного обеспечения этих перевозок выделяются необходимые транспортные средства в леспромхозах, лесхозах, лесхоззагах и других лесных предприятиях ежегодно строится большое количество магистральных и подъездных путей различного типа. Среди них ведущее место занимают автомобильные лесовозные дороги. По автомобильным лесовозным дорогам в настоящее время перевозят около 70% заготавливаемой древесины. Протяженность их превышает 80 тыс. км. В перспективе место и роль автомобильных дорог при транспортном освоении лесных массивов будет возрастать еще больше.

Неуклонное развитие автомобильного транспорта и широкое строительство автомобильных лесовозных дорог в различных районах страны выдвигают в число основных задач разработку рациональных конструкций дорог, исходя из местных почвенно-грунтовых, гидрологических, климатических, экономических условий и эксплуатационных требований.

Под рациональными конструкциями подразумеваются такие, которые обладают достаточной прочностью и требуют минимум строительных и эксплуатационных затрат.

Рациональные конструкции дорог устанавливаются на основании прочностных и технико-экономических расчетов, путем сравнения вариантов.

Некоторые рекомендации по определению рациональных параметров автомобильных лесовозных дорог приведены в настоящем пособии.

Пособие подготовлено по материалам исследований кафедры сухопутного транспорта леса и дорожных машин и научно-исследовательской лаборатории механизации лесоразработок Белорусского технологического института им.С.М.Кирова. Предназначается оно для студентов лесинженерной специальности, а также для проектных, строительных и промышленных организаций лесной промышленности и лесного хозяйства.

При подготовке пособия большую пользу оказали Е.И.Куманская, А.И.Лавиш, Л.А.Прокопчик, Е.И.Скоробогатая, которым авторы выносят глубокую благодарность.

Авторы будут весьма признательны, если специалисты выскажут свои замечания и предложения по дальнейшему улучшению проектирования, строительства и эксплуатации автомобильных лесовозных дорог.

Замечания и предложения можно направлять по адресу: гор.Минск, ул.Свердлова, 13-а, Белорусский технологический институт имени С.М.Кирова, кафедра сухопутного транспорта леса и дорожных машин.

РАЗДЕЛ ПЕРВЫЙ

РАСЧЕТЫ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА АВТОМОБИЛЬНЫХ ЛЕСОВОЗНЫХ ДОРОГ

I. Земляное полотно автомобильных лесовозных дорог

Земляным полотном называется часть полосы отвода, на которой устроены насыпи, выемки и кюветы. Оно предназначается в качестве основания для укладки дорожной одежды.

Земляное полотно автомобильных дорог должно обладать стабильной геометрической формой независимо от погодных условий и времени года, а также обеспечивать необходимую прочность и устойчивость дорожной одежды.

Прочность и устойчивость земляного полотна обеспечивается одним из следующих мероприятий или комплексом их: отводом от земляного полотна поверхностных вод, назначением соответствующей крутизны откосов насыпей и выемок и укреплением их для предохранения от оползания и размыва, уплотнением грунта как в насыпях, так и в выемках, понижением уровня грунтовых вод, необходимыми возвышениями насыпи над уровнем грунтовых вод и возведением их из устойчивых грунтов. Для повышения устойчивости земляного полотна на косогорах в необходимых случаях устраивают поддерживающие стенки. Проведение этих мероприятий должно быть тесно увязано с рельефом местности, почвенно-грунтовыми, гидрологическими и климатическими условиями, а также дорожно-климатическим районированием территории СССР (рис. I-I) и типом местности по ее характеру и степени увлажнения Табл. I-I).

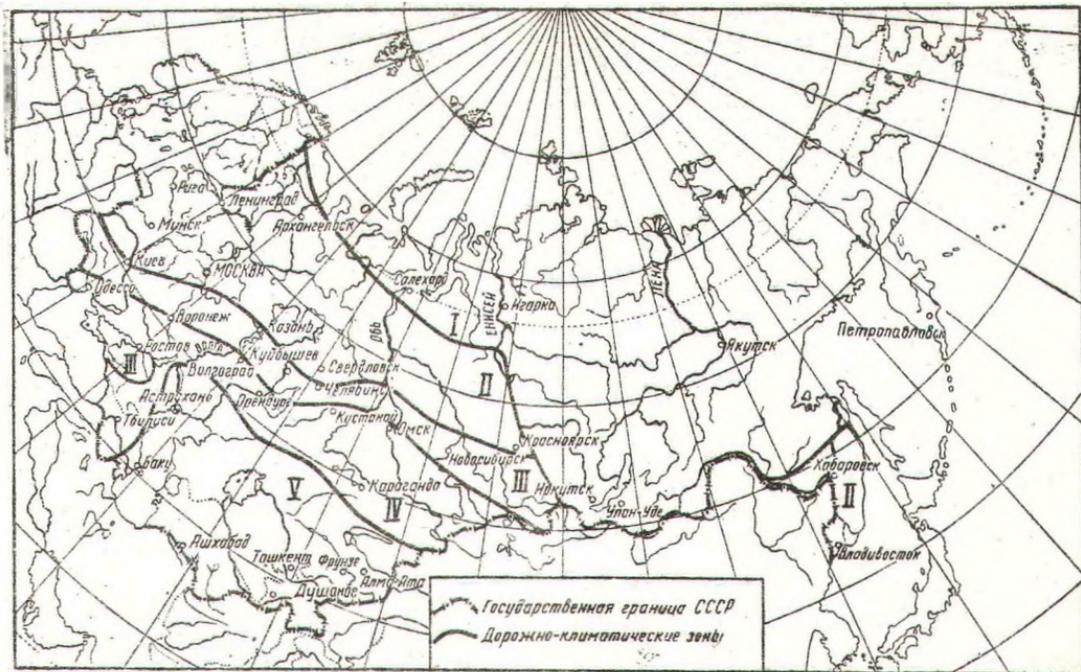


Рис. I-I. Схема деления территории СССР на дорожно-климатические зоны

Таблица I-I

Типы местности по характеру и степени увлажнения

№ типа	Тип местности	Признаки увлажнения
1	Сухие места без избыточного увлажнения	Поверхностный сток обеспечен. Грунтовые воды не оказывают существенного влияния на увлажнение верхней толщи грунтов
2	Сырые места с избыточным увлажнением в отдельные периоды	Поверхностный сток не обеспечен, но грунтовые воды не оказывают существенного влияния на увлажнение верхней толщи грунтов. Почва с признаками поверхностного заболачивания. Весной и осенью появляется застой воды на поверхности
3	Мокрые места с постоянным избыточным увлажнением	Грунтовые воды или длительно стоящие (больше 20 суток) поверхностные воды влияют на увлажнение верхней толщи грунтов. Почвы торфяные, оглеенные, с признаком заболачивания, а также солончаки и постоянно орошаемые территории засушливой зоны

Примечание. Тип увлажнения местности устанавливает при изысканиях на основании оценки условий притока и отвода воды, положения уровня грунтовых вод и их режима, а также по признакам оглеения, заболачивания и типа растительности.

Устойчивость земляного полотна в процессе эксплуатации дороги обеспечивается приданием ему при строительстве необходимых проектных размеров и форм, правильным подбором грунтов и соответствующей их отсыпкой, с последующими послойными уплотнениями. Уплотнение насыпей должно быть произведено послойно до требуемой плотности, которая определяется по следующей формуле

$$\Pi_{тр} = k \Pi_{max} \quad (I-I)$$

где k - коэффициент уплотнения грунта (табл. I-2);

P_{max} - наибольшая плотность при оптимальной влажности, определяемая в лаборатории методом стандартного уплотнения.

Таблица I-2

Коэффициент уплотнения грунта

Часть насыпи	Глубина расположе- ния слоя от поверхности покрытия в м	Усовершен- ствован- ные покры- тия капи- тального типа	Прочие покрытия
Верхняя	до 1,5	I-0,98	0,98-0,95
Нижняя неподтап- ливаемая	1,5-6	0,95	0,95
Нижняя подтапли- ваемая	1,5-6	0,98-0,95	0,95

Примечание. Если грунт в естественном залегании (выемки) имеет плотность менее чем указано в табл. I-2, то его необходимо уплотнять особенно при строительстве усовершенствованных и переходных покрытий.

Немаловажное значение при проектировании и возведении земляного полотна имеет правильный подбор грунтов, для этого необходимо руководствоваться их дорожной классификацией приведенной в табл. I-3.

Таблица I-3

Дорожная классификация грунтов для проектирования
и возведения земляного полотна автомобильных дорог

А. Глинистые грунты

Наименование видов глинистых грунтов	Наименование разновидностей глинистых грунтов	Показатели		
		Число пластичности	Содержание песчаных частиц, % от веса сухого грунта	Размер песчаных частиц в мм
Супесь	легкая крупная	I-7	больше 50	2,0-0,25
	легкая пылеватая	I-7	больше 50	2,0-0,05
	тяжелая пылеватая	I-7	50-20	2,0-0,05
	тяжелая пылеватая	I-7	меньше 20	2,0-0,05
Суглинок	легкий	7-12	больше 40	2,0-0,05
	легкий пылеватый	7-12	меньше 40	2,0-0,05
	тяжелый	12-17	больше 40	2,0-0,05
	тяжелый пылеватый	12-17	меньше 40	2,0-0,05
Глина	песчанистая	17-27	больше 40	2,0-0,05
	пылеватая (полужирная)	17-27	не нормируется	2,0-0,05
	жирная	более 27	не нормируется	2,0-0,05

Примечание. При содержании частиц крупнее 2 мм в количестве 20-50% наименование грунта дополняется словом "гравелистый" при окатанных частицах и "щебенистый" при обостренных, неокатанных частицах.

Б. Несцементированные обломочные грунты

Наименование видов несцементированных обломочных грунтов	Распределение частиц по крупности	
	Размер частиц в мм	Содержание частиц, % от веса сухого грунта
<u>Крупнообломочные</u>		
Грунт щебнистый (при преобладании скатанных частиц - галечниковый)	крупнее 10 мм	более 50
Грунт древесный (при преобладании скатанных частиц - гравийный)	крупнее 2 мм	более 50
<u>Песчаные</u>		
Песок гравелистый	крупнее 2 мм	менее 50, но более 25
Песок крупный	крупнее 0,5 мм	более 50
Песок средней крупности	крупнее 0,25 мм	более 50
Песок мелкий	крупнее 0,1 мм	более 75
Песок пылеватый	крупнее 0,1 мм	менее 75

Примечание. Для установления наименования крупнообломочного или песчаного грунта последовательно суммируют проценты содержания его частиц: сначала крупнее 10 мм, затем крупнее 2 мм, далее крупнее 0,5 мм и т.д. Наименование грунта принимают по первому удовлетворяющему показателю в порядке расположения наименований в таблице.

Наибольшее применение для возведения земляного полотна получили грунты группы Б (табл. I-3а) за исключением пылеватых песков. Глинистые грунты (группа А, табл. I-3) допускают для возведения насыпей при влажности, не превышающей оптимальную при стандартном уплотнении более чем на 10% ее значения.

В зависимости от того какие грунты применяются для возведения земляного полотна назначают его высоту над уровнем грунтовых вод. По IV наименьшее возвышение низа дорожной одежды над уровнем грунтовых или длительного стояния (более 20 суток) поверхностных вод на сырых и мокрых участках относящихся ко 2-му и 3-му типам местности (табл. I-I) должно быть не менее указанного в табл. I-4.

Таблица I-4

Наименьшее возвышение низа дорожной одежды над расчетным уровнем воды

Тип грунта	Наименьшее возвышение низа дорожной одежды (в наиболее низком месте поперечного профиля) над уровнем воды, м			
	II зона	III зона	IV зона	V зона
Пески средние и мелкие и супеси легкие	0,7	0,6	0,5	0,4
Пески пылеватые, супеси тяжелые	1,2	0,8	0,8	0,7
Супеси пылеватые, тяжелые пылеватые; суглинки легкие, легкие пылеватые и тяжелые пылеватые	1,9 ^x	1,7 ^x	1,4 ^x	1,3 ^x
Тяжелые суглинки, глины пылеватые, песчанистые и жирные	1,9	1,4	1,1	1,0

x) Возведение высоких насыпей из неблагоприятных грунтов допускают в исключительных случаях при соответствующем технико-экономическом обосновании.

По данным Гипролестранса ширина земляного полотна на прямых участках автомобильных лесовозных дорог должна приниматься согласно табл. I-5.

Ширина земляного полотна автомобильных лесовозных дорог

Вид дороги	Ш и р и н а , м					
	при равном и холмистом рельефе			при горном рельефе и др. сложных условиях		
	земляного полотна	проезжей части	обочины	земляного полотна	проезжей части	обочины
Магистраль лесовозных дорог						
I категории	10,0	7,0	1,5	9,0	7,0	1,0
II категории	8,0	6,0	1,0	8,0	6,0	1,0
III категории	5,5	4,0	0,75	5,0	4,0	0,5
Лесовозные и лесохозяйственные ветки	5,0	3,5	0,75	4,5	3,5	0,5
Усы и пожарные дороги	4,5	3,5	0,5	4,0	3,0	0,5

Примечание. Отклонения от данных табл. I-5 может быть в том случае, когда ширина коника превышает 2,75 м или когда рельеф местности является сложным.

В настоящее время на основании богатого опыта строительства и эксплуатации автомобильных дорог в различных климатических и грунтовых условиях установлены типовые поперечные профили земляного полотна, обеспечивающие устойчивую его работу.

Однако эти типовые профили не всегда могут быть применены при проектировании автомобильных лесовозных дорог, в силу наличия на территории лесосырьевых баз болот и неустойчивых грунтов, высокого содержания грунтовых вод и других специфических и сложных условий лесотранспорта. Поэтому проектирование новых профилей дороги связано с расчетом параметров и устойчивости земляно-

го полотна.

При расчете земляного полотна на устойчивость, а также высоты его немаловажную роль играет ~~влагонакопление~~ ^{промерзание грунтов} в грунтах и связанное с ним ~~промерзание~~ ^{влагонакопление} грунтов.

2. Удельное влагонакопление в зависимости от типа местности по увлажнению.

Проектирование различных мероприятий по регулированию водно-теплового режима земляного полотна, повышение его устойчивости, а также по определению высоты насыпи связано с расчетом сезонного влагонакопления в грунтах в процессе промерзания. Сезонное влагонакопление определяется в зависимости от мощности и характера источников увлажнения, обуславливающих приток воды в промерзающий слой.

Трем типам местности по условиям увлажнения соответствуют и три расчетных схемы влагонакопления, разработанные проф. Н. А. Исаковым.

Первая расчетная схема влагонакопления для сухих мест (I-й тип местности)

Данная схема характерна для сухой местности с обеспеченным стоком поверхностных вод, для районов с малым количеством осадков и при глубоком залегании грунтовых вод, где содержание влаги в активной зоне за счет просачивания осадков сверху осенью менее 60% от предела текучести. Передвижение влаги в грунте в зоне положительных температур происходит в основном в форме диффузии водяного пара. В зоне отрицательных температур убыль воды в пленках поддерживается конденсацией водяного пара.

Удельное влагонакопление (прирост влажности грунта) для I-ой расчетной схемы определяется из следующего выражения

$$\Omega_1 = \frac{200k_2(\omega_0 - \omega)}{(\sqrt{\alpha_0} - \sqrt{\alpha_1})\sqrt{\alpha_0}} ; \text{ (\% по объему),} \quad (\text{I-2})$$

- где k_2 - средний коэффициент молекулярной влагопроводимости, см²/сутки;
- ω_0 - молекулярная влагоемкость грунта в долях единицы;
- $\omega_n = 3\omega_r$ - влажность грунта равная тройной гигроскопичности;
- α_0 - параметр, определяющий зависимость глубины промерзания грунта λ_0 в данных климатических условиях от продолжительности зимы (Т суток);

$$\alpha_0 = \frac{\lambda_0^2}{2T} , \quad (\text{I-3})$$

- α_1 - параметр, определяющий глубину λ_1 проникания в грунт изотермы - 30С, при которой практически прекращается перемещение пленочной воды в грунте;

$$\alpha_1 = \frac{\lambda_1^2}{2T_1} , \quad (\text{I-4})$$

- T_1 - число суток проникания температуры - 30С на глубину λ_1 .

Значение коэффициентов α_0 и α_1 определяется путем измерения температуры земляного полотна, а α_0 кроме того может быть определено по карте изолиний (рис. I-2).

Расчетная глубина промерзания λ_0 определяется по формуле

$$\lambda_0 = \lambda_n \sqrt{\frac{\Sigma \alpha_0}{\Sigma \alpha_1}} , \quad (\text{I-5})$$

где λ_n - глубина промерзания в наблюдаемый период, см;
 Σ_0 - сумма градусо-часов холода для наиболее холодной зимы (вызывающая промерзание на глубину λ_0), определяемая по данным метеорологической станции;
 Σ_n - сумма градусо-часов ^{холода} (градусо-часов ниже 0°C), при которой промерзание достигло глубины λ_n .

Расчетная глубина промерзания может быть определена одним из способов приведенным в нижеследующем параграфе.

Величины удельного накопления влаги для 1-ой расчетной схемы приведены в табл. I-6.

Вторая расчетная схема влагонакопления
(П-ой тип местности)

Данная схема соответствует районам с достаточным количеством осадков, где всегда осенняя влажность верхних слоев земельного полотна превышает 60% от предела текучести.

Увеличение влажности грунтов земельного полотна происходит не только за счет выпадения атмосферных осадков, но также из-за плохого водоотвода, где поверхностные воды временно увлажняют полотно дороги сбоку, со стороны резервов и кюветов. В процессе промерзания грунта избыток влаги поступает в зону промерзания и увеличивает осеннюю влажность.

Прирост влаги или удельное влагонакопление для 2-ой расчетной схемы определяется из следующего выражения

$$\Omega_2 = 80(\omega_{ос} - \omega_0) \sqrt{\frac{K_k}{\alpha_0}} \cdot \% \text{ по объему} \quad (I-6)$$

где $\omega_{ос}$ - осенняя влажность в долях объема грунта;
 ω_0 - молекулярная влажность в долях объема грунта;
 K_k - коэффициент капиллярной влагонепроводимости, см²/сутки.

Данные об удельном влагонакоплении в земляном полотне в зимний период при 2-м типе местности приведены в табл. I-7.

Таблица I-6

Удельное влагонакопление в грунте земляного полотна за зимний период при I-ом типе местности (по Н.А.Лузакову)

Климатический коэффициент α_0	Пылеватые супеси			Супеси и пылеватые пески			Суглинки			Глины		
	$\delta = 1,60 \text{ г/см}^3$ $K_2 (\omega_0 - \omega_n) = 0,31$			$\delta = 1,70 \text{ г/см}^3$ $K_2 (\omega_0 - \omega_n) = 0,18$			$\delta = 1,65 \text{ г/см}^3$ $K_2 (\omega_0 - \omega_n) = 0,14$			$\delta = 1,55 \text{ г/см}^3$ $K_2 (\omega_0 - \omega_n) = 0,12$		
	Доли объема	$\Omega_1 = \frac{155}{\alpha_0}$ % по весу	% границы текущей	Доли объема	$\Omega_1 = \frac{86}{\alpha_0}$ % по весу	% границы текущей	Доли объема	$\Omega_1 = \frac{68}{\alpha_0}$ % по весу	% границы текущей	Доли объема	$\Omega_1 = \frac{62}{\alpha_0}$ % по весу	% границы текущей
25	0,100	6,2	22	0,057	3,4	15	0,045	2,72	8,3	0,039	2,50	6,0
50	0,049	3,1	11	0,030	1,7	8	0,022	1,36	4,0	0,020	1,24	3,0
75	0,031	2,0	7	0,018	1,1	5	0,014	0,80	2,5	0,012	0,75	1,8
100	0,025	1,5	6	0,014	0,8	4	0,011	0,68	2,0	0,009	0,62	1,5
150	0,016	1,0	4	0,010	0,6	3	0,007	0,45	1,5	0,006	0,41	1,0
200	0,012	0,7	3	0,008	0,4	2	0,005	0,34	1,0	0,006	0,31	0,7
250	0,009	0,6	2	0,005	0,3	1,5	0,004	0,30	1,0	0,004	0,25	0,5
300	0,008	0,5	2	0,005	0,3	1,5	0,003	0,20	0,6	0,003	0,20	0,5
400	0,006	0,4	1	0,003	0,2	1,0	0,003	0,17	0,5	0,002	0,16	0,5

Примечание. 1. Прирост влажности, сложенный с исходной влажностью дает влажность грунта при оттаивании.

2. Для обеспечения устойчивости земляного полотна необходимо, чтобы влажность при оттаивании не превышала 60-65% границы текучести.

3. По наибольшей влажности грунта при оттаивании устанавливают расчетное значение модуля деформации грунта при расчете дорожных одежд.

4. Если по расчету окажется, что грунт к периоду оттаивания будет иметь влажность, превышающую 60-65% границы текучести, то верхнюю часть земляного полотна следует возводить из песчаных и супесчаных грунтов.

858962

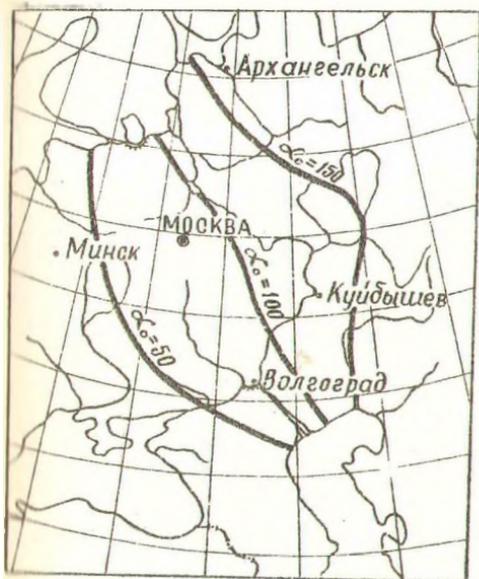


Рис. I-2. Карта изолиний климатического параметра α_0 .

БИБЛИОТЕКА ВТИ
Имени С. М. КАРЛОВА

Удельное влагонакопление в грунте земельного подояна в зимний период при 2-м типе местности (по Н.А. Лузжскому)

Таблица 1-7

1	2	3	4	5	6	7													
						8	9	10	11	12									
0,70	IV	Линия- Тыш Суглинки- Тыш	Пыленатая суглоса	33	17	56	3,7/7,0	2,3/4,2	2/5,5	1,8/3,5	1,5/2,7	1,2/2,1	Удельное влагонакопление (в % от объема грунта, в зимний период в % от предела текучести)	Значение коэффициента, %					
														25	50	75	100	150	200
		Пыленатая суглоса и песчаная	20	7	33	1,4/4,0	1,0/3,0	1,0/3,0	0,7/2,1	0,6/2,8	0,6/1,8	0,4/1,6							
		Суглоса и песчаная	14	6,6	24	1,0/4,1	0,6/2,5	0,6/2,5	0,5/2,1	0,5/2,1	0,4/1,6								

I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0,80	Ш	Глинистый	33	17	56	7,4/13,2	4,6/8	4,6/8,0	3,6/6,4	3,2/5,7	3,1/5,5
		Суглинистый	25	10	45	4,5/10,0	3/6,8	3,00/6,8	2,25/5,0	-	-
		Пылевая супесь	20	7	33	2,8/8,0	2/6,0	2/6,0	1,4/4,2	1,2/3,6	0,9/2,7
		Супеси и пылеватый песок	14	6,6	24	2,0/9,0	1,2/5,0	1,2/5,0	7/4,1	0,8/3,3	0,4/1,7
0,90	П	Глинистый	33	17	56	11/21	7/12	7/12,0	5,4/9,6	4,4/7,8	4,1/7,3
		Суглинистый	25	10	45	6,8/15	4,5/10	4,5/10	3,4/7,5	1,6/3,5	-
		Пылевая супесь	20	7	33	4,2/12	3,3/9	3,3/9	2,2/6,6	1,6/4,8	1,2/3,6
		Супеси и пылеватый песок	14	6,6	24	-/12,5	1,8/12	1,8/12	1,5/6,2	1,3/5,4	1,0/4,1
1,00	П	Глинистый	33	17	56	14,8/24,6	9/16	9/16	7,2/12,8	5,4/9,6	4,6/8,7
		Суглинистый	25	10	45	9/20	6/13,3	6/13,3	4,5/10,0	-	-
		Пылевая супесь	20	7	33	5,6/17	4/12	4/12	2,8/8,4	2,4/7,2	1,9/5,7
		Супеси и пылеватый песок	14	6,6	24	4/16	2,4/10	2,4/10	2,0/8,1	1,6/6,6	1,2/5,0

Третья расчетная схема влагонаполнения для
постоянно сырых мест
(Ш-й тип местности)

Накопление влаги в активной зоне при ее промерзании идет за счет близкого расположения грунтовых вод от поверхности и начальная осенняя влажность может быть принята равной капиллярной влагоемкости грунта.

Удельное накопление влаги или увеличение весовой влажности грунта для третьей расчетной схемы можно определить из следующего выражения

$$\Omega_3 = 2 K_k \frac{(\omega_k - \omega_0) \lambda}{(H - \lambda) \alpha_0} \quad (I-7)$$

- где
- K_k - коэффициент капиллярной влагопроводимости, см²/сутки;
 - ω_k - капиллярная влагоемкость грунта;
 - ω_0 - максимальная молекулярная влагоемкость (по Лебедеву);
 - λ - глубина промерзания, см;
 - H - глубина залегания грунтовых вод от поверхности дороги осенью, см.

Помимо рассмотренных расчетных схем в действительных условиях могут встречаться их комбинации, требующие более детального звания, например, неоднородных напластований грунтов, распределения в них осенней влажности, глубины промерзания грунтов и залегания грунтовых вод. К этому еще необходимо добавить ряд мероприятий, как высота насыпи, уплотнение, толщина дорожной одежды, изоляция и другие меры регулирующие влагонакопление. Но для всех случаев определения влагонаполнения необходимо знать глубину промерзания грунтов.

3. Определение глубины промерзания грунтов земляного полотна

Глубина промерзания грунтов земляного полотна является важным фактором при определении влагонакопления, высоты насыпи, а также при расчете прочности грунтов земляного полотна. В настоящее время существуют различные способы и методы определения глубины промерзания грунтов. Все их можно разделить на три группы: теоретические, эмпирические и статистические.

А. Теоретические методы

К теоретическим можно отнести методы разработанные В.С. Лукьяновым, Н.А. Пузаковым, Г.М. Шахуняц, М.Н. Гольдштейн и др. По каждому из этих методов выведены расчетные формулы. Так формула В.С. Лукьянова для определения глубины промерзания оголенных от снега грунтов имеет вид

$$t = (\omega \rho + \frac{cT}{2}) \frac{\lambda^2}{\lambda T} \left(\frac{1}{2} + \frac{1}{3} \frac{q\lambda}{\lambda T} + \frac{1}{4} \frac{q\lambda^2}{\lambda T^2} \right), \quad (I-8)$$

где

t - время за период промерзания в часах;

T - средняя температура за период промерзания в градусах;

C - теплоемкость грунта, ккал/м³ град.;

λ - глубина промерзания, см;

λ - коэффициент теплопроводности грунта в мерзлом состоянии, ккал/м.час.град;

ω - количество замерзающей воды в грунте, кг/м³;

ρ - скрытая теплота льдообразования, принимаемая равной 80 ккал на 1 кг замерзающей воды;

q - теплоприход из нижних слоев грунта к границе промерзания, ккал, м².ч.

Определение глубины промерзания грунтов земляного полотна автомобильных лесовозных дорог можно производить по формуле В.М. Сиденко.

$$Z = \sqrt{\frac{\lambda T [(t_n - t_s) + (t_s - t_r) \frac{R_o + R_n}{R}]}{\rho w \delta}}, \quad (I-9)$$

где T - время промерзания грунта, ч;
 t_n - температура льдообразования в грунте, °С;
 t_s - средняя температура воздуха за время T от начала промерзания, °С;
 t_r - среднееголетняя температура грунта, °С;
 w - влажность грунта, %;
 δ - объемный вес грунта, кг/м³;
 R_o - сопротивление одежды, град.м² ч/ккал;
 R_n - сопротивление теплопроводу дорожного покрытия, град.м² ч/ккал;
 R - общее тепловое сопротивление, град.м² ч/ккал;
 λ, ρ - имеют те же значения, что и в формуле В.С. Лукьянова.

Б. Эмпирические методы

Эти методы основаны на обработке экспериментальных данных наблюдений за глубиной промерзания. В настоящее время существует много экспериментальных формул для определения глубины промерзания. К таким формулам относятся следующие:

Н.А. Пузакова

$$Z = \sqrt{2\alpha_0 T}, \quad (I-10)$$

А.Н. Будникова

$$Z = 2\lambda \sqrt{\Sigma \theta_c}, \quad (I-11)$$

$$Z = 4,9 (\sum \theta_c) \quad (I-12)$$

и ряд других.

- где
- α_0 - климатический коэффициент, определяемый по карте изолиний (рис. I-2);
 - T - продолжительность зимы, сутки;
 - λ_1 - теплопроводность грунта, ккал/м.ч.град;
 - $\sum \theta_c$ - сумма среднесуточных отрицательных температур воздуха за зиму.

В. Статистические методы

Эти методы основаны на статистических данных глубины промерзания грунтов. В зависимости от наличия данных может быть два способа определения глубины промерзания. Первый когда данные о глубине промерзания грунтов имеются, а второй - данные отсутствуют.

По первому способу определение глубины промерзания грунтов производится в следующем порядке:

1. На основании имеющихся данных наблюдений метеостанций составляется статистический ряд максимальных глубин промерзания грунтов в каждом году (табл. I-8, гр. 3).

2. Определяется средневзвешенная глубина промерзания

$$Z_{cp} = \frac{\sum Z}{n}, \quad (I-13)$$

где $\sum Z$ - сумма промерзания за n лет;
 n - число лет наблюдений.

3. Вычисляются модульные коэффициенты

$$K = \frac{Z_i}{Z_{cp}}, \quad (I-14)$$

где

\mathcal{Z}_i - глубина промерзания i - го года.

4. Находим коэффициент вариации

$$C_v = \sqrt{\frac{\sum (k-1)^2}{n-1}}; \quad (I-15)$$

5. Коэффициент асимметрии принимаем $C_s = 2C_v$, так как число лет наблюдений менее 50, если - больше 50, то

$$C_s = \frac{\sum (k-1)^3}{(n-1) \cdot C_v^3}; \quad (I-16)$$

6. По табл. I-9 (С.И.Рыбкина при $C_s = 2C_v$) в зависимости от коэффициента вариации C_v и заданного процента обеспеченности находим модульный коэффициент K_s .

7. Вычисляется искомая величина глубины промерзания грунта заданной обеспеченности

$$\mathcal{Z} = K_n \cdot K_s \cdot \mathcal{Z}_{cp} \quad (I-17)$$

где

K_n - коэффициент, учитывающий теплофизические свойства грунта, снежный покров и т.д., равный 1,7-2,0.

Таблица I-8

Определение средней арифметической глубины промерзания грунтов Z_{cp} , коэффициента вариации C_v и асимметрии C_s по данным метеостанции Емецк Архангельской области

№№ пп	Годы наблюдений	Глубина промерзания Z_i , см	МОДУЛЬНЫЙ КОЭФФИЦИЕНТ $K = \frac{Z_i}{Z_{cp}}$	K-I		$(K-I)^2$	Процент обеспеченности %
				+	-		
I.	1966-67	150	2,186	1,186		1,409	3,4
2.	1964-65	141	2,055	1,055		1,113	6,8
3.	1959-60	132	1,924	0,924		0,854	10,3
4.	1962-63	113	1,646	0,646		0,419	13,7
5.	1958-59	103	1,501	0,501		0,251	17,2
6.	1963-61	92	1,341	0,341		0,116	20,6
7.	1940-41	82	1,195	0,195		0,038	24,1
8.	1944-45	78	1,137	0,137		0,019	27,5
9.	1965-66	78	1,137	0,137		0,019	31,0
10.	1950-51	74	1,079	0,079		0,006	34,4
11.	1947-48	69	1,006	0,006		-	37,9
12.	1960-61	65	0,948		0,052	0,003	41,3
12.	1939-40	60	0,875		0,125	0,016	44,8
14.	1949-50	60	0,875		0,125	0,016	48,2
15.	1942-43	58	0,845		0,155	0,024	51,7
16.	1961-62	58	0,845		0,155	0,024	55,1
17.	1952-53	55	0,801		0,199	0,039	58,6
18.	1954-55	55	0,801		0,199	0,039	62,0
19.	1955-56	53	0,772		0,228	0,052	65,5
20.	1941-42	48	0,700		0,300	0,090	68,9
21.	1946-47	48	0,700		0,300	0,090	72,4
22.	1953-54	48	0,700		0,300	0,090	75,8
23.	1945-46	43	0,626		0,374	0,139	79,3
24.	1948-49	43	0,626		0,374	0,139	82,7
25.	1943-44	34	0,495		0,505	0,254	86,2
26.	1957-58	34	0,495		0,505	0,254	89,6
27.	1951-52	27	0,394		0,606	0,367	93,1
28.	1956-57	20	0,292		0,708	0,501	96,5

ИТОГО 1921 5,207 5,207 6,381

$$Z_{cp} = \frac{1921}{28} = 68,6 \text{ см} ,$$

$$C_v = \sqrt{\frac{6,381}{27}} = 0,49 .$$

Модульный коэффициент K_s по С.И.Рыбкину
при $C_s = 2 C_v$.

Коэффициент вариации C_v	Процент обеспеченности, %					
	I	3	5	10	20	25
0,16	1,412	1,323	1,278	1,210	1,132	1,101
0,17	1,440	1,344	1,296	1,224	1,140	1,108
0,18	1,467	1,366	1,314	1,237	1,148	1,114
0,19	1,494	1,387	1,332	1,251	1,156	1,120
0,20	1,522	1,408	1,350	1,264	1,164	1,126
0,21	1,552	1,431	1,369	1,278	1,172	1,132
0,22	1,582	1,454	1,388	1,291	1,179	1,137
0,23	1,613	1,476	1,407	1,304	1,187	1,142
0,24	1,643	1,499	1,426	1,318	1,194	1,149
0,25	1,674	1,522	1,445	1,332	1,202	1,154
0,26	1,704	1,545	1,464	1,345	1,210	1,160
0,27	1,734	1,568	1,483	1,358	1,217	1,166
0,28	1,764	1,590	1,502	1,372	1,225	1,172
0,29	1,795	1,613	1,521	1,386	1,232	1,177
0,30	1,825	1,636	1,540	1,399	1,240	1,183
0,31	1,858	1,660	1,560	1,413	1,247	1,188
0,32	1,891	1,683	1,579	1,426	1,254	1,193
0,33	1,924	1,707	1,599	1,440	1,262	1,198
0,34	1,957	1,730	1,618	1,454	1,269	1,203
0,35	1,990	1,754	1,638	1,468	1,276	1,208
0,36	2,024	1,778	1,658	1,481	1,283	1,212
0,37	2,057	1,801	1,677	1,495	1,290	1,217
0,38	2,090	1,825	1,697	1,509	1,298	1,222
0,39	2,123	1,848	1,716	1,522	1,305	1,227
0,40	2,156	1,872	1,736	1,536	1,312	1,232
0,41	2,192	1,897	1,756	1,549	1,319	1,236
0,42	2,227	1,923	1,776	1,563	1,325	1,241
0,43	2,262	1,948	1,797	1,576	1,332	1,246
0,44	2,298	1,974	1,817	1,590	1,338	1,250

продолжение табл. I-9

Коэффициент вариации C_v	Процент обеспеченности, %					
	1	3	5	10	20	25
0,45	2,334	1,999	1,837	1,603	1,345	1,254
0,46	2,369	2,024	1,857	1,616	1,352	1,259
0,47	2,404	2,050	1,877	1,630	1,358	1,264
0,48	2,440	2,075	1,898	1,633	1,365	1,268
0,49	2,476	2,101	1,918	1,657	1,371	1,272
0,50	2,511	2,126	1,938	1,670	1,378	1,277
0,51	2,549	2,152	1,959	1,683	1,384	1,280
0,52	2,587	2,178	1,980	1,697	1,390	1,284
0,53	2,625	2,204	2,000	1,710	1,396	1,288
0,54	2,663	2,230	2,021	1,724	1,402	1,291
0,55	2,700	2,256	2,042	1,737	1,408	1,294
0,56	2,738	2,282	2,063	1,750	1,414	1,298
0,57	2,776	2,308	2,084	1,764	1,420	1,302
0,58	2,814	2,334	2,104	1,777	1,426	1,305
0,59	2,852	2,360	2,125	1,791	1,432	1,302
0,60	2,890	2,386	2,146	1,804	1,438	1,312
0,61	2,930	2,413	2,167	1,817	1,444	1,315
0,62	2,970	2,441	2,188	1,831	1,450	1,318
0,63	3,010	2,468	2,210	1,844	1,456	1,321
0,64	3,050	2,495	2,231	1,858	1,462	1,324
0,65	3,090	2,522	2,252	1,871	1,468	1,328
0,66	3,129	2,550	2,273	1,884	1,473	1,331
0,67	3,169	2,577	2,294	1,898	1,479	1,334
0,68	3,209	2,604	2,316	1,911	1,485	1,337
0,69	3,249	2,632	2,337	1,925	1,491	1,339
0,70	3,289	2,659	2,358	1,938	1,497	1,343
0,71	3,331	2,687	2,379	1,951	1,502	1,346
0,72	3,374	2,714	2,400	1,963	1,506	1,348
0,73	3,416	2,742	2,421	1,976	1,511	1,350
0,74	3,458	2,770	2,442	1,988	1,516	1,353
0,75	3,500	2,798	2,463	2,001	1,520	1,356
0,76	3,543	2,825	2,484	2,014	1,525	1,358
0,77	3,585	2,853	2,505	2,026	1,530	1,360
0,78	3,627	2,881	2,526	2,039	1,535	1,363

продолжение табл. I-9

	I	3	5	10	20	25
0,79	3,670	2,908	2,547	2,051	1,539	1,366
0,80	3,712	2,936	2,568	2,064	1,544	1,368

Процент обеспеченности следует принимать в зависимости от категории дороги. Для автомобильных лесовозных дорог он может быть следующим.

Категория дороги	Обеспеченность, %
I	5
II	10
III	20

По второму способу определение глубины промерзания производится в следующем порядке.

1. По карте изолиний (рис. I-3) находим среднюю глубину промерзания грунта Z_{cp} .

2. Определяем коэффициент вариации C_v по карте изолиний (рис. I-4).

3. По найденному значению коэффициента вариации C_v и заданному проценту обеспеченности по табл. I-9 находим модульный коэффициент K_g .

4. Зная модульный коэффициент K_g и среднюю глубину промерзания по формуле I-17 определяем глубину промерзания грунтов земляного полотна.

4. Расчет высоты насыпи

Для расчета высоты насыпи или возвышения бровки земляного полотна над уровнем грунтовых вод можно выделить ряд характерных случаев, которые на рис. I-5 представлены в виде расчетных схем:

а) уровень грунтовых вод расположен на большой глубине, т.е. когда приток влаги не влияет на глубину промерзания земляного

полотна;

б) уровень грунтовых вод расположен на такой глубине, что приток влаги существенно влияет на глубину промерзания;

в) глубина промерзания грунта больше глубины залегания грунтовых вод;

г) промерзание грунта отсутствует;

д) земляное полотно расположено на болоте, а уровень грунтовых вод совпадает с поверхностью земли.

Так как в первом случае (расчетная схема рис. I-5а) на решение вопроса о высоте насыпи земляного полотна уровень грунтовых вод и глубина промерзания грунта влияния не оказывают, то ее необходимо назначать исходя из других условий, а именно минимального объема земляных работ, обеспечения поверхностного стока воды, предотвращения снегозаносимости и т.д.

Минимальное возвышение бровки полотна для второго случая (рис. I-5б) можно определить как сумму глубины промерзания грунта земляного полотна (λ) и минимального расстояния между границей промерзания и уровнем грунтовых вод (ℓ)

$$H_n = \lambda + \ell, \quad (I-18)$$

где λ - глубина промерзания грунта, см;

ℓ - минимальный запас возвышения бровки полотна над уровнем грунтовых вод, см.

В основу расчета (ℓ) положено регулирование притока влаги в процессе промерзания грунта земляного полотна. Минимальное значение его можно определить по формуле

$$\ell = \frac{k \delta \lambda}{\Omega_{\text{вод}} \alpha}, \quad (I-19)$$

где K - коэффициент фильтрации грунта, см/сутки;
 S - всасывающая сила грунта, см;
 α - климатический коэффициент;
 $\Omega_{\text{зад}}$ - удельный допустимый приток влаги.

Значения всасывающей силы S и коэффициента фильтрации K для разных грунтов приведены в табл. I-10.

Таблица I-10
 Значения расчетных величин K и S .

Наименование грунта	Коэффициент фильтрации K , см/сутки	Всасывающая сила S , см
Пески мелкие	от 80 до 8	от 4 до 6
Супеси	8 - 0,1	6-70
Пылеватые грунты	1 - 0,08	15-90
Суглинки пылеватые	0,1 - 0,001	70-3400
Глинистые грунты	0,001 и менее	3400 и более

Значение климатического коэффициента α определяется по известной формуле Н.А. Пузакова или по рис. I-2.

$$\alpha = \frac{\alpha^2}{2T} \quad (I-20)$$

где T - продолжительность зимы для данного района, сутки.

Для основных типов грунтов удельный приток влаги приведен в табл. I-II, а также в табл. I-6 и I-7.

Значение допускаемого удельного притока
влаги

Наименование грунта	Допустимый удельный приток влаги
Пески мелкие	0,22 - 0,26
С у п е с и	0,12 - 0,20
Щебчатые грунты	0,14 - 0,20
Суглинки тяжелые	0,09 - 0,13
Глинистые грунты	0,07 - 0,11

Подставив в формулу I-18 значения ϵ и произведя преобразования получим выражение для определения высоты насыпи

$$H_H = \mathcal{L} + \frac{2kST}{\lambda \Omega_{зад}}; \quad (I-21)$$

Минимальное возвышение бровки земляного полотна для третьего случая (рис. I-5) можно определить из выражения

$$H_H = 2\mathcal{L} - H + \frac{2kST}{\lambda \Omega_{зад}}, \quad (I-22)$$

где H - глубина залегания грунтовых вод, см.

По четвертой расчетной схеме (рис. I-5г) минимальная высота насыпи земляного полотна над уровнем грунтовых вод определяется исходя из следующих предпосылок. При возведении земляного полотна на местности с высоким уровнем грунтовых вод возникает градиент влажности, который изменяется с изменением уровня грунтовых вод. Наличие градиента влажности обуславливает приток снизу вверх жидко - и парообразной влаги, т.е. миграция влаги происходит в результате влагопроводности. Принимая эти предпосылки и ~~преобразования~~ *произведе* преобразования ~~по формуле~~ ~~и формуле~~ для определения возвышения бровки полотна над уровнем грунтовых вод предлагаемой В.М. Сиденко и С.А. Гридневым получим

$$H_n = \frac{3\alpha'_{жк}}{k} \left\{ \sqrt{(W_p - 0,5W_T)^2 + \frac{0,67k}{\alpha'_{жк}} \left[0,4W_T + kT_p + \frac{k}{6\alpha'_{жк}} \right]} - (W_p - 0,5W_T) \right\} \quad (I-23)$$

- где W_p - расчетная влажность земляного полотна (0,55-0,70);
 W_T - предел текучести;
 T_p - длительность периода влагонакопления, принимаемая равной 4-5 месяцам (в формулу I-23 подставляется в часах);
 $\alpha'_{жк}$ - коэффициент миграции двухфазной влаги, изменяющийся в пределах от $2,9 \cdot 10^{-5}$ до $8 \cdot 10^{-5}$ м/ч;
 k - коэффициент фильтрации, м/ч.

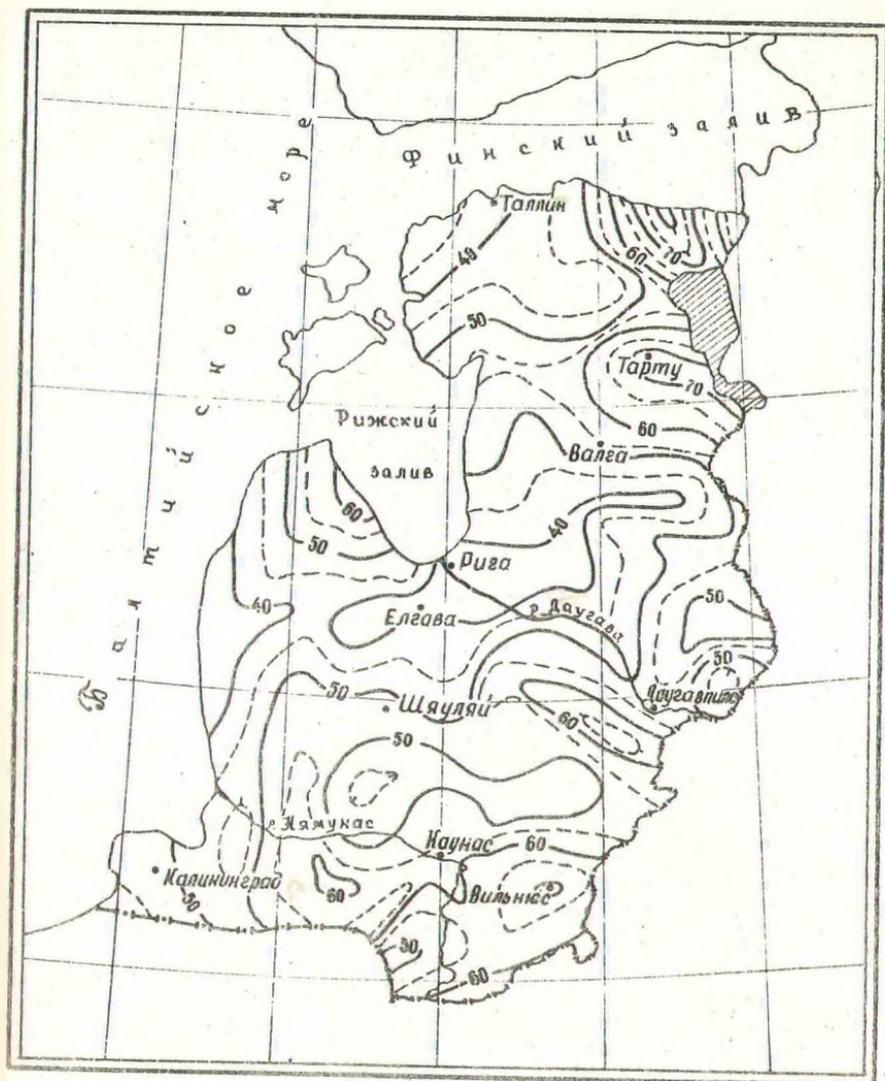
Высота насыпи на болотах (рис. I-5д) должна решаться на основе данных геологических обследований, с учетом типа болота, его глубины, водного режима торфяной залежи, типа дороги и наличия местных грунтов.

П.А. Дрозд для определения высоты насыпи на болотах рекомендует производить по формуле

$$H_n = \frac{PT}{E} \quad , \quad (I-24)$$

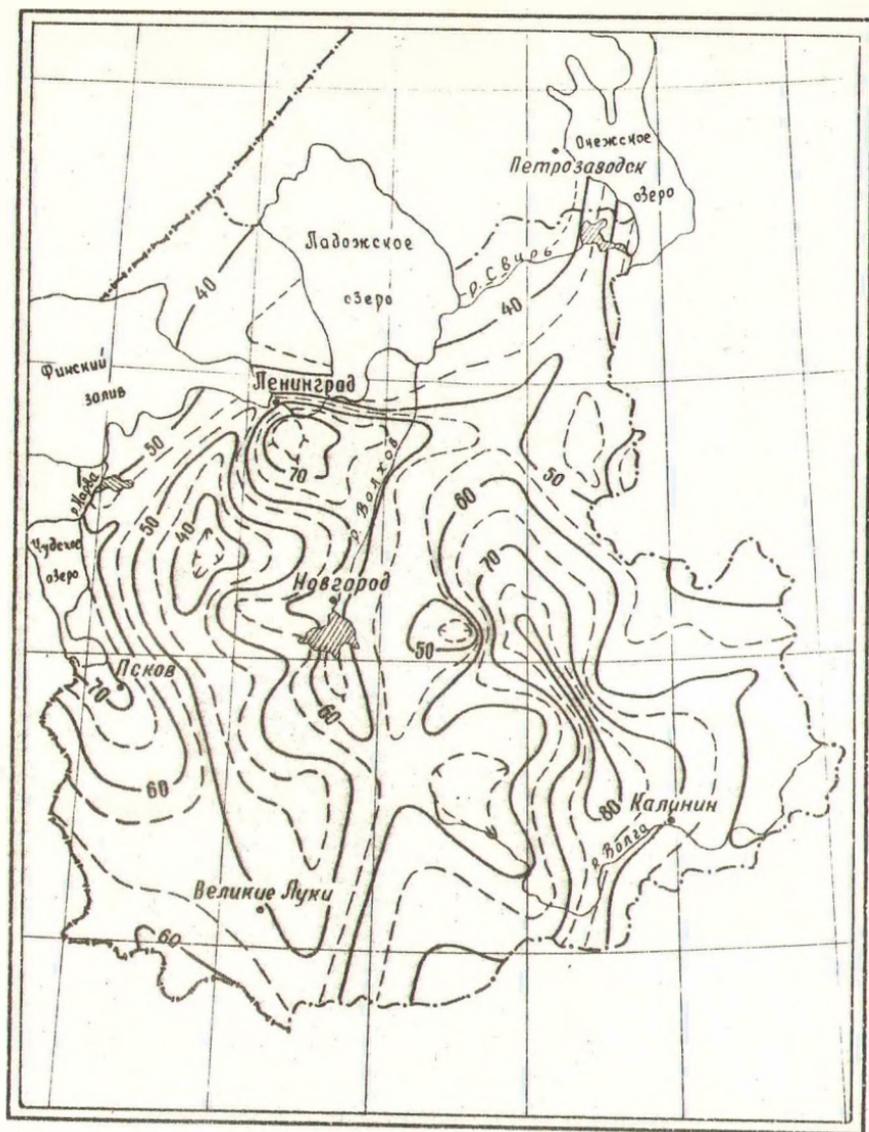
- где P - удельное давление, кг/см²;
 T - осадка насыпи, см;
 E - модуль упругости, кг/см².

Таким образом высота насыпи должна назначаться дифференцированно. При решении задачи о выборе минимальной высоты земляного полотна необходимо правильно выбрать расчетную схему и использовать при этом соответствующие расчетные формулы.



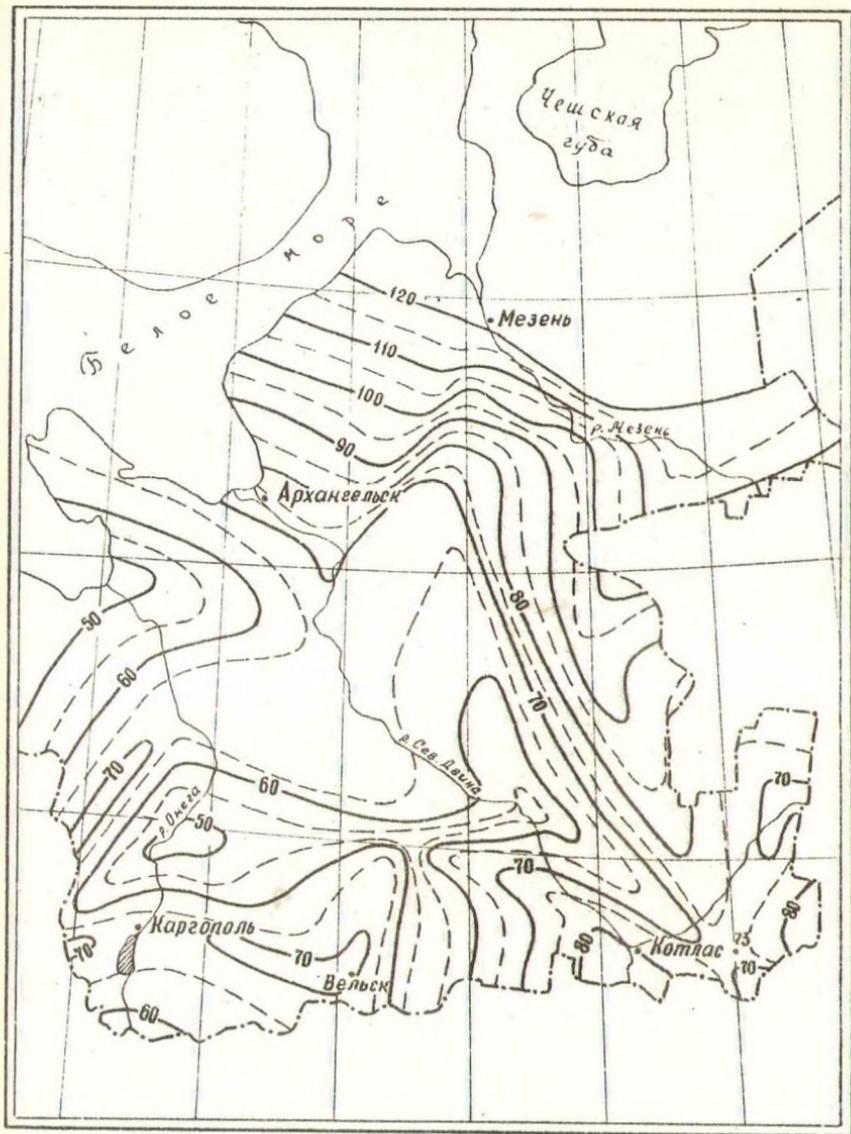
1-3. Карта изолиний средних максимальных глубин промерзания грунта

1. Прибалтийские республики и Калининградская область



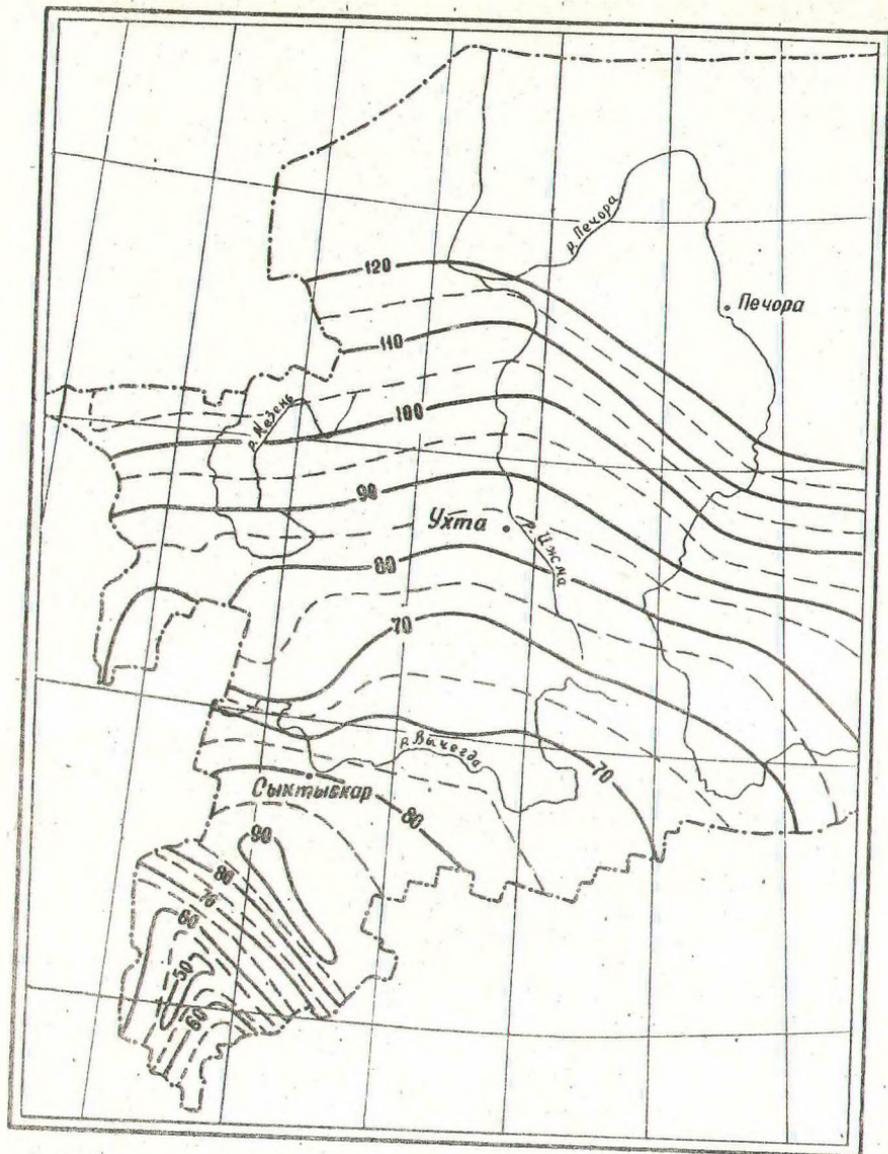
1-3. Карта изолиний средних максимальных глубин промерзания грунта

П. Ленинградская, Псковская, Новгородская и Калининская области.



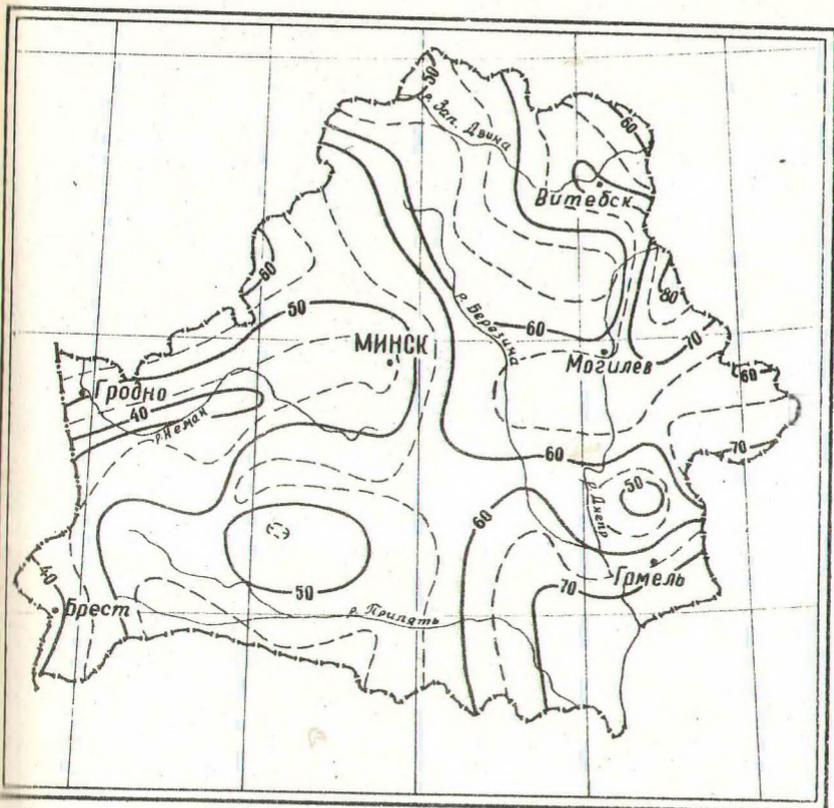
Г-3. Карта изолиний средних максимальных глубин промерзания
грунта

III. Архангельская область



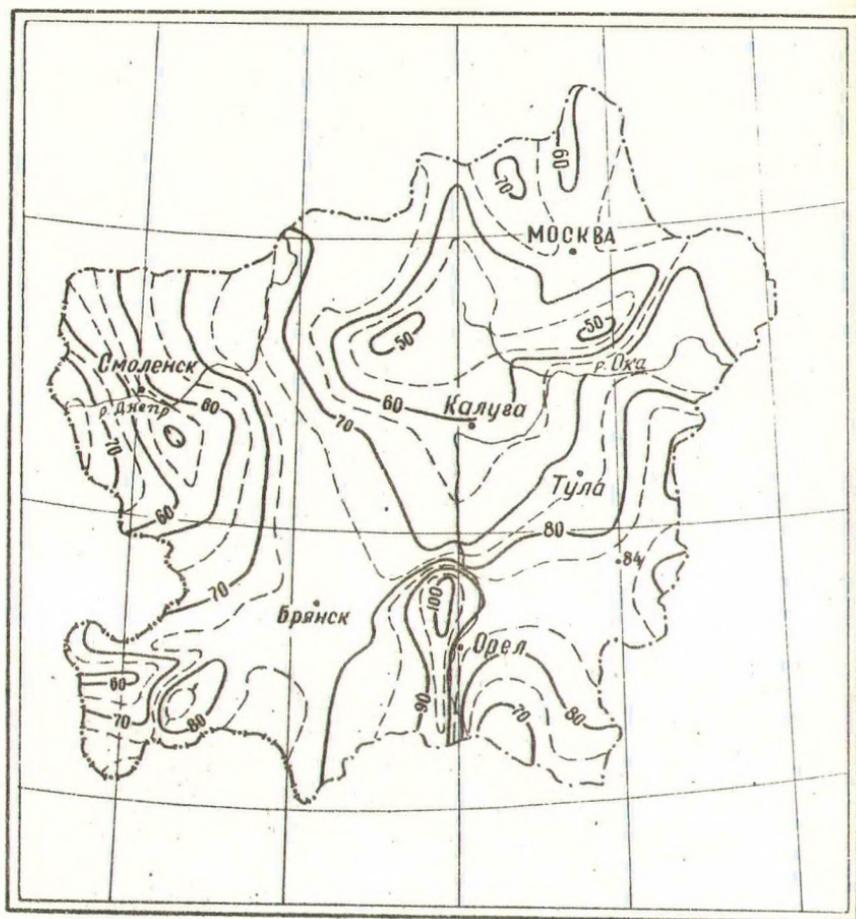
1-3. Карта изолиний средних максимальных глубин промерзания
грунта

IV. Коми АССР



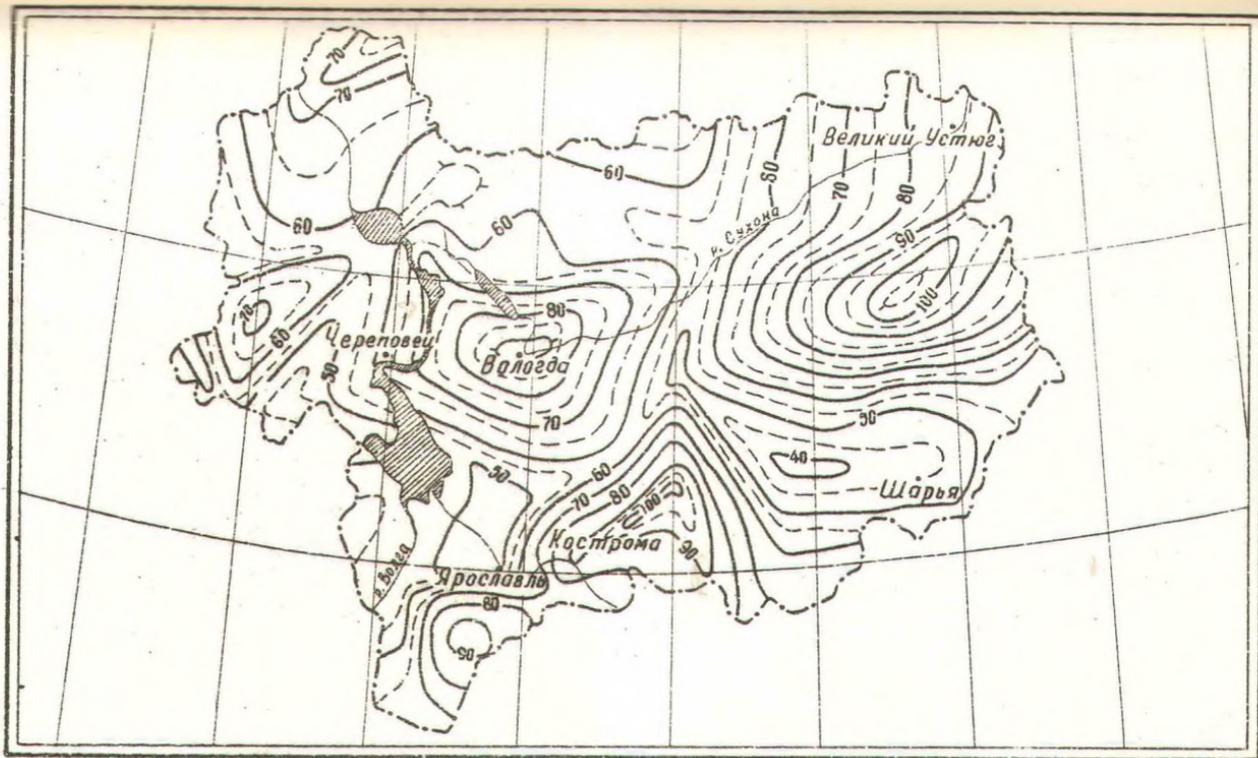
1-3. Карта изолиний средних максимальных глубин промерзания грунта.

У. Белорусская ССР

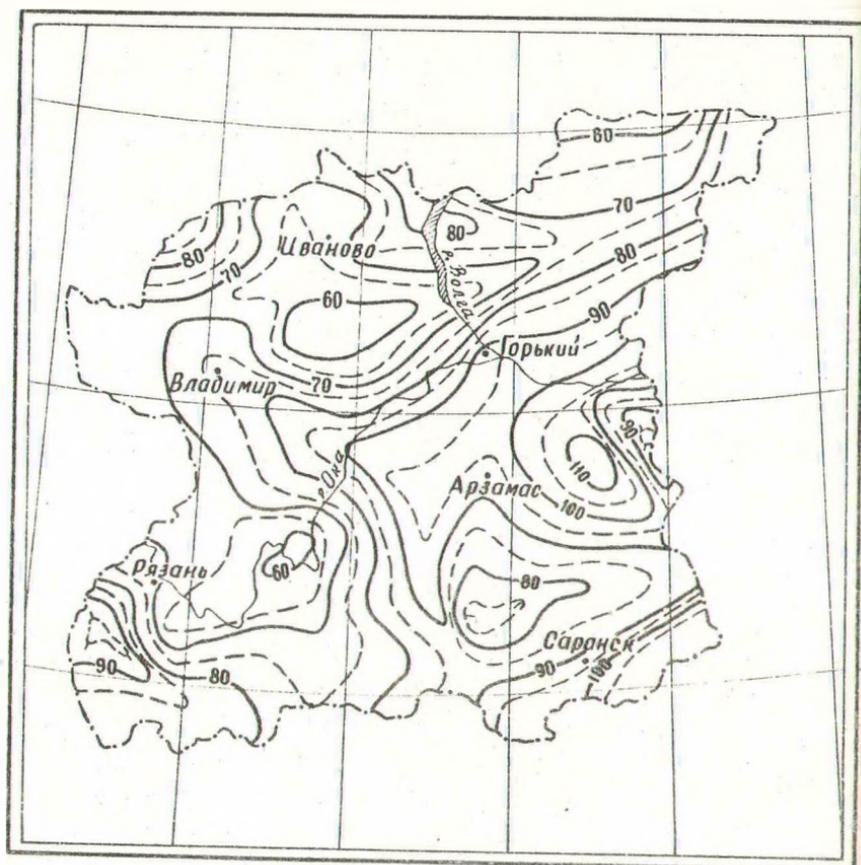


1-3. Карта изолиний средних максимальных глубин промерзания
грунта.

У1. Смоленская, Московская, Брянская, Калужская,
Тульская и Орловская области.

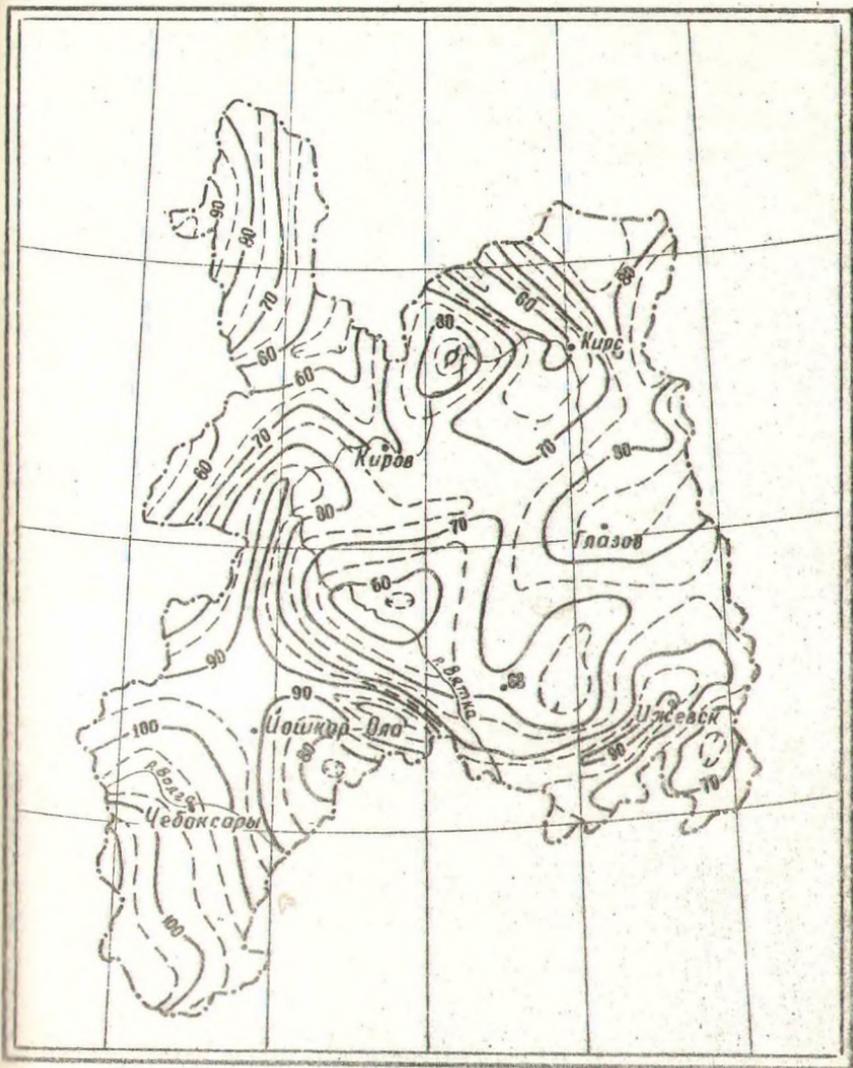


I-3. Карта изолиний средних максимальных глубин промерзания грунта
Ул. Вологодская, Костромская и Ярославская области.



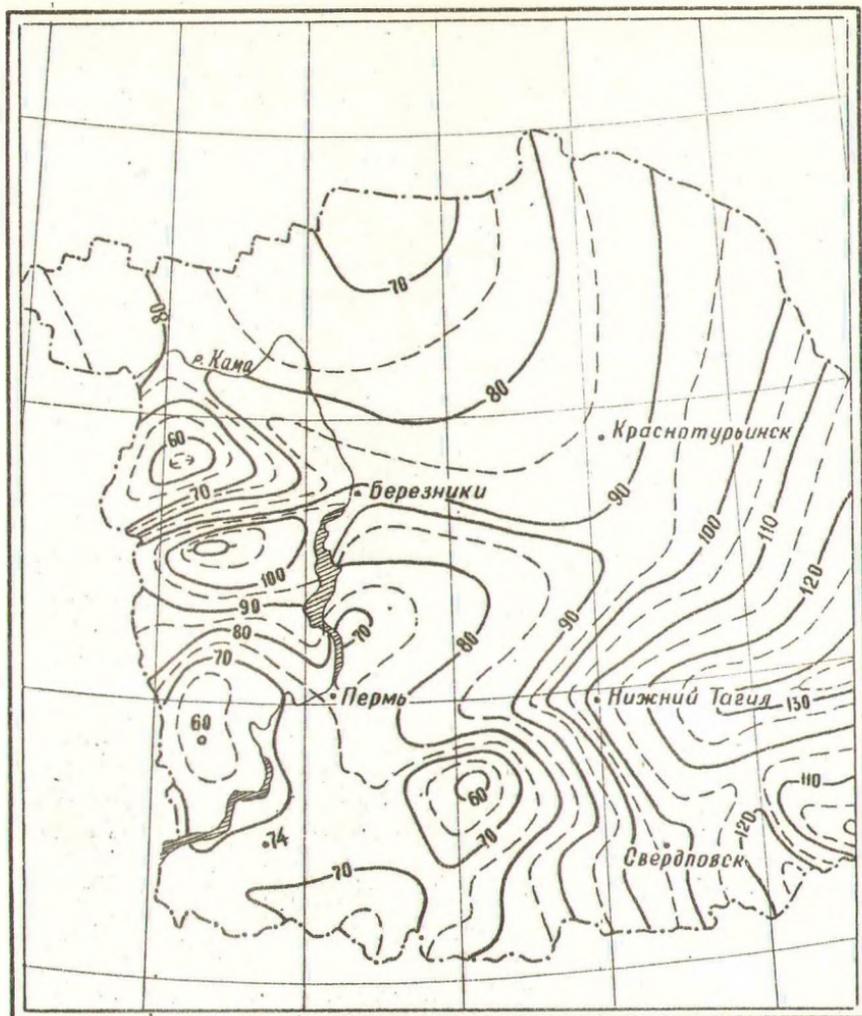
1-3. Карта изолиний средних ~~средних~~ максимальных глубин промерзания грунта.

УШ. Ивановская, Владимирская, Горьковская, Рязанская области и Мордовская АССР.



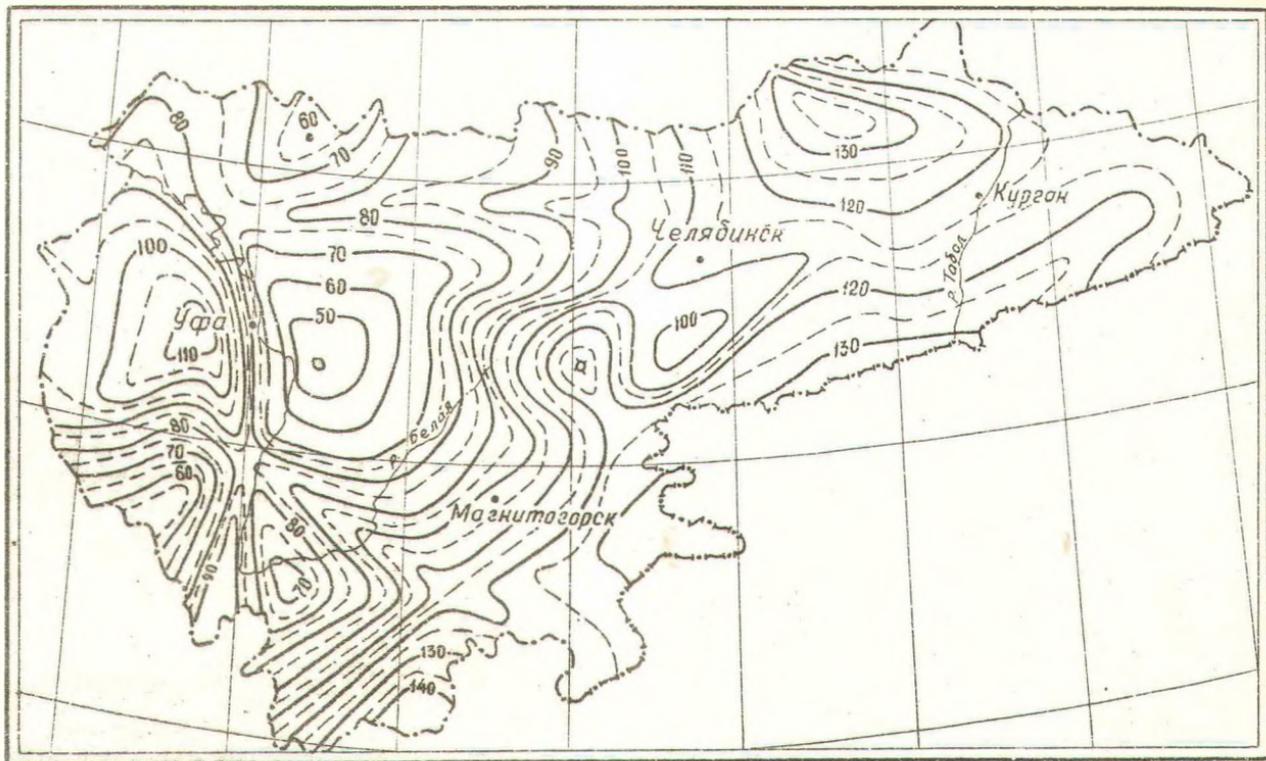
1-3. Карта из оливок средних максимальных глубин промерзания
грунта.

IX. Кировская область, Марийская, Чувашская и
Удмурдская АССР.

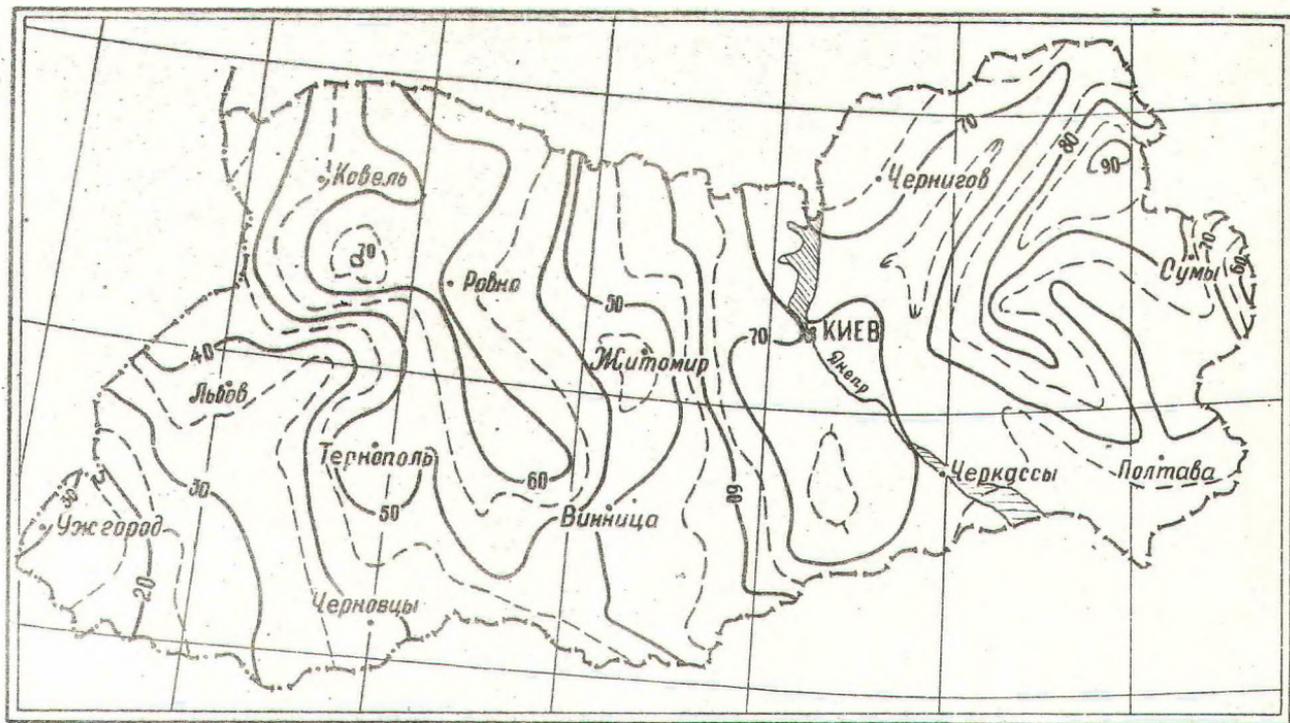


1-3. Карта изолиний средних максимальных глубин промерзания
грунта.

Х. Пермская и Свердловская области.

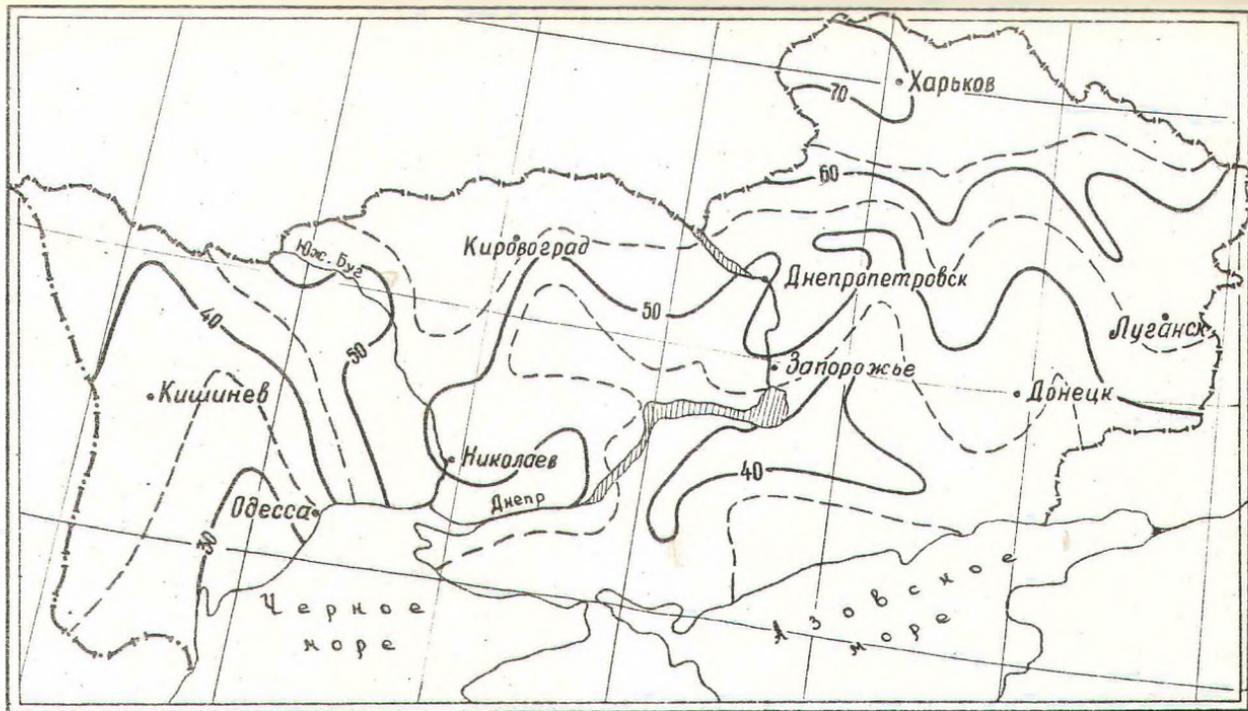


1-3. Карта изолиний средних максимальных глубин промерзания грунта
XI. Башкирская АССР, Челябинская и Курганская области



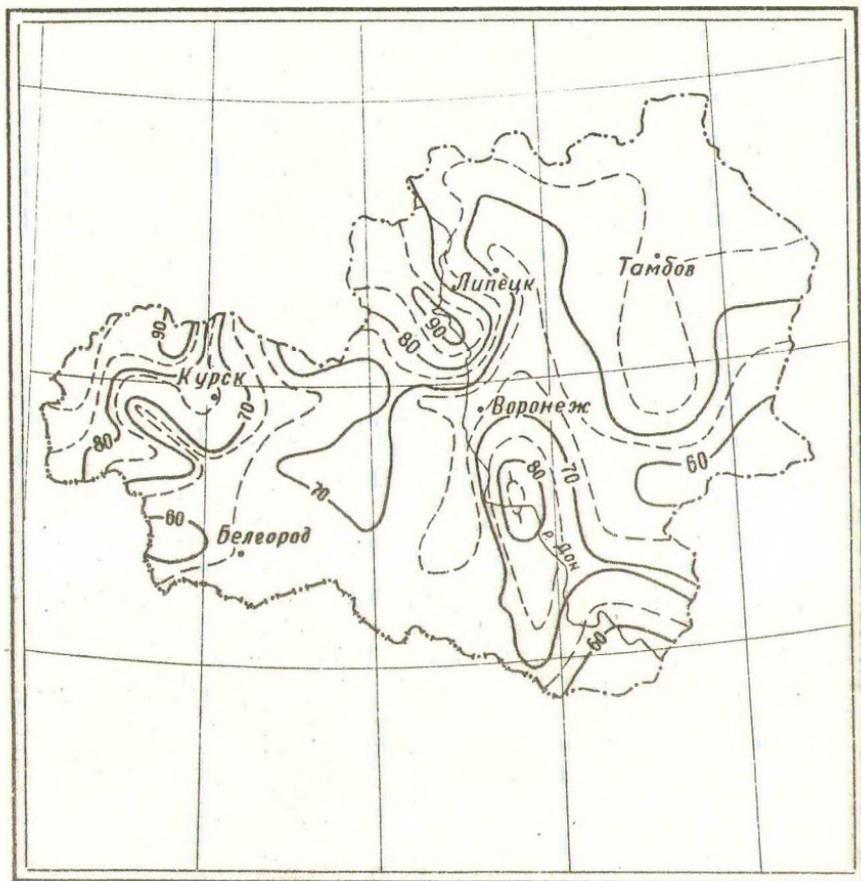
1-3. Карта изолиний средних максимальных глубин промерзания грунта

ХП. Северная часть СССР и Закарпатье.



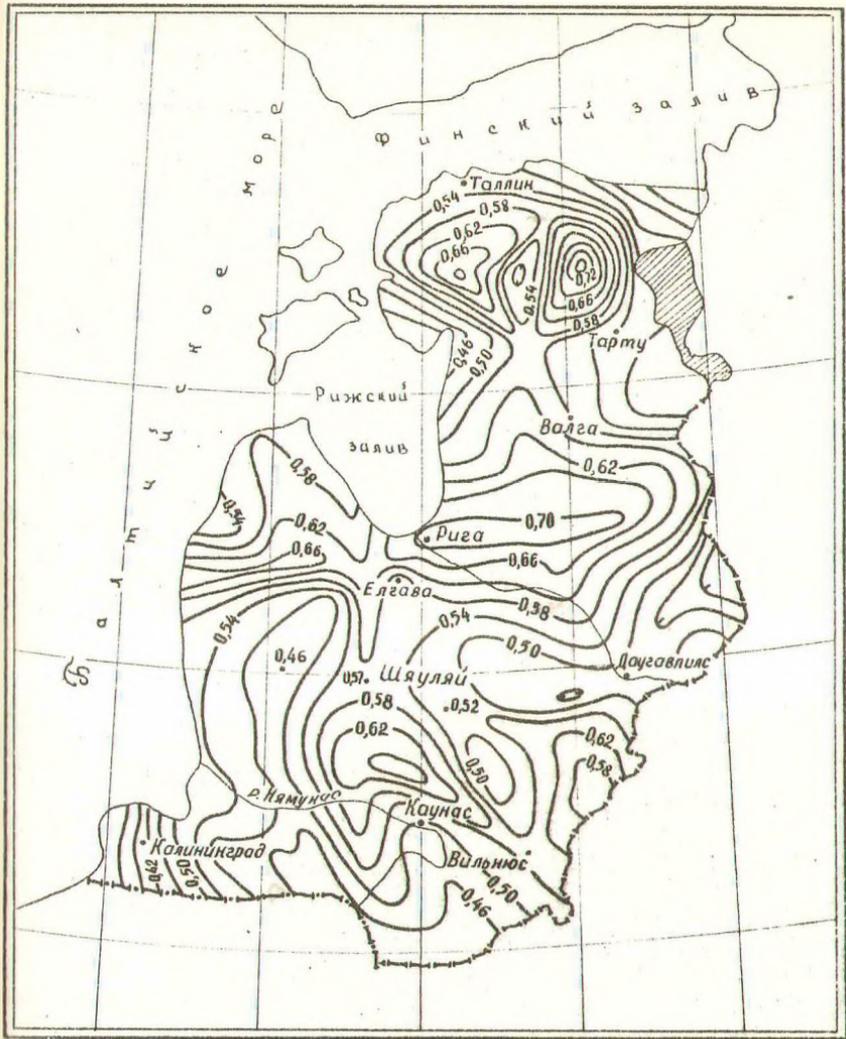
1-3. Карта изолиний средних максимальных глубин промерзания грунта

III. Южная часть УССР и Молдавская ССР.



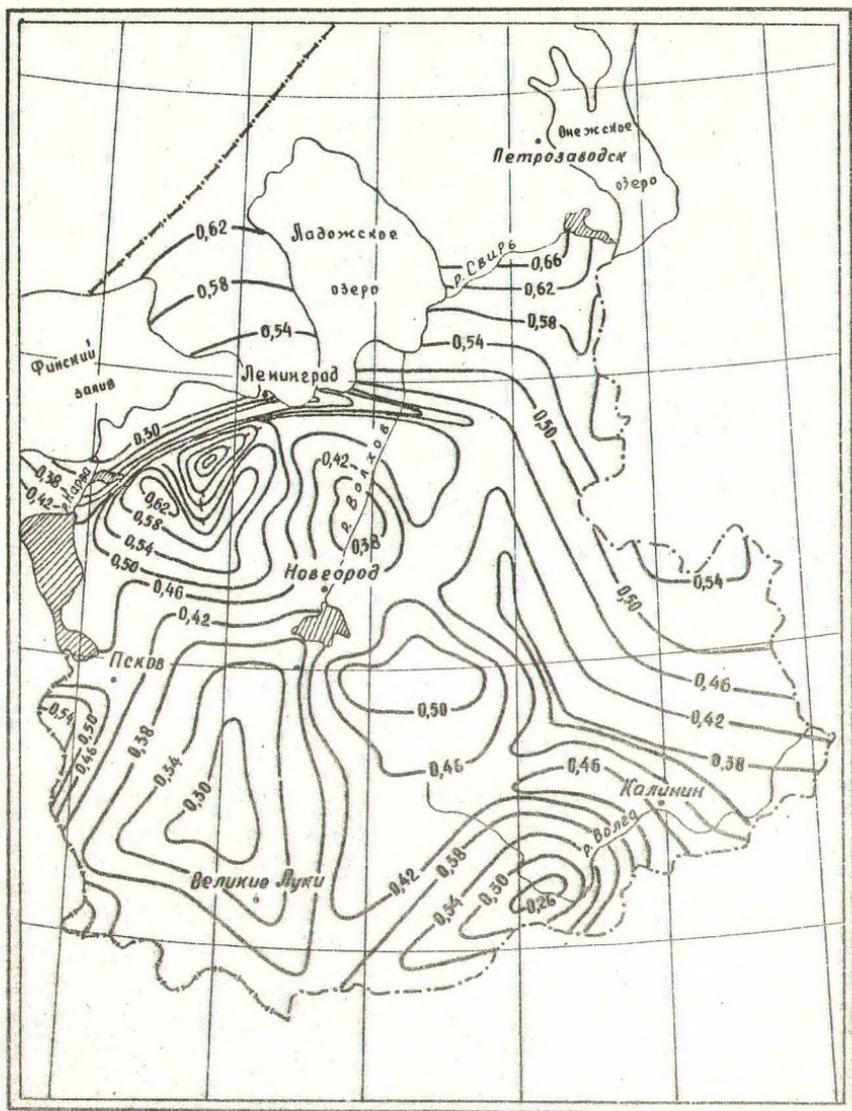
1-3. Карта изолиний средних максимальных глубин промерзания грунта.

XIV. Курская, Белгородская, Липецкая, Воронежская и Тамбовская области.



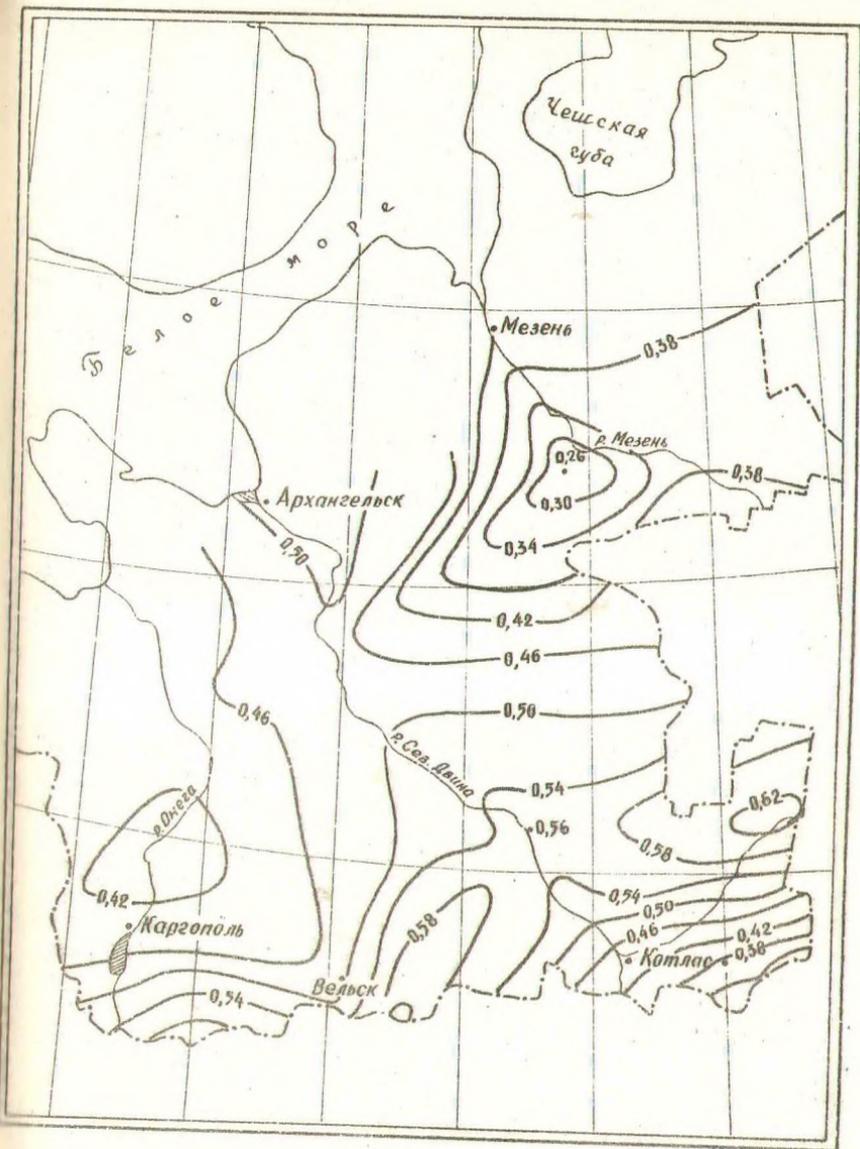
I-4. Карта изолиний коэффициента вариации C_v .

I. Прибалтийские республики и Калининградская область.



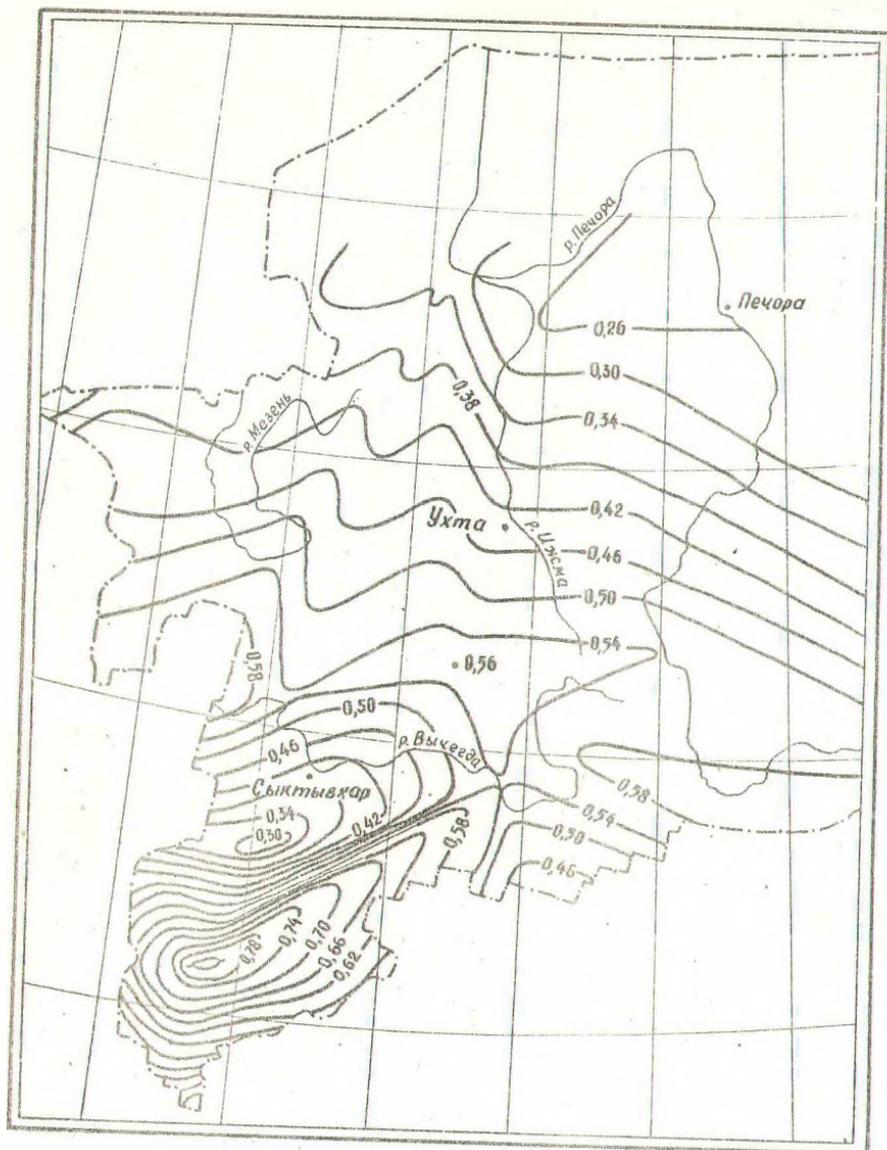
I-4. Карта изолиний коэффициента вариации C_v .

П. Ленинградская, Псковская, Новгородская
и Калининская области.



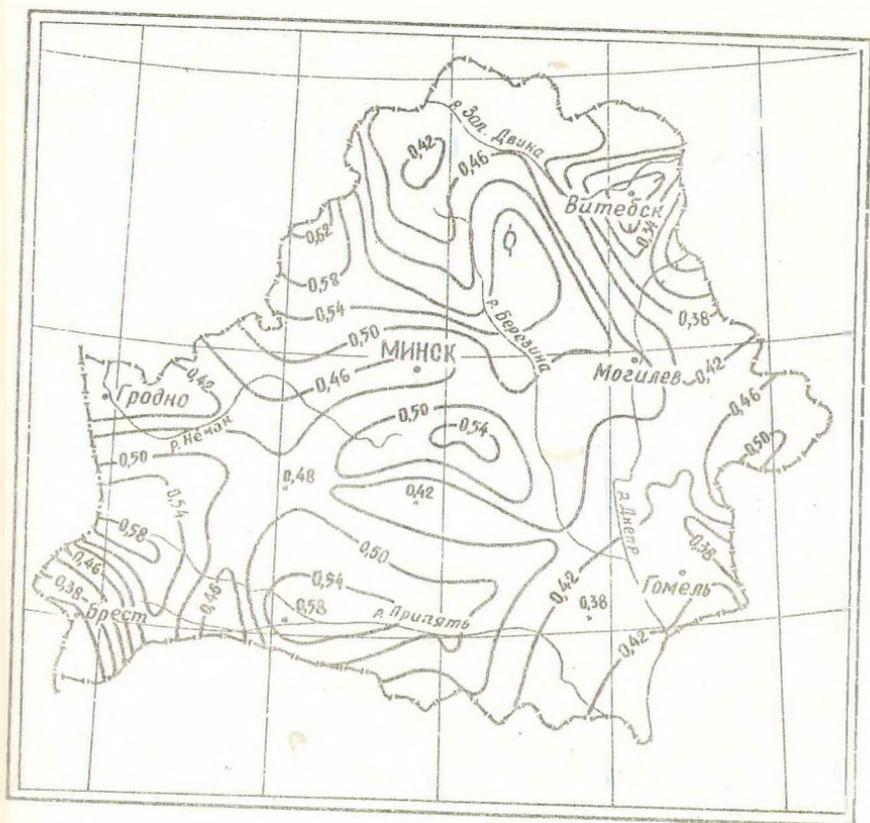
I-4. Карта изолиний коэффициента вариации S_v

III. Архангельская область.



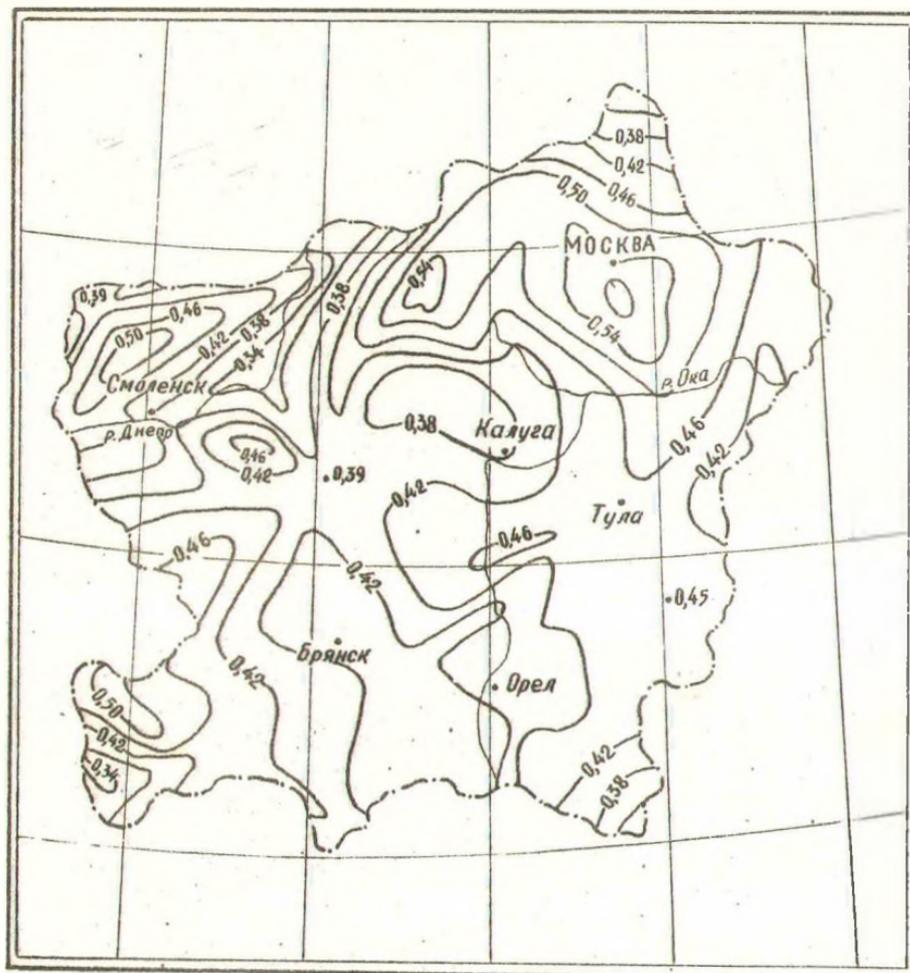
1-4. Карта изолиний коэффициента вариации C_v .

IV. Коми АССР



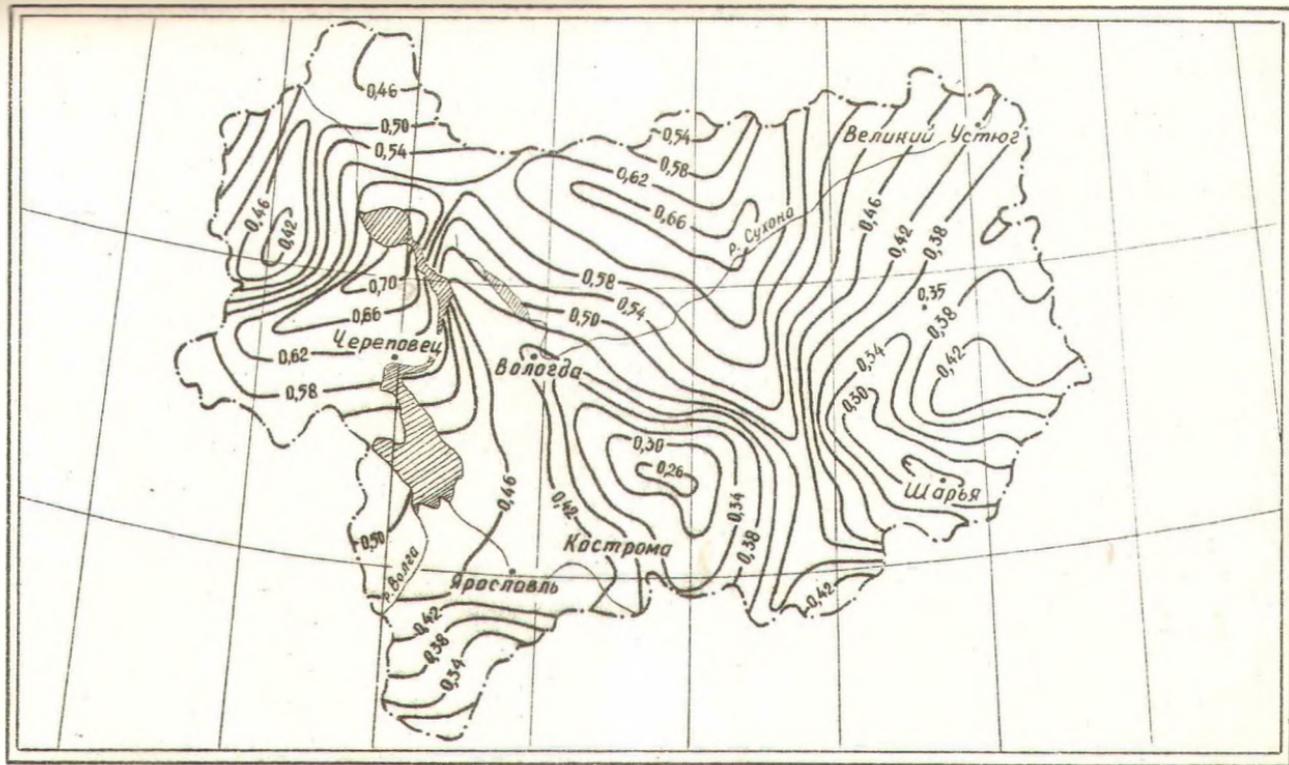
1-4. Карта изолиний коэффициента вариации C_v .

У. Белорусская ССР

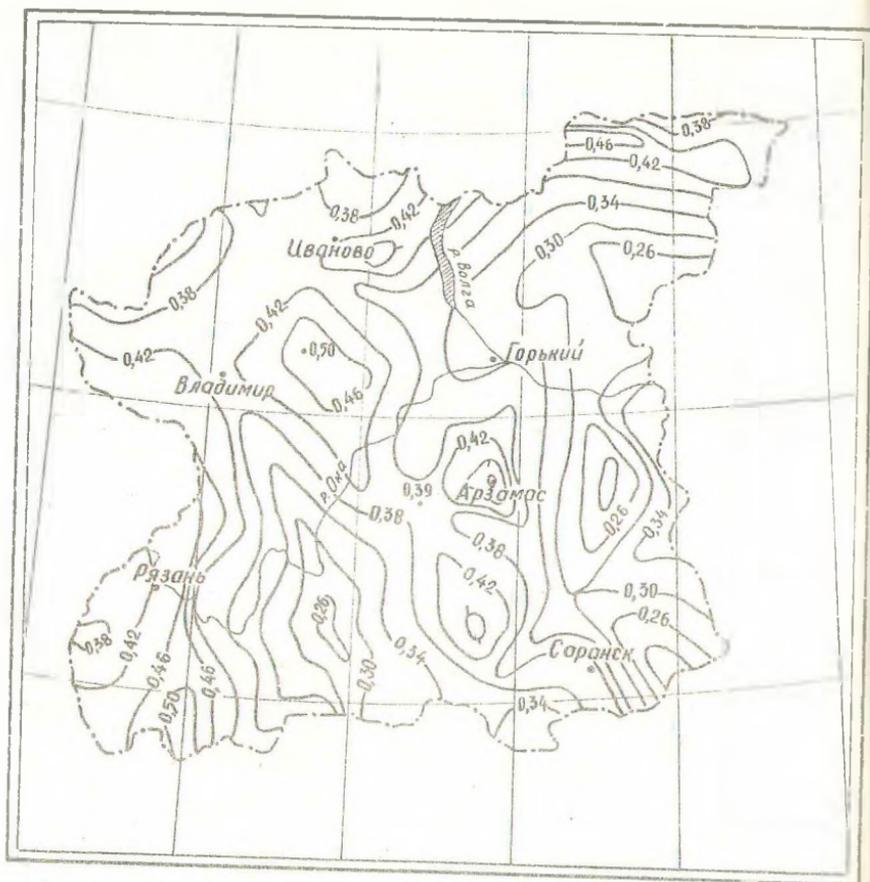


1-4. Карта изолиний коэффициента вариации C_v .

У1. Смоленская, Московская, Брянская, Калужская, Тульская и Орловская области.



1-4. Карта изолиний коэффициента вариации C_v .
Ул. Вологодская, Костромская и Ярославская области.



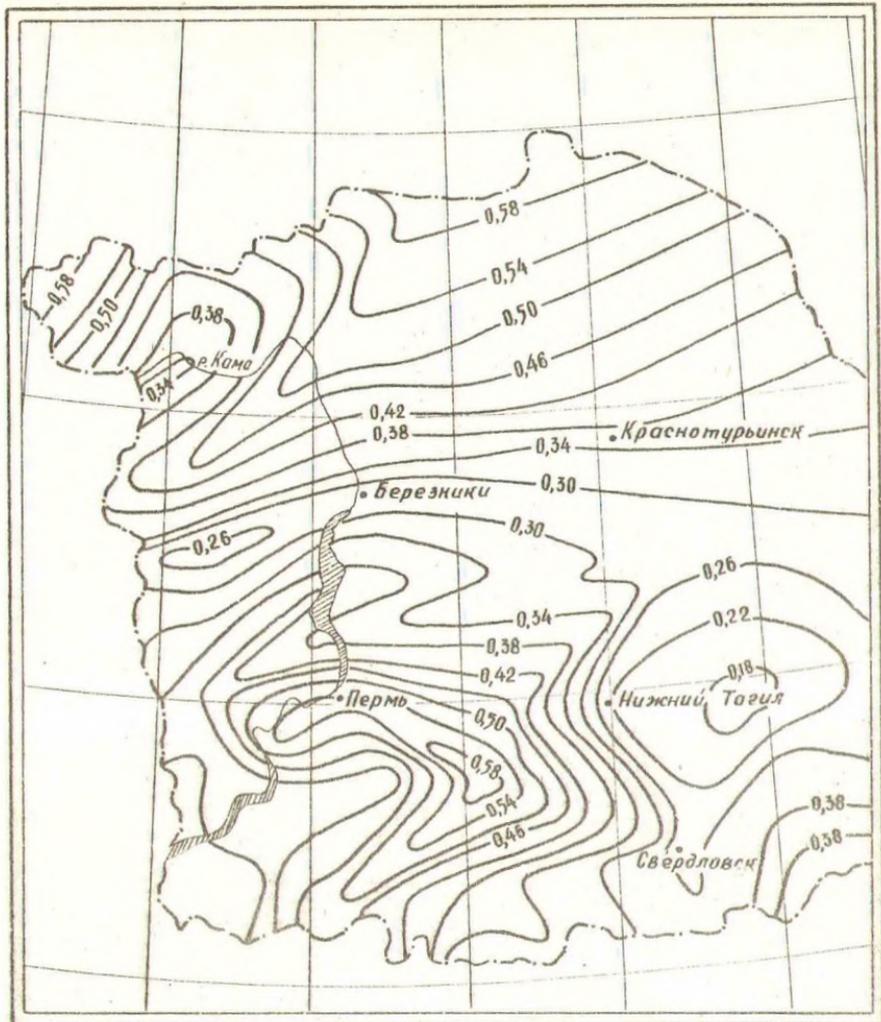
Г-4. Карта изолиний коэффициента вариации C_v .

УШ. Ивановская, Владимирская, Горьковская, Рязанская области и Мордовская АССР.



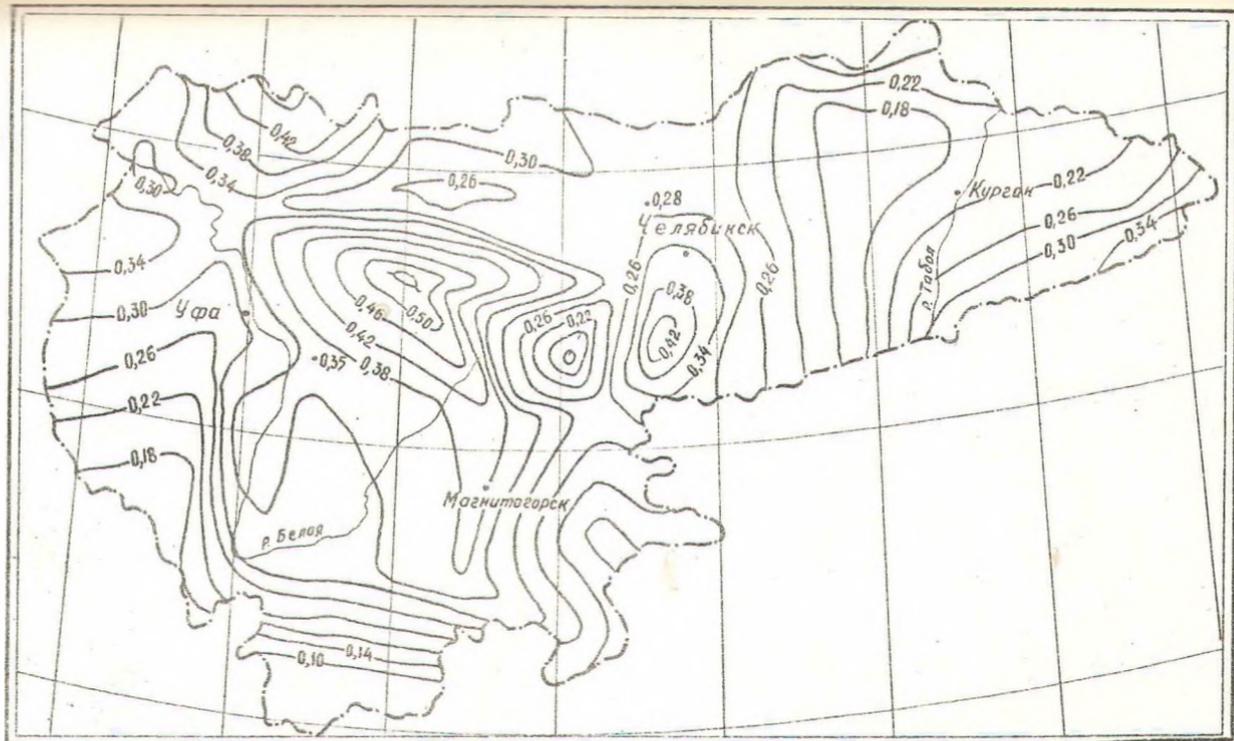
I-4. Карта изолиний коэффициента вариации C_v .

IX. Кировская область. Марийская, Чувашская и Удмурдская АССР.



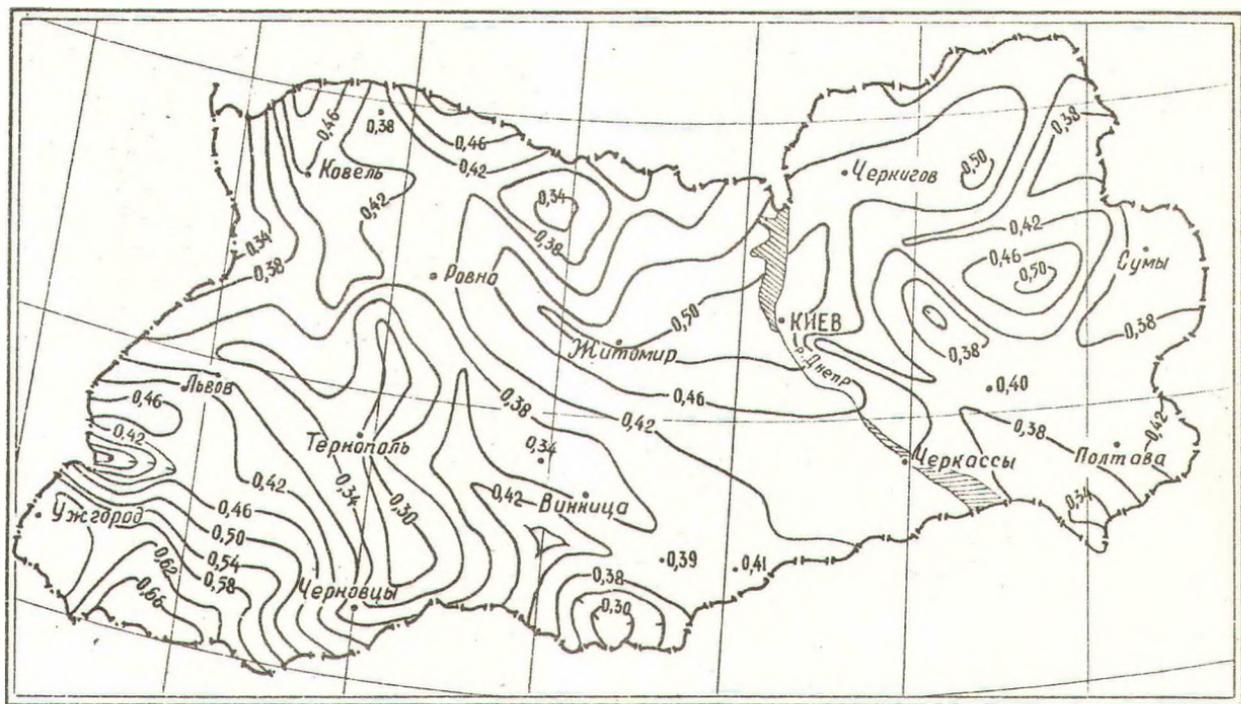
I-4. Карта изолиний коэффициента вариации C_v .

Х. Пермская и Свердловская обл.ласти.



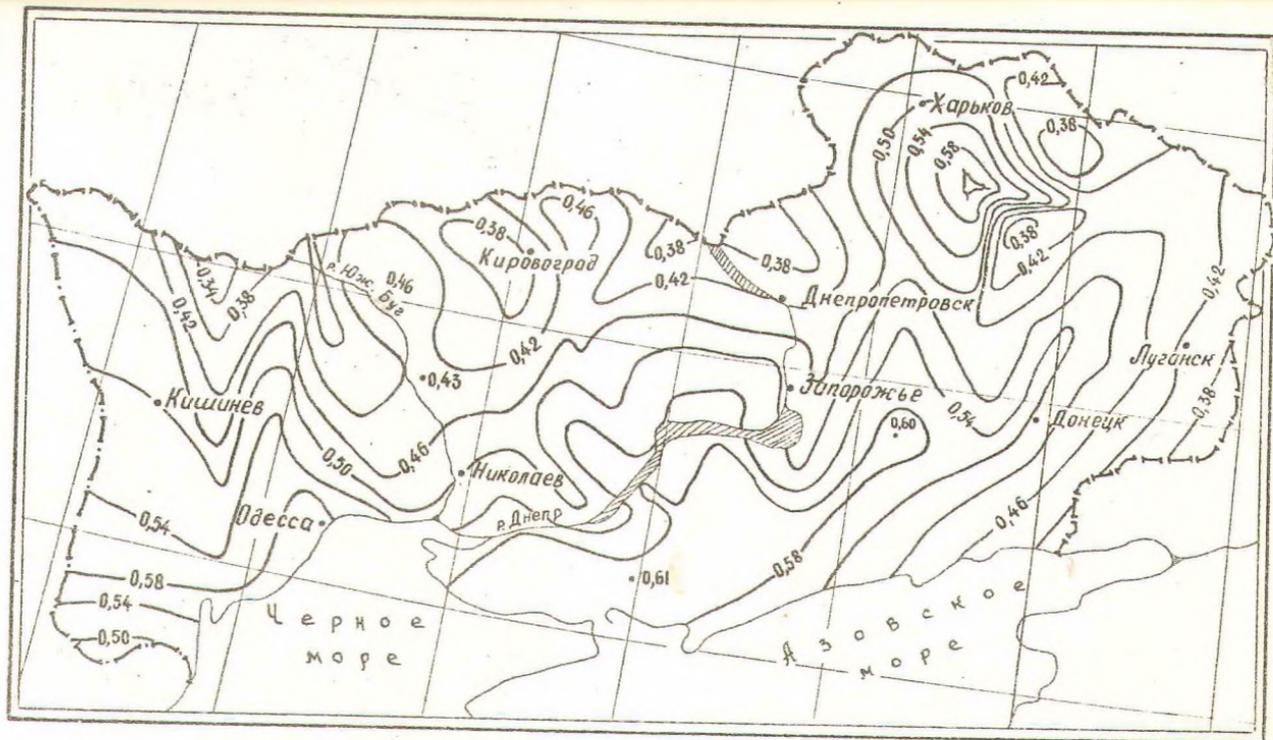
I-4. Карты изолиний коэффициента вариации C_v .

XI. Башкирская АССР, Челябинская и Курганская области.



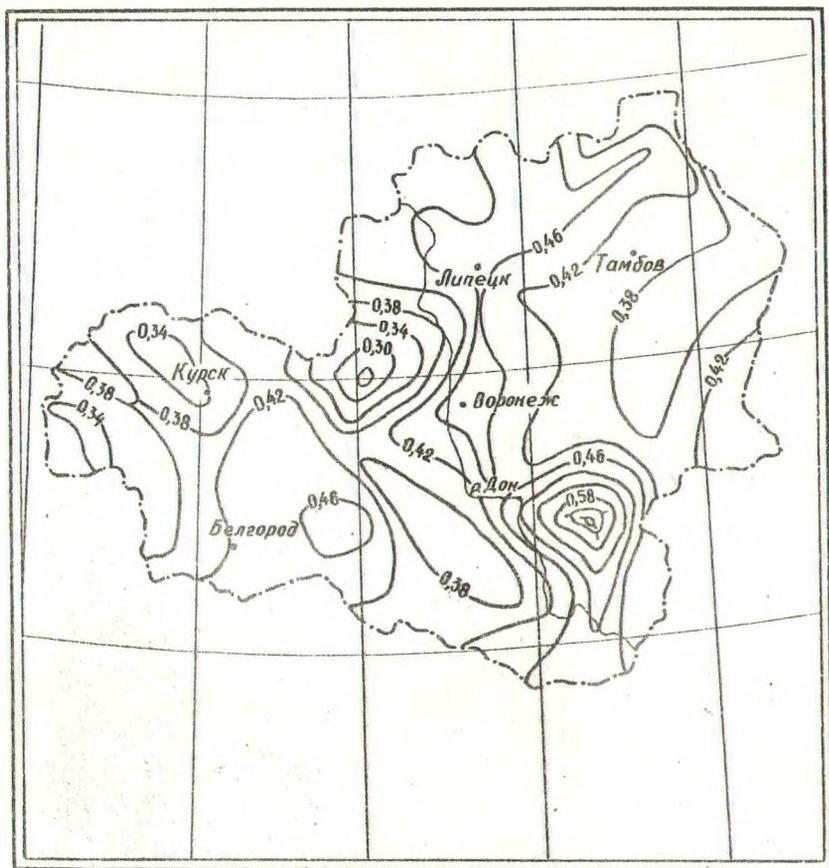
Г-4. Карты изолиний коэффициента вариации C_v .

ХП. Северная часть УССР и Закарпатье.



I-4. Карта изотоний коэффициента вариации S_v .

Юж. часть УССР и Молдавская ССР.



I-4. Карта изолиний коэффициента вариации C_v .

XIV. Курская, Белгородская, Липецкая, Воронежская и Тамбовская области.

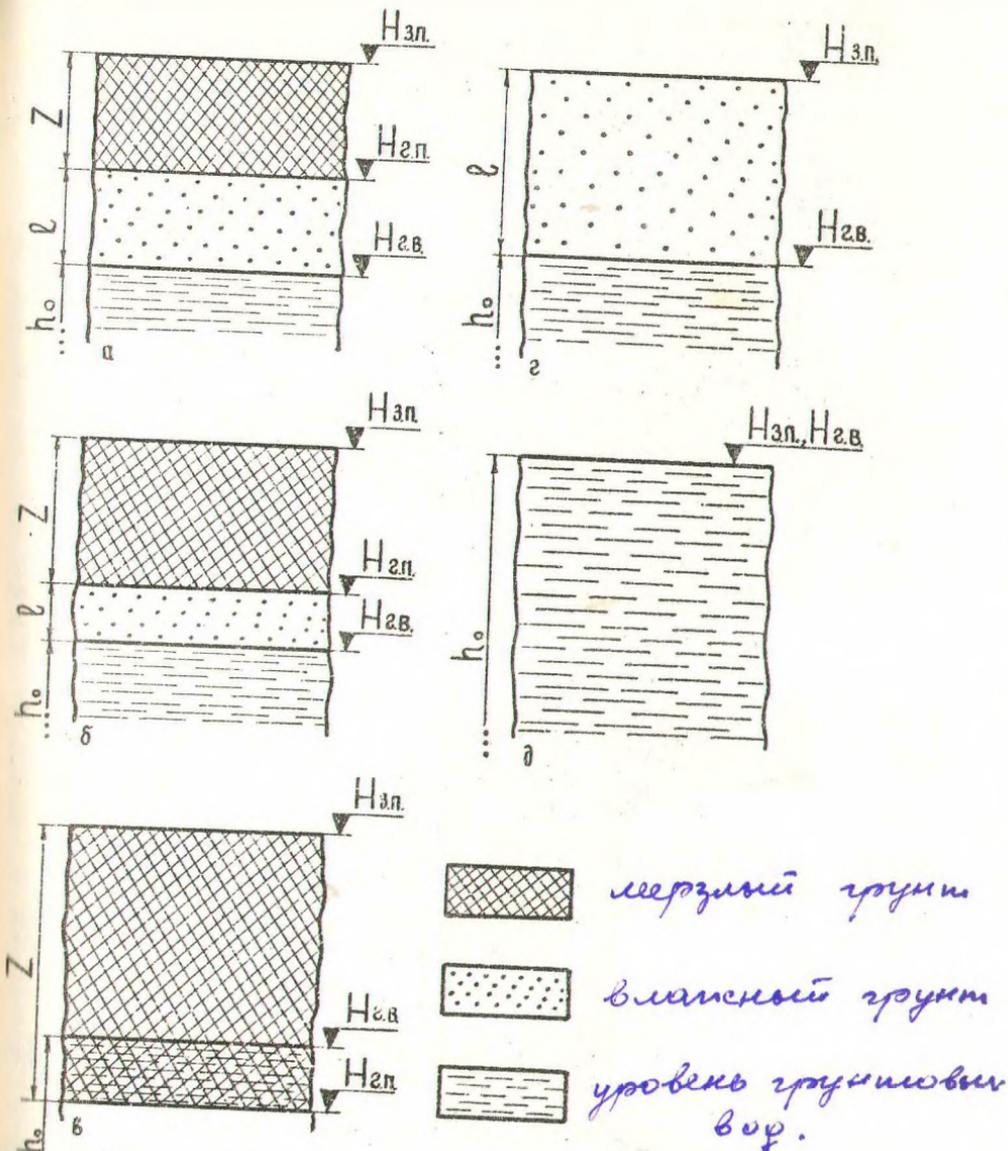


Рис. 1-5. Расчетные схемы для определения минимальной высоты насыпи.

5. Ширина земляного полотна и выбор числа полос движения на автомобильных лесовозных дорогах

Ширина земляного полотна является одним из главных параметров автомобильных лесовозных дорог. При ее расчете возникает необходимость устанавливать число полос движения, ширину проезжей части и величину обочин.

Двухполосную проезжую часть на автомобильных лесовозных дорогах целесообразно применять тогда, когда соблюдается неравенство

$$(C_2 - C_1)(L - L_p) \leq \frac{S_8 D Q_{\text{общ}} K_1 K_2}{T_{\text{см}} Q_{\text{рейс}} V_{\text{ср.тех.}}} \quad (I-25)$$

где

C_1 - стоимость строительства одного километра однополосной автомобильной лесовозной дороги, руб.;

C_2 - стоимость строительства одного километра дороги с двухполосной проезжей частью, руб.;

L - проектируемая длина автомобильной лесовозной дороги, км;

L_p - общая длина развязок на дороге, км;

S_8 - расстояние видимости, км;

K_1 - коэффициент, учитывающий вероятность одновременного поладания двух встречных автомобилей на смежные развязки, равный 0,7-0,8;

K_2 - коэффициент, учитывающий потери времени при замедлении движения и разгоне, равный 1,05-1,15;

$V_{\text{ср.тех.}}$ - среднетехническая скорость движения на дороге, км/ч;

$Q_{\text{общ.}}$ - общий грузооборот дороги за весь период ее эксплуатации, м³;

D - стоимость одной машино-смены;

$Q_{\text{рейс}}$ - рейсовая нагрузка на автопоезд, м³;

$T_{\text{см}}$ - продолжительность смены, ч.

В противном случае необходимо устраивать дорогу с одной полосой движения. Число полос движения определяется по номограмме, которая приведена на рис. 4 (см. пример 4).

Зная число полос движения, можно определить ширину проезжей части, которая зависит от типа дорожного покрытия, числа полос движения и габаритов подвижного состава. Ширина проезжей части (рис. I-6а) для однополосного сплошного покрытия будет равна

$$b = c + n + 2m ; \quad (I-26)$$

Для двухполосного сплошного покрытия (рис. I-6б)

$$b = c + n + k + z + 2m , \quad (I-27)$$

где

c - ширина колеи автомобиля;

n - ширина спаренных колес;

m - расстояние от спаренных задних колес до кромки проезжей части;

k - габарит подвижного состава по ширине (ширина кузова);

z - расстояние между двумя встречными автомобилями.

Значение z в зависимости от скоростей движения автомобилей определяется по формуле

$$z = 0,7 + 0,018(V_1 + V_2) , \quad (I-28)$$

где V_1, V_2 - скорости движения автомобилей, м/сек.

Ширина колесопроводов колеяного покрытия (рис. I-6в) определяется по формуле

$$b_k = n + 2x , \quad (I-29)$$

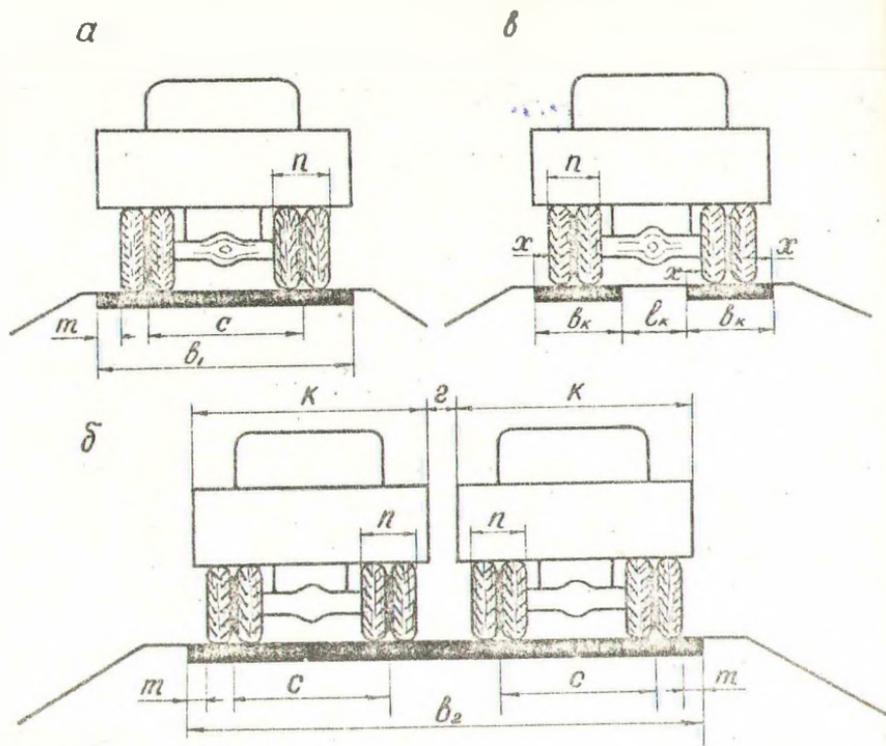


Рис. I-6. Расчетные схемы для определения ширины проезжей части.

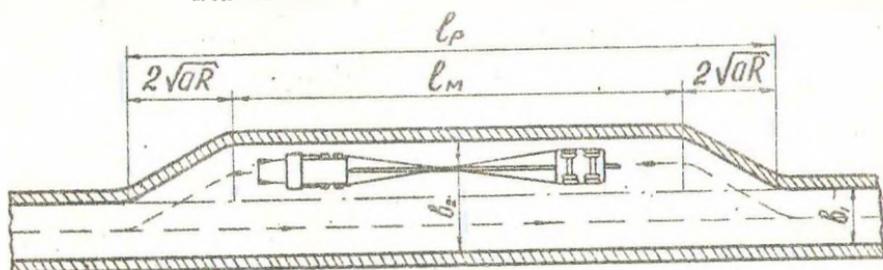


Рис. I-7. Схема разреза однопутной лесовозной дороги.

где Π - ширина спаренных колес;

X - расстояние от колеса до кромки колесопровода.

Величина X по данным М.С. Замахаева зависит от скорости движения автомобиля и определяется по следующей формуле

$$X = 0,08 + 0,005V, \quad (I-30)$$

где V - скорость движения автомобиля, км/ч.

Расстояние между колесопроводами определяется по формуле

$$l_k = \frac{C_1 + C_2}{2} - b_k, \quad (I-31)$$

где C_1 - ширина колеи передних колес;

C_2 - ширина колеи задних колес.

Зная ширину проезжей части можно определить ширину земляного полотна.

Для сплошного покрытия она равна

$$B = b + 2a; \quad (I-32)$$

Для колеиных с одной полосой движения

$$B = 2(b_k + a) + l_k, \quad (I-33)$$

где a - ширина обочины.

Для пропуска встречных автомобилей на колеиных дорогах и дорогах с одной полосой движения устраиваются разъезды (рис. 7).

Длина разъездов принимается не менее 30 м. Ее также можно определить по формуле

$$(I-34)$$

$$l_p = l_m + 4\sqrt{a \cdot R}$$

где $l_{гр}$ - длина груженого автомобильного поезда, м;
 a - расстояние между осями двух встречных автомобилей, м;
 R - минимальный радиус поворота груженого автомобиля, принимаемый равным 20-30 м.

Разъезды размещаются в пределах видимости, но не далее 500 м друг от друга.

6. Расчет устойчивости земляного полотна

Земляное полотно автомобильных дорог в зависимости от принятых форм и размеров (полученных путем расчета с учетом воднотеплового режима) должно проверяться на устойчивость.

Устойчивость земляного полотна, находящегося под действием собственного веса и подвижного состава, зависит от величины сил сцепления и трения в грунте, сжимаемости грунта основания и тела насыпи.

Расчет устойчивости насыпей и выемок, ограниченных откосами, производится по методам механики грунтов. В основе расчетов устойчивости грунтовых откосов лежит теория сопротивления сдвигу. Общий метод оценки устойчивости грунтовых массивов против сдвига заключается в определении коэффициента устойчивости, представляющего собой отношение моментов удерживающих и сдвигающих сил относительно центра кривой скольжения.

$$k = \frac{\sum M_u}{\sum M_{сд}}, \quad (I-35)$$

где $\sum M_u$ - сумма моментов удерживающих сил;
 $\sum M_{сд}$ - сумма моментов сдвигающих сил.

При коэффициенте $k > 1,5$ откос считается устойчивым. В современной практике для расчета устойчивости откосов применяется

графоаналитический способ оценки устойчивости путем сравнения сил, смещающих (силы веса) и удерживающих (силы трения и силы сцепления) грунтовый массив или их моментов.

Здесь следует отметить, что наиболее опасная кривая скольжения проходит или через подошву насыпи (когда грунт основания устойчив), или ниже подошвы основания (когда грунт основания слаб и неустойчив).

Центры кривых скольжения, соответствующих наименьшему коэффициенту устойчивости, располагаются вблизи прямой линии АВ, которая может быть проведена при помощи построения, показанного на рис. I-8. Линия АВ центров кривых скольжения для разных углов откоса и проходит через точку О, лежащую на пересечении прямых линий проведенных из концов линии откоса под углом α_1 и β (рис. I-8), значения которых приведены в табл. I-12 и точку В, расположенную на глубине $2H$ ниже бровки земляного полотна на расстоянии $4,5H$ по горизонтали от подошвы откоса.

Таблица I-12

Значение углов α_1 и β для установления линии центров кривых скольжения

Крутизна откосов:	Угол откоса,	Угол, α_1	Угол, β
I:0,58	60°	29°	40°
I:1	45°	28°	37°
I:1,5	33°41'	26°	35°
I:2	26°34'	25°	35°
I:3	18°25'	25°	35°
I:4	14°03'	25°	36°
I:5	11°19'	25°	37°

Для нахождения наиболее опасной кривой скольжения на линии центров АВ намечают ряд положений центров (точки 1, 2, 3, 4) и для

каждого из них строят кривые скольжения с определением коэффициента устойчивости. Найденная величина коэффициента K откладывается из соответствующего центра перпендикулярно линии AB и графическим построением находят минимальный коэффициент устойчивости и соответствующую ему кривую скольжения. На рис. I-8 наиболее опасное положение центра скольжения находится между точками 2 и 3.

Для более точного нахождения центра наиболее опасной кривой скольжения через точку на прямой AB соответствующую минимальному значению коэффициента устойчивости, проводится перпендикулярная прямая. На ней также берется несколько точек ($1', 2', 3', 4'$) для которых находят значения коэффициентов устойчивости. За расчетный коэффициент устойчивости принимается наименьший.

Для грунтов обладающих только сцеплением - центр наиболее опасной кривой скольжения лежит на пересечении прямых проведенных под углом α_1 и β на концах линии откоса.

Учет внешней нагрузки рассмотрен на примере 5.

Наряду с графоаналитическим методом расчета коэффициента устойчивости насыпей автомобильных дорог применяется метод проф. М.Н. Гольдштейна. Коэффициент устойчивости по этому методу определяется из выражения.

$$K = \operatorname{tg} \psi A + \frac{c}{\gamma h} \cdot B \quad (I-36)$$

где A, B - коэффициенты зависящие от геометрических размеров вертикальных элементов (табл. I-13);
 h - высота откоса.

Таблица I-13
Значения коэффициентов A и B .

Кру- тиз- на отко- сов	Поверх- ность скольже- ния про- ходит через по- дошву откоса		Поверхность скольжения проходит через основание и имеет горизонтальную коса- тельную на глубине							
			$e = 0,25 h$		$e = 0,5 h$		$e = h$		$e = 1,5 h$	
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
I:1,00	2,34	5,79	2,56	6,10	3,17	5,92	4,32	5,80	5,78	5,75
I:1,25	2,64	6,05	2,66	6,52	3,24	6,02	4,45	5,86	5,86	5,80
I:1,50	2,64	6,50	2,80	6,53	3,32	6,13	4,54	5,98	5,94	5,85
I:1,75	2,87	6,58	2,98	6,72	3,41	6,26	4,66	6,00	6,02	5,90
I:2,00	3,23	6,70	3,10	6,87	3,53	6,40	4,78	6,08	6,10	5,95
I:2,25	3,19	7,27	3,26	7,23	3,66	6,56	4,90	6,16	6,18	5,98
I:2,50	3,53	7,30	3,46	7,62	3,82	6,74	5,03	6,26	6,26	6,02
I:2,75	3,59	8,02	6,68	8,00	4,02	6,95	5,17	6,36	6,34	6,05
I:3,00	3,59	8,81	3,98	8,40	4,24	7,20	5,31	6,47	6,44	6,09

Средние значения углов внутреннего трения (φ), сцепле-
ния (c) и объемного веса (γ) некоторых связанных грунтов
приведены в табл. I-14.

Таблица I-14

Расчетные величины основных типов грунтов

Консистенция грунта	Глина			Суглинок			Супесь		
	γ , т/м ³	φ , град	c , кг/см ²	γ , т/м ³	φ , град	c , кг/см ²	γ , т/м ³	φ , град	c , кг/см ²
Твердая	2,15	0,38	1,0	2,15	0,44	0,6	2,05	0,49	0,20
Полутвердая	2,10	0,35	0,6	2,10	0,40	0,4	2,00	0,45	0,15
Твердопла- стичная	2,05	0,31	0,4	2,00	0,37	0,25	1,95	0,42	0,10
Мягкопластич- ная	1,95	0,24	0,2	1,90	0,30	0,15	1,90	0,35	0,05
Текучелас- тичная	1,90	0,14	0,1	1,85	0,23	0,10	1,85	0,31	0,02
Токучая	1,80	0,10	0,05	1,80	0,18	0,05	1,80	0,24	0,00

Устойчивость насыпей подтопляемых водой

Подтопляемая водой насыпь насыщается водой, вследствие чего понижается трение и сцепление грунта, а поэтому устойчивость части грунта расположенной ниже поверхности депрессии может значительно понизиться.

Кроме того, при спаде воды в части насыпи насыщенной водой возникает сила гидравлического давления, направленная изнутри насыпи к откосам параллельно кривой депрессии. Эта сила является сдвигающей.

При расчете подтопленных насыпей полагают, что выше кривой депрессии грунт сухой, а ниже - насыщен водой. Как и в случае незатопленной насыпи, назначают кривую скольжения, оттаскивая ее центр указанными ранее способами и разбивают выделенный грунтовый массив вертикальными плоскостями на элементы одинаковой ширины (рис. I-9). Линию депрессии $\mathcal{D}E$ можно провести приближенно по прямой соответственно градиенту J от точки E лежащей на пересечении оси насыпи с наивысшим уровнем воды у полотна. Далее вычисляют сумму сдвигающих и удерживающих сил, отдельно для части насыпи подтопленной и неподтопленной водой.

С учетом выше изложенного момент сдвигающих сил (рис. I-9) определяется по формуле

$$M_{сд} = R \left(\sum_1^n P_n \sin \alpha_n + \sum_1^m P_m \sin \alpha_m \right) + \sum_1^m \mathcal{D}_m S_m, \quad (I-37)$$

где R - радиус кривой скольжения, определяется из чертежа, м;

P_n - вес элементарной части грунта, расположенной выше линии депрессии;

P_m - вес элементарной части грунта, расположенной ниже поверхности линии депрессии;

α_n, α_m - угол образуемый осью OY и радиусом, проходящим через точку пересечения направления силы P_n или P_m с кривой скольжения;

D_m - гидродинамическое давление на элемент грунтового массива площадью F и длиной l , равное

$$D_m = J F \Delta_0, \quad (I-38)$$

J - гидравлический градиент (средний уклон линии депрессии).

В зависимости от типа грунта J имеет следующие значения:

песчаные крупнозернистые грунты	0,003-0,006
п е с к и	0,006-0,020
с у п е с и	0,020-0,050
с у г л и н к и	0,050-0,100
г л и н ы	0,100-0,150
тяжелые глины	0,150-0,200
торфяные грунты	0,020-0,120

F - площадь водонасыщенной части сечения, m^2 ;

Δ_0 - удельный вес воды;

S_m - плечо гидродинамического давления относительно центра кривой скольжения для n -го элемента.

Удерживающий момент образуется от действия сил трения и сцепления на кривой скольжения AB , причем на участке кривой GB значения этих сил соответствуют сухому грунту, а на участке AG - грунту насыщенному водой.

Значение удерживающего момента определяется по формуле

$$M_y = R(c_1 l_1 + c_2 l_2) + R \left(\sum_1^n P_n \cos \alpha_n \operatorname{tg} \psi_1 + \sum_1^m P_m \cos \alpha_m \operatorname{tg} \psi_2 \right), \quad (I-39)$$

где l_1 - длина линии скольжения в пределах ЖГ, м;
 l_2 - длина линии скольжения в пределах АГ, м;
 ψ_1, ψ_2 - угол внутреннего трения соответственно для сухого грунта и грунта насыщенного водой;
 c_1, c_2 - соответственно, сцепления сухого и насыщенного водой грунта.

Вычислив M_g и M_g , определяем коэффициент устойчивости выделенного массиве грунта

$$k = \frac{M_g}{M_g}, \quad (I-40)$$

В практике учет гидродинамических сил уменьшает коэффициент устойчивости откоса на 5-10% по сравнению с устойчивостью незаполненной насыпи.

Устойчивость насыпи на косогоре

При расположении насыпи на косогоре (рис. I-10) при неблагоприятных условиях может сместиться по наклонной плоскости. Это смещение стремится вызвать сила $Q \sin \alpha$ составляющая веса насыпи, параллельная уклону косогора. Противостоят смещению силы сцепления и силы трения между грунтом насыпи и грунтом косогора.

Устойчивость будет обеспечена при условии, если

$$Q \sin \alpha < Q \cos \alpha \cdot \operatorname{tg} \psi + l \cdot c, \quad (I-41)$$

где Q - вес насыпи;
 α - угол наклона местности (поперечный);
 l - ширина основания насыпи.

Коэффициент устойчивости насыпи от бокового сползания равен

$$k = \frac{cL}{Q \sin \alpha} + \frac{\operatorname{tg} \varphi}{\operatorname{tg} \alpha}; \quad (I-42)$$

При крутизне косогора менее 1:5 ($\alpha < 10^\circ$) насыпь обычно устойчива. Если же крутизна косогора больше 1:5, то поверхность его сначала разделяется уступами шириной 1-2 м (рис. I-10) с уклоном 2-4% и только после этого возводится насыпь.

Устойчивость насыпей против расползания

В высоких насыпях возведенных на слабых грунтах, могут появиться деформации расположения массива. Если боковое давление одной половины насыпи (длиной L м) на другую больше сопротивления грунта сдвигу по основанию, то может произойти расползание.

Устойчивость будет обеспечена при условии (рис. I-11) если

$$\xi \frac{H^2 \gamma}{2} < cL \quad (I-43)$$

где H - высота насыпи, см;
 γ - объемный вес грунта, кг/см³;
 c - сцепление грунта, кг/см²;
 L - половина ширины подошвы насыпи, см;
 ξ - коэффициент бокового давления.

Для идеально сыпучих тел, у которых отсутствует сцепление значение коэффициента бокового давления определяется по формуле

$$\xi = \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right); \quad (I-44)$$

Для связанных грунтов он равен

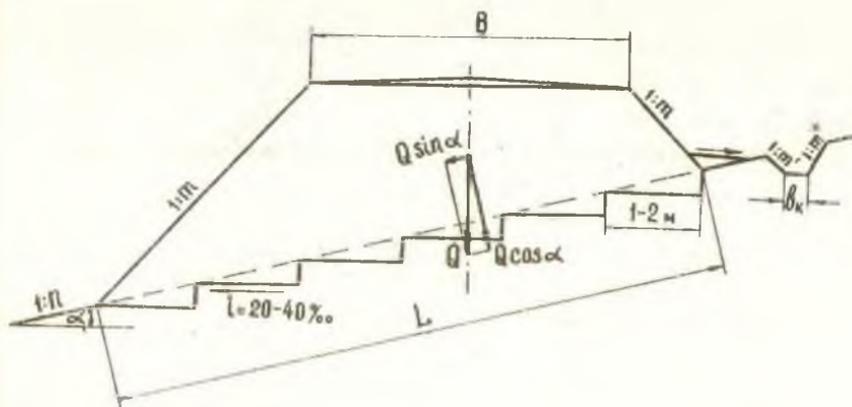


Рис. I-10. Расчетная схема для определения коэффициента устойчивости насыпи на косогоре.

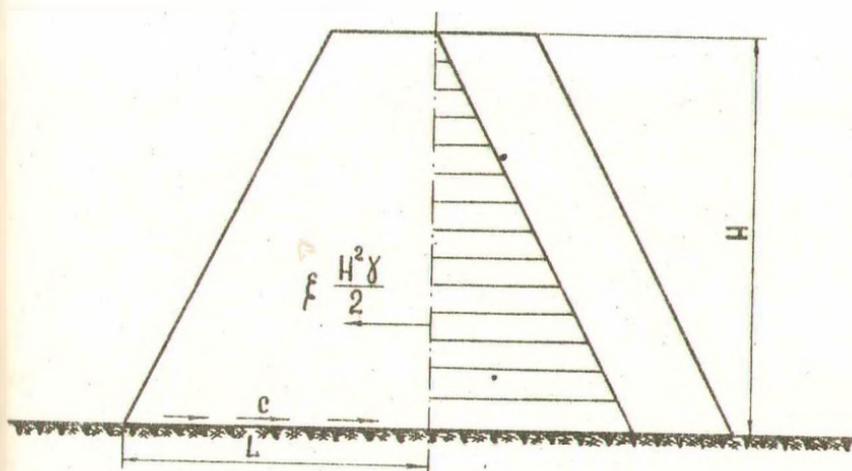


Рис. I-11. Расчетная схема для определения устойчивости насыпи против расползания.

$$\xi = 1 - \alpha \operatorname{tg} \psi - \beta \frac{c}{G} \quad (I-45)$$

где ψ - угол внутреннего трения;
 c - сцепление (на единицу площади);
 G - вертикальное давление;
 α, β - эмпирические коэффициенты.

Величины коэффициента бокового давления в зависимости от величин суммарного удельного давления от внешней нагрузки и от собственного веса грунта отнесенное к основанию насыпи приведено в табл. I-15.

Таблица I-15

Значение коэффициентов ξ

Грунт	Величины коэффициентов бокового давления при вертикальном давлении										
	0,25	0,50	0,75	1,0	1,8	2,0	2,5	3,0	4,0	5,0	10,0
Песок	0,10	0,22	0,26	0,28	0,30	0,31	0,31	0,32	0,32	0,32	0,34
Глина	0,47	0,59	0,66	0,68	0,70	0,71	0,72	0,73	0,74	0,74	0,75

Коэффициент устойчивости насыпи против расползания определяется по формуле

$$K = \frac{2c \lambda}{\xi H^2 \gamma}; \quad (I-46)$$

В случае необходимости увеличения устойчивости насыпи следует усилить путем устройства более пологих откосов, укладки насыпей, присыпки бери в качестве упоров и другими способами.

Для оценки устойчивости насыпи на слабых основаниях в качестве критерия служит коэффициент устойчивости, равный отношению действующего удельного давления от насыпи $P_{нас}$ к предельному (критическому), при котором начинаются пластические деформации основания

$$k = \frac{P_{нас}}{P_K}, \quad (I-47)$$

где $P_{нас}$ - удельное давление насыпи на основание, $кГ/см^2$;
 P_K - критическое удельное давление, при котором начинаются пластические деформации основания.

Значение P_K определяется по формуле Прандля с поправкой Тэйлора для предельного давления на грунты, превышение которого вызывает выжимание грунта из-под насыпи

$$P_K = (\gamma H + c \operatorname{ctg} \psi) \frac{1 + \sin \psi}{1 - \sin \psi} e^{\pi \operatorname{tg} \psi} - c \operatorname{ctg} \psi, \quad (I-48)$$

где H - глубина погружения насыпи в грунт, $см$;
 γ - объемный вес влажного грунта, $кГ/см^3$;
 c - сцепление грунта, $кГ/см^2$;
 ψ - угол внутреннего трения.

Минимальное значение коэффициента устойчивости насыпи из условия бокового выпирания принимают обычно не менее 1,5. Если он получается меньше, то принимаются меры для обеспечения устойчивости.

7. Вираз и его расчет

Виразом называют односкатный профиль проезжей части с укло-

ном к центру кривой, устраиваемый на закруглениях дороги при величине радиусов кривых $R \leq 400$ м, для обеспечения устойчивости автомобиля против бокового скольжения и опрокидывания под действием центробежной силы (рис. I-12).

Главной характеристикой виража является поперечный уклон однокатного профиля, значение которого можно получить из следующих выражений

$$i_s = \frac{V^2}{127R} - \varphi_0, \quad \text{или} \quad i_s = \frac{V^2}{gR} - \varphi_0, \quad (I-49)$$

где V — скорость движения автомобиля, км/ч для первой формулы и м/сек для второй;

R — радиус кривой, м;

g — ускорение силы тяжести (9,81 м/сек²);

φ_0 — коэффициент поперечного сцепления колес с дорогой принимаемый

$$\varphi_0 = (0,6 - 0,7) \varphi, \quad (I-50)$$

где φ — коэффициент продольного сцепления колес с дорогой.

Значения φ приведены в табл. I-16.

Таблица I-16

Тип дорожного покрытия	Значение коэффициента сцепления φ
I	2
Цементно-бетонные и асфальтобетонные	0,6-0,8
Щебеночные и гравийные с черным покрытием	0,6-0,7
Щебеночные и гравийные, необработанные вяжущими материалами	0,4-0,5
Дороги с булыжной мостовой	0,3-0,6
Деревянно-дежневые	0,2-0,3

I	2
Грунтовая улучшенная в хорошем состоянии	
сухая	0,25-0,35
влажная	0,25-0,35
Грунтовая дорога неровная, грязная с колеями	0,40-0,70
Снежная дорога в удовлетворительном состоянии	0,15-0,40
Ледяная дорога	0,01-0,02

При расчете виража может быть три случая:

1. Уклон виража i_v положительный и по абсолютной величине больше поперечного уклона дороги i_n . В этом случае устраивается вираж с уклоном i_v , но для лесовозных дорог не более 0,060.

2. Уклон виража i_v отрицательный, но по абсолютной величине меньше i_n . В этом случае устраивается односкатный поперечный профиль (вираж) с уклоном равным i_n .

3. Если значение i_v отрицательное и по абсолютной величине больше или равно i_n то вираж не устраивается.

Величина поперечного уклона на вираже обычно назначается в зависимости от радиуса кривой:

при радиусе до 125 м	60%
при радиусе до 150 м	50%
при радиусе до 200 м	40%
при радиусе до 250-400 м	30-20%
при радиусе свыше 400 м	без виража.

Переход от двухскатного поперечного профиля на прямом участке к односкатному на кривой осуществляется на протяжении переходной кривой, а если она отсутствует, то на прямом участке.

Сначала поднимается бровка земляного полотна на длину обочи-

ны до уклона равного поперечному уклону проезжей части (рис. I-13).

$$h_8 = a (i_8 - i_n), \quad (I-51)$$

где a - ширина обочины, м;
 i_8 - поперечный уклон обочины;
 i_n - поперечный уклон проезжей части.

Далее идет вращение наружной кромки проезжей части (с обочинной) вокруг оси дороги, до тех пор покуда не будет достигнут односкатный профиль с поперечным уклоном равным i_n уклону проезжей части.

Длина, на которой происходит вращение вокруг оси дороги определяется по формуле

$$L_1 = \frac{B_0 i_n}{i_{от}}, \quad (I-52)$$

где B_0 - ширина проезжей части, м;
 $i_{от}$ - уклон обгона виража, принимаемый 10-20%.

По достижении односкатного поперечного профиля с уклоном равным i_n производится вращение вокруг внутренней кромки проезжей части (без учета уширения) до необходимого поперечного уклона виража, т.е. $i_8 = 0,040-0,060$.

Длина, на которой идет это вращение равна:

$$L_2 = \frac{B_0 (i_8 - i_n)}{i_{от}}; \quad (I-53)$$

Полная длина отгона виража (это участок пути, на котором выполняется переход от двухскатного поперечного профиля к односкатному) равна

$$L = \frac{B_0 L_3}{L_{от}}; \quad (I-54)$$

Превышение оси дороги на вираже над ее положением при двух-
скатном профиле

$$h_0 = \frac{B_0(i_0 - i_n)}{2}; \quad (I-55)$$

Превышение внешней кромки проезжей части над осью на вира-
же:

$$h_1 = \frac{B_0 i_n}{2}; \quad (I-56)$$

Превышение оси дороги на вираже над внутренней кромкой про-
езжей части:

$$h_2 = \left(\frac{B_0}{2} + e\right) i_n, \quad (I-57)$$

где e - уширение дороги на кривой, м.

Превышение внешней бровки земляного полотна на вираже над
кромкой проезжей части:

$$h_3 = Q i_n; \quad (I-58)$$

Превышение внутренней кромки проезжей части на вираже над
внутренней бровкой земляного полотна:

$$h_4 = e i_n; \quad (I-59)$$

Превышение наружной кромки проезжей части над внутренней
на вираже:

$$h = B_0 i_n; \quad (I-60)$$

Начало отгона виража производится на расстоянии равном:

$$l = \frac{i_n - i_{от}}{i_{от}} \quad (I-61)$$

8. Расчет уширения на автомобильных лесовозных дорогах

Уширение устраивается на всех кривых радиусом $R \leq 700$ м.

При расчете его на автомобильных лесовозных дорогах следует учитывать специфику груза, а отсюда различные уширения дороги на кривой при правых и левых поворотах.

При левых поворотах (в грузовом направлении) поезд движется по наружной полосе двухпутной дороги. В результате часть хлыстов между кониками автомобиля роспуска выходит за пределы полосы движения грузового направления, занимая часть полосы движения не грузового направления (рис. I-14). Следовательно, дорогу нужно уширить на величину стрелки f , чтобы смежная полоса осталась нормальной ширины. Эта величина может быть определена по формуле при $R \geq 25$ м

$$f = \frac{l^2}{2(4R+B)}, \quad (I-62)$$

где R - радиус кривой, м;
 B - ширина проезжей части, м;
 l - расстояние между кониками автомобиля и полуприцепа-роспуска, м.

Это расстояние в зависимости от длины сортиментов или хлыстов приведено в табл. I-16, а также может быть определено по формуле

$$l = \frac{Q(0,33L_x - d)}{Q_{np}}, \quad (I-63)$$

где Q - полезная нагрузка на автопоезд;
 Q_{np} - грузоподъемность полуприцепа-роспуска;
 L_x - максимальная длина пачки хлыстов, м;

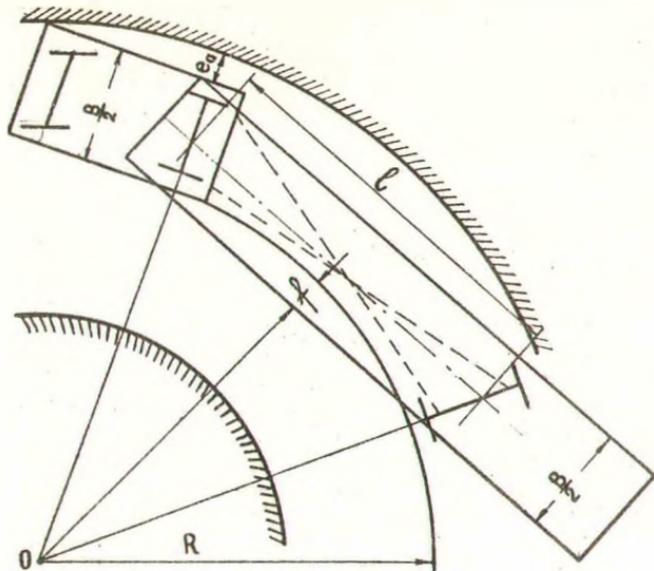


Рис. I-14. Вписывание подвижного состава в кривую при левом повороте.

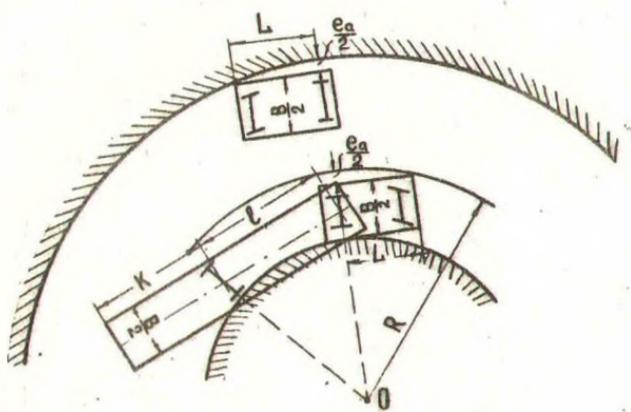


Рис. I-15. Вписывание подвижного состава в кривую при правом повороте.

d - передний свес пачки хлыстов, равный 1 м при одном роспуске и 2,5 м при переднем конике на раме полуприцепа

Таблица I-16

Тип автопоезда	Расстояние между кониками в м при длине сортиментов или хлыстов в м						
	6,5	8,5	18	21	24	27	30
Автомобили с роспусками (свес концов бревен или хлыстов перед коником автомобиля 1 м)							
МАЗ-501+2-Р-15 ЗИЛ-151+2-3-8	3,4	4,9	7,5	9,0	10,5	12,0	13,5
КрАЗ-214+2-Р-12 (1-РД-12)	3,70	5,44	8,35	10,0	11,7	13,4	15,0
УРАЛ-355М+1-Р-4 МАЗ-200+1-Р-8 ЗИЛ-157+2-Р-5	3,94	5,7	8,75	10,5	12,25	14,0	15,7
ЗИЛ-150 (164)+1-Р-4	4,5	6,5	10,0	12,0	14,0	16,0	18,0

Полная величина уширения проезжей части дороги на кривой о левым поворотом в грузовом направлении при вывозке хлыстов равна

$$e = \frac{l^2}{R} + \frac{0,1V}{\sqrt{R}} + \frac{l^2}{2(4R+B)}, \quad (I-64)$$

где l - расстояние между задней осью автомобиля и его передним буфером, м:
 для ЗИЛ-150 $l = 4,9$ м
 для МАЗ-200 и МАЗ-501 $l = 5,5$ м
 для КрАЗ-214 $l = 5,9$ м

V - скорость движения автопоезда, км/ч.

При правых поворотах встречному движению автомобилей мешают свисающие сзади полуприцепа-роспуска концы хлыстов (рис. I-15).

Величина уширения при правых поворотах определяется по следующей формуле -

$$e = \frac{L^2}{R} + \frac{0,1V}{\sqrt{R}} - R + \sqrt{\left(\sqrt{(R - C_0 - \frac{B}{4})^2 - \frac{\ell^2}{4}} + \frac{B}{4}\right)^2 + \left(K + \frac{L}{2}\right)^2}; \quad (I-65)$$

Или по приближенной формуле

$$e = \frac{L^2}{R} + \frac{0,1V}{\sqrt{R}} + \frac{7,5L_x - 104}{R}, \quad (I-66)$$

где K - длина конца хлыстов, свисающих сзади полуприцепа-ропуска;

$$K = L_x - \ell - 1, \quad (I-67)$$

C_0 - уширение полосы проезжей части на кривой при движении одиночных автомобилей;

$$C_0 = \frac{L^2}{2R} + \frac{0,05V}{\sqrt{R}}, \quad (I-68)$$

L_x - максимальная длина пачки хлыстов, м;

V - скорость движения автопоезда, км/ч;

B - ширина проезжей части дороги, м.

Нормативное уширение проезжей части приведено в табл. I-I7.

Уширение проезжей части производится во внутреннюю сторону кривой. Если обочина имеет ширину менее 1 м, то уширяется и замляное полотно, а если более 1 м, то уширение проезжей части производится за счет обочины.

Отвод уширения производится на прямых участках, прилегающих к круговой кривой. Длина отвода уширения обычно приравнивается длине переходной кривой. При отсутствии ее, отвод уширения производится на длине не менее длины автомобиля.

Таблица I-I7

Радиус кривых, м	В е л и ч и н а у ш и р е н и я, м						
	Однополосные лесовозные и лесохозяйственные дороги		Двухполосные дороги (левый поворот)		Двухполосные дороги (правый поворот) ввозка в хлыстах длиной 20-30 м		Колесо-проводов, колея-ных дорог
	в сорта-ментах	в хлыстах 20-30 м	в сорта-ментах	в хлыстах 20-30 м			
15	2,2	-	-	-	-	-	
20	1,6	-	3,3	-	-	-	-
30	1,1	1,4-2,3	2,2	-	-	-	-
40	0,9	1,1-1,8	1,8	-	-	-	-
50	0,7	0,8-1,5	1,5	1,7-2,2	-	-	0,6
60	0,6	0,7-1,3	1,3	1,4-1,9	-	-	0,5
80	0,5	0,6-1,0	1,0	1,1-1,5	-	-	0,4
100	0,4	0,5-0,8	0,8	0,9-1,2	1,5-2,9	-	0,4
125	0,4	0,4-0,7	0,7	0,8-1,1	1,3-2,5	-	0,3
150	0,3	0,3-0,6	0,6	0,7-0,9	1,1-2,0	-	0,3
200	-	0,3-0,4	0,5	0,5-0,7	0,8-1,4	-	0,2
250	-	0,2-0,3	0,4	0,4-0,5	0,7-1,2	-	-
300	-	0,1-0,3	0,4	0,4-0,5	0,6-1,0	-	-
400	-	-	-	0,3-0,4	0,4-0,8	-	-

9. Расчет объемов земляных работ

При проектировании земляного полотна предусматривают возможный минимум объема земляных работ, поэтому важное значение имеет их расчет. Расчет объема земляных работ может производиться аналитически по формулам, по графикам и номограммам, по таблицам и при помощи счетно-решающих машин. Для расчета объема земляных работ земляное полотно разбивается по длине на участки между двумя

смежными рабочими отметками продольного профиля, как для насыпей так и для выемок. Такой способ подсчета объема земляных работ получил название "попикетного" в отличие от помассового, когда объем насыпи или выемки вычисляется в один прием.

Объем земляных работ при отсутствии уклона в поперечном направлении с учетом поправки, которая вводится при разности отметок $H_2 - H_1 > 1$ м и длине рассматриваемого участка $L_H > 50$ м, определяется по следующей формуле

Для насыпи

$$V_H = \left[a + BH_{cp} + mH_{cp}^2 + \frac{m(H_2 - H_1)^2}{12} \right] L_H, \quad (I-69)$$

Для выемки

$$V_B = \left[(2\omega_k - a) + (B + 2b)H_{cp} + mH_{cp}^2 + \frac{m(H_2 - H_1)^2}{12} \right] L_B, \quad (I-70)$$

При наличии поперечного уклона местности объем земляных работ вычисляется по следующим формулам

Для насыпи

$$V_H = \left[a + \frac{BH_{cp} + mH_{cp}^2 + \frac{1}{4} \frac{m}{n_1^2} B^2}{1 - \frac{m^2}{n_1^2}} + \frac{m(H_2 - H_1)^2}{12} \right] L_H, \quad (I-71)$$

Для выемки

$$V_B = \left[(2\omega_k - a) + \frac{(B + 2b)H_{cp} + mH_{cp}^2 + \frac{1}{4} \frac{m}{n_1^2} (B + 2b)^2}{1 - \frac{m^2}{n_1^2}} + \frac{m(H_2 - H_1)^2}{12} \right] L_B, \quad (I-72)$$

В данных формулах приняты следующие обозначения.

Q - площадь поперечного сечения водосливной призмы, м^2

при треугольной форме $Q = \frac{B^2 i}{4}$;

при параболической
форме $Q = \frac{B^2 i}{3}$;

i - поперечный уклон водосливной призмы;

$H_{\text{ср}}$ - средняя рабочая отметка на рассматриваемом участке, м (рис. I-16)

$$H_{\text{ср}} = \frac{H_1 + H_2}{2} , \quad (\text{I-73})$$

m, n_1 - коэффициенты откосов насыпи и местности (при $n_1 \geq 10$ можно принять $\frac{1}{n_1} = 0$);

B - ширина земляного полотна, м ;

L_n, L_B - соответственно длина участка насыпи и выемки между отметками H_1 и H_2 , м ;

ω_k - площадь поперечного сечения кювета, равная

$$\omega_k = b_k h_k + \frac{h_k^2}{2} (m+n) , \quad (\text{I-74})$$

b - ширина кювета на уровне бровок, равная

$$b = b_k + h_k (m+n) , \quad (\text{I-75})$$

b_k - ширина кювета по дну, м ;

h_k - глубина кювета, м ;

n - заложение откоса кювета, м .

При устройстве уширения и виража на круговых кривых связано с дополнительным производством объема земляных работ, который определяется по следующим формулам.

Объем земляных работ при устройстве виража

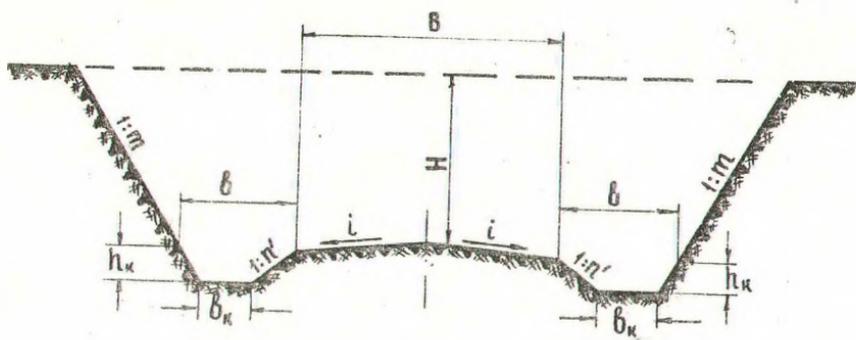
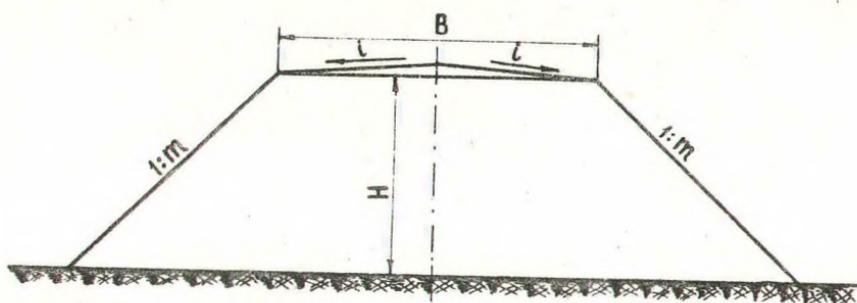
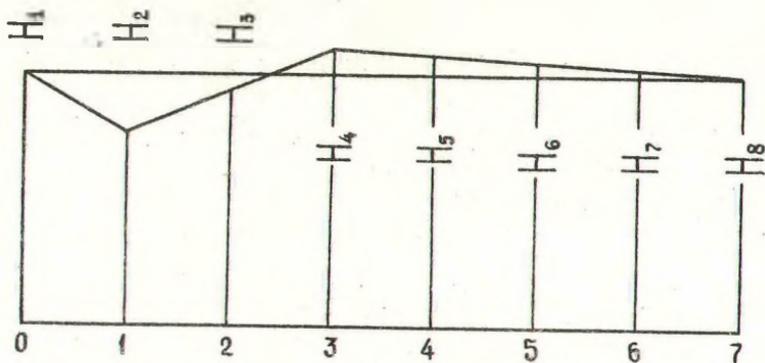


Рис. I-16. Расчетные схемы для определения объема земляных работ.

$$V_{\text{н.р.}} = \frac{B^2}{2} \left[l_k i_n + \frac{B(i_n - i_{\text{от}})^3}{i_{\text{от}} \cdot i_n} \right], \quad (\text{I-76})$$

где B - ширина земляного полотна, м;
 l_k - длина круговой кривой, м;

$$l_k = \frac{\alpha (R + \frac{B}{4})}{180}, \quad (\text{I-77})$$

α - угол поворота;
 R - радиус круговой кривой, м;
 i_n - уклон виража, ‰;
 $i_{\text{от}}$ - поперечный уклон проезжей части на прямом участке, ‰.

Объем земляных работ при устройстве уширения

$$V_y = \frac{e H_n}{3} \left\{ 2 l_n + 0,052 \alpha \left[R - \frac{(B+e)}{2} \right] \right\}, \quad (\text{I-78})$$

где e - уширение проезжей части, м;
 H_n - высота насыпи на закруглении, м;
 α - угол поворота;
 R - радиус круговой кривой, м;
 B - ширина земляного полотна, м;
 l_n - длина переходной кривой или расстояние на котором производится отвод уширения, м.

Если переходная кривая отсутствует, отвод уширения производится на прямом участке примыкающим к круговой кривой. Длину отвода уширения можно брать равным длине отгона виража.

Учитывая дополнительные объемы земляных работ при устройстве виража и уширения общий объем земляных работ для насыпи на

угловой кривой при отсутствии поперечного уклона местности раз-

$$V_{\text{общ}} = V_{\text{н}} + V_{\text{вир}} + V_{\text{у}}, \quad (\text{I-79})$$

$V_{\text{н}}$ - объем земляных работ для возведения насыпи на прямом участке в м³, определяемый по формуле (I-69);

$V_{\text{вир}}$ - объем земляных работ при устройстве виража, в м³ определяемый по формуле (I-76);

$V_{\text{у}}$ - объем земляных работ при устройстве уширения в м³ определяемый по формуле (I-78).

Объем земляных работ при устройстве уширения учитывается в тех случаях, когда производится уширение земляного полотна.

10. Примеры расчета параметров земляного полотна

Пример I. Определить глубину промерзания грунтов земляного полотна автомобильной лесовозной дороги III категории в районе строительства г. Владимир (Владимирская область).

Решение I. По карте изолиний средней максимальной глубины промерзания (рис. I-3) находим $\lambda_{\text{ср}}$.

$$\lambda_{\text{ср}} = 76 \text{ см}$$

2. Определяем коэффициент вариации C_v по карте изолиний (рис. I-4)

$$C_v = 0,40$$

3. По известному значению коэффициента вариации $C_v = 0,40$ и проценту обеспеченности $P = 20\%$ (для автомобильных лесовозных дорог III категории процент обеспеченности равен 20%) по табл. I-9 находим модульный коэффициент

$$K_s = 1,312$$

4. Глубину промерзания грунта определяем по формуле

$$Z = k_n k_s Z_{ср}$$

Принимая коэффициент, учитывающий теплофизические свойства грунта, его тип, снежный покров и т.д. равным $k_n = 1,7$, получим

$$Z = 1,7 \cdot 1,312 \cdot 76 = 169,5 \text{ см}$$

Ответ. Глубина промерзания грунтов земляного полотна 20% обеспеченности равна 169,5 см.

Пример 2. В районе, расположенном во II-ой дорожно-климатической зоне, проектируется насыпь автомобильной лесовозной дороги III-ей категории из супесчаного грунта с коэффициентом фильтрации $K = 0,1$ см/сутки.

Требуется определить минимальное возвышение бровки земляного полотна над уровнем грунтовых вод (используя данные примера I). Грунтовые воды залегают на глубине 1,5 м.

Решение. I. Для расчета требуемого возвышения бровки земляного полотна над уровнем грунтовых вод используем вторую расчетную схему

$$H_n = Z + \frac{2kST}{Z \Omega_{зм}}$$

2. Всасывающую силу определим по табл. I-0 для супесчаного грунта $S = 70$ см.

3. Заданный приток для супесчаного грунта $\Omega_{зм} = 0,16$ принимаем по табл. I-II.

4. Глубина промерзания грунта из примера I, $Z = 169,5$ см.

5. Длительность периода промерзания $T = 120$ дней.

6. Имея эти исходные данные определим минимальную высоту насыпи земляного полотна над уровнем грунтовых вод

$$H_n = 169,5 + \frac{2 \cdot 0,1 \cdot 70 \cdot 120}{169,5 \cdot 0,16} = 231 \text{ см}$$

над местностью

$$H_n = 231 - 150 = 81 \text{ см}$$

Ответ. Требуется насыпь высотой 231 см над уровнем грунтовых вод и 81 см над окружающей местностью.

Пример 3. В IV-ой дорожно-климатической зоне проектируется насыпь автомобильной дороги из суглинистого грунта с коэффициентом фильтрации $K = 24 \cdot 10^{-5}$ м/час. Требуется определить высоту насыпи при следующих данных: глубина залегания грунтовых вод I м, влажность грунта - предел текучести $W_t = 0,4$, расчетная в абсолютных долях единицы $W_p = 0,26$, длительность периода влагонакопления $T = 3600$ час и коэффициент миграции двухфазной влаги $\alpha'_{ж} = 4 \cdot 10^{-5}$ м²/час.

Решение. I. Для определения высоты насыпи используем четвертую расчетную схему, как наиболее соответствующую данным условиям. Для данной расчетной схемы высота насыпи определится по следующей формуле

над уровнем грунтовых вод

$$H_n = \frac{3\alpha'_{ж}}{K} \left\{ \sqrt{(W_p - 0,5W_t)^2 + \frac{0,67K}{\alpha'_{ж}} \left[0,4W_t + K T_p + \frac{K}{6\alpha'_{ж}} \right]} - (W_p - 0,5W_t) \right\} =$$
$$= \frac{3 \cdot 4 \cdot 10^{-5}}{24 \cdot 10^{-5}} \left\{ \sqrt{(0,26 - 0,20)^2 + \frac{0,67 \cdot 24 \cdot 10^{-5}}{4 \cdot 10^{-5}} \left[0,4 \cdot 0,4 + 24 \cdot 10^{-5} \cdot 3600 + \frac{24 \cdot 10^{-5}}{6 \cdot 4 \cdot 10^{-5}} \right]} - (0,26 - 0,20) \right\} = 1,41 \text{ м}$$

над местностью

$$H = 0,41 \text{ м}$$

Ответ. Требуемое возвышение бровки земляного полотна над уровнем грунтовых вод равно 1,41 м, а над местностью 0,41 м.

Пример 4. Определить необходимое число полос движения автомобильной лесовозной дороги, к которой тяготеет лесной массив с эксплуатационным запасом в 1,7 млн.м³. Известно, что длина дороги равна 20 км, среднее расстояние видимости 1000 м, а разность стоимости строительства 1 км двухпутной и однопутной дороги составляет 2,5 тыс.руб. Вывозка леса производится автомобилями ЗИЛ-164, рейсовая нагрузка которых равна 12 м³, а среднетехническая скорость движения 18 км/час. При этом стоимость машино-смены автомобиля с прицепом Д = 16 руб.

Решение. Определение числа полос движения наиболее удобно и довольно просто можно определить по номограмме (рис.1-17), составленной на основании формулы 1-25. Определение числа полос движения по номограмме производится в следующем порядке.

В координатах 1 по оси абсцисс откладывается общий грузооборот дороги за весь период эксплуатации $Q_{обг} = 1700$ тыс.м³, точка А). Из точки А проводим перпендикуляр до пересечения с линией, цифра на которой соответствует расчетной нагрузке на автопоезд $Q_{рейс} = 12$ м³, точка Б), через точку Б проводится горизонтальная координатную систему П до пересечения с линией, обозначающей среднетехническую скорость движения (точка В, $V_{ср,тех} = 18$ км/час). Далее из точки В проводится вертикаль. Пересечение вертикали с линией, характеризующей расстояние между разъездами (точка Г $S_g = 1$ км), проектируется вправо на ось ординат и далее до пересечения с линией, цифра на которой обозначается стоимость машино-смены. Принимая стоимость машино-смены $D = 16$ руб. в нашем примере получим точку Е. Проектируя Е на ось абсцисс получим

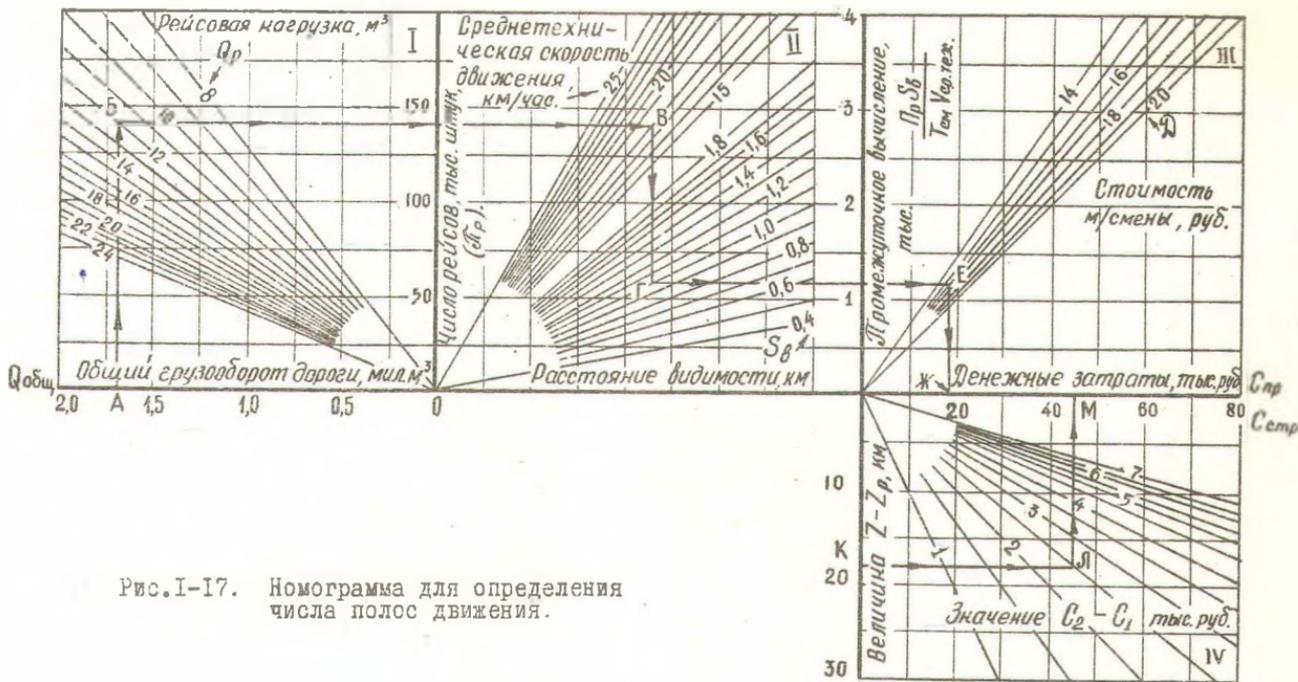


Рис. I-17. Номограмма для определения числа полос движения.

точку Ж соответствующую денежным затратам, связанным с простоями автотранспорта на разъездах ($C_{пр} = 18$ тыс.руб.)

После этого в координатах IV по оси ординат откладывается разность длины дороги и разъездов (точка К). Через точку К проводится горизонталь до пересечения с линией, цифра на которой соответствует разности в стоимости строительства 1 км дороги с двухполосным и однополосным покрытием.

При разности равной 2,5 тыс.руб., получим точку Л. Проектируя точку Л на ось абсцисс получим точку М, которая соответствует в денежном выражении экономии достигнутой в результате применения однополосной дороги ($C_{пр} = 45$ тыс.руб.)

Сравнивая расположение точек Ж и М на оси абсцисс нетрудно установить условия, при которых рационально применять дорогу с однополосной или двухполосной проезжей частью.

Если $C_{пр} < C_{стр}$ целесообразно строить дорогу с одной полосой движения, а если $C_{пр} > C_{стр}$ - двухполосную.

Пример 5. Графоаналитическим методом рассчитать устойчивость насыпи, возведенной из супесчаного грунта, используя следующие исходные данные: ширина насыпи $B = 8$ м, высота $H = 4$ м, коэффициент откоса $m = 1,0$, угол внутреннего трения грунта $\varphi = 17^{\circ}12'$, сцепление $C = 1500$ кг/м², объемный вес $\gamma = 1,9$ т/м³, внешняя нагрузка - задняя полуось груженого автомобиля МАЗ-501 - приложена на расстоянии 1,5 м от бровки земляного полотна.

Решение. Находим положение центра кривой скольжения, предполагая, что он лежит на пересечении прямых, проведенных под углом

$\alpha_1 = 28^{\circ}$ и $\beta = 37^{\circ}$ по отношению к концам линий откосов табл.

II, § 6, раздел I при $m = 1$. Радиусом СА возможную кривую

скольжения. Отсеченный массив разбиваем через характерные точки вертикальными плоскостями на элементарные части. Как видно из рис. I-18 силы веса находящиеся справа от оси OY , стремятся одвинуть массив вниз. Силы веса массива - слева от OY , а также силы сцепления и трения препятствуют этому.

Коэффициент устойчивости насыпи определяется по следующей формуле

$$k = \frac{M_y}{M_{сд}}$$

где $M_y, M_{сд}$ - соответственно момент удерживающих и сдвигающих сил.

Вся задача сводится к определению этих моментов. Вначале определим момент сдвигающих сил без учета внешней нагрузки по формуле

$$M_{сд} = (P_1 \sin \alpha_1 + P_2 \sin \alpha_2 + P_3 \sin \alpha_3 + P_4 \sin \alpha_4 + P_5 \sin \alpha_5 + P_6 \sin \alpha_6 + P_7 \sin \alpha_7 - P'_1 \sin \alpha'_1 - P'_2 \sin \alpha'_2) R,$$

Расчет численных значений веса элементарных частиц массива P_n и $\sin \alpha_n$ сведен в табл.

Элементарная часть массива	Значение P , кг	Угол α , град.	$\sin \alpha_n$	$P_n \sin \alpha_n$	$\cos \alpha_n$	$P_n \cos \alpha_n$
1	475	68	0,9272	440	0,3746	178
2	3230	54 30	0,8141	2630	0,5807	1876
3	5320	40	0,6428	3420	0,7660	4075
4	6650	28	0,4695	3122	0,8829	5871
5	6460	18	0,3090	1996	0,9511	6144
6	4940	8	0,1392	688	0,9903	4892
7	1140	1	0,0175	20	0,9998	1140
1	1140	12	0,2079	237	0,9781	1115
2	2527	4	0,0698	176	0,9976	2521

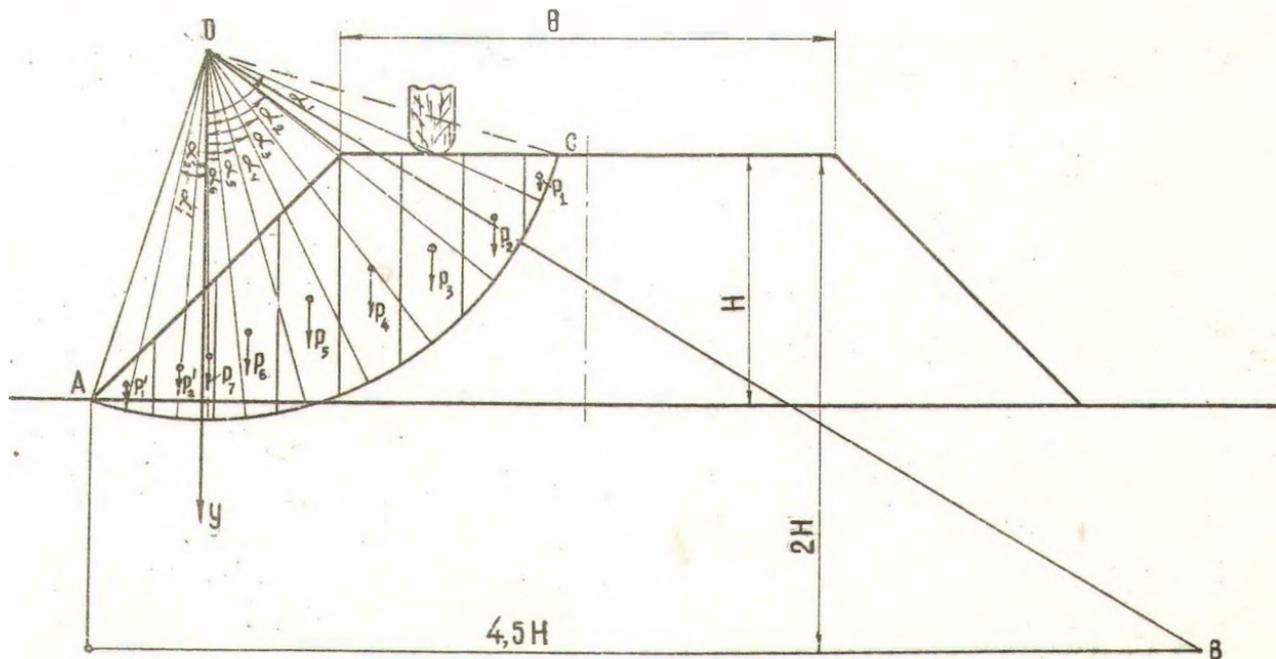


Рис. I-18. Расчетная схема коэффициента устойчивости земляного полотна.

Радиус кривой скольжения с учетом масштаба полученного профиля измеряем по чертежу (рис. I-18).

$$R = 6 \text{ м.}$$

Принимая данные из таблицы и значение радиуса определяемдвигающий момент

$$M_{сг} = (440 + 2630 + 3420 + 3122 + 1996 + 688 + 20 - 237 - 176) \cdot 6 = 71418 \text{ кгм.}$$

Определяем удерживающий момент от сил трения и сцепления из следующего выражения

$$M_y = \left(f \sum_1^n P_n \cos \alpha_n + cL \right) R,$$

где $f = \frac{P}{Q} \psi$ - коэффициент трения при угле $\psi = 17^\circ 12'$ равный 0,3096;

L - длина всей линии скольжения при центральном угле $\alpha = 90^\circ$ равна

$$L = \frac{\pi R \alpha}{180} = 9,42 \text{ м.}$$

Подставляя численные значения входящие в формулу M_y получим

$$M_y = (0,3096 \cdot 27812 + 1500 \cdot 9,42) 6 = 136446 \text{ кгм}$$

Зная M_y и $M_{сг}$ определяем коэффициент устойчивости

$$K = \frac{M_y}{M_{сг}} = \frac{136446}{71418} = 1,91$$

Коэффициент устойчивости, соответствующий данному положению кривой скольжения равен $K = 1,91$. Перемещая центр кривой по прямой OB , можно построить ряд кривых скольжения и вычислить аналогичным способом коэффициенты устойчивости. Минимальный из них следует принять за расчетный.

Коэффициент устойчивости с учетом внешней нагрузки расположенной согласно условию задачи (рис. I-18) будет равен

$$K_2 = \frac{M_y + M'_y}{M_{cг} + M'_{cг}} ;$$

где M'_y - удерживающий момент сил от внешней нагрузки;

$M'_{cг}$ - сдвигающий момент сил от внешней нагрузки.

Значение удерживающего момента определим из следующего выражения

$$M'_y = R f P_a \cos \alpha_2 = 6 \cdot 4095 \cdot 0,5807 \cdot 0,3096 = 4417 \text{ кгм}$$

Сдвигающий момент

$$M'_{cг} = R P_a \sin \alpha_2 = 6 \cdot 4095 \cdot 0,8141 = 20002 \text{ кгм}$$

где P_a - нагрузка на заднюю полуось МА3-50I с нагрузкой равная 4095 кг.

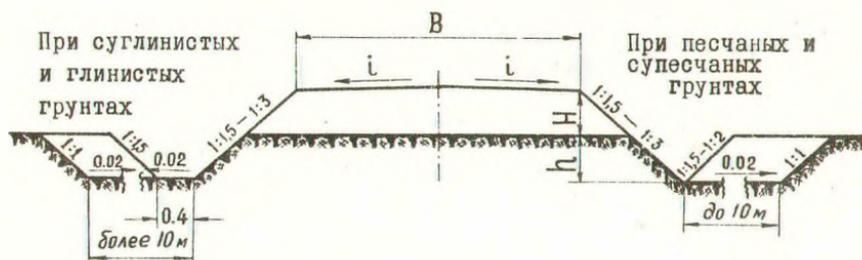
Коэффициент устойчивости с учетом внешней нагрузки

$$K_2 = \frac{140863}{91420} = 1,54$$

Таким образом расчет показывает, что насыпь заданной формы отсыпанной из супесчаных грунтов вполне устойчивая.

ТИПОВЫЕ ПОПЕРЕЧНЫЕ ПРОФИЛИ ЗЕМЛЯНОГО
ПОЛОТНА АВТОМОБИЛЬНЫХ ЛЕСОВОЗНЫХ ДОРОГ В ВЫЕМКАХ
И НАСЫПЯХ

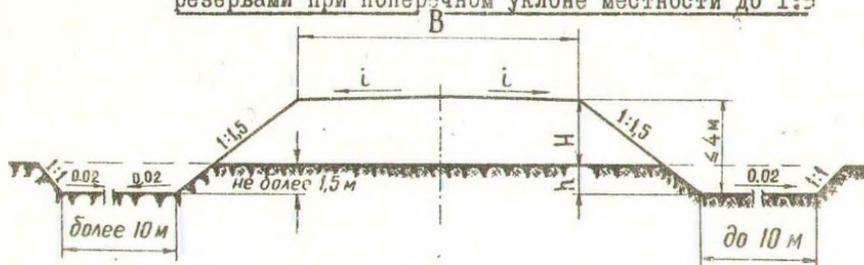
1. Насыпь высотой до 1 м с канавами или резервами
при поперечном уклоне местности до 1 : 5



Откосы крутизной 1:3 применяются при возведении насыпи бульдозером или грейдером.

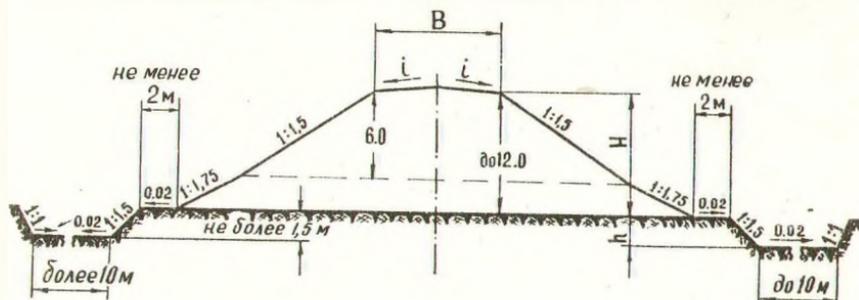
При поперечном уклоне местности круче 1:25 канавы, а круче 1:10 резервы устраиваются только с нагорной стороны.

2. Насыпь высотой более 1 м до $H+h \leq 4$ м с
резервами при поперечном уклоне местности до 1:5



При поперечном уклоне местности круче 1:10 резервы закладываются только с нагорной стороны.

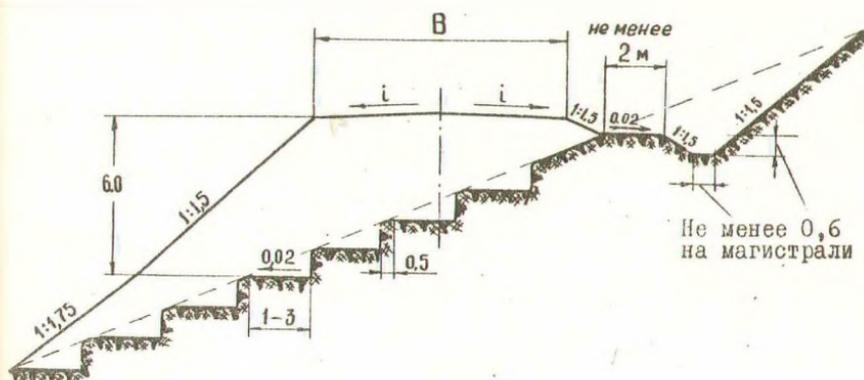
3. Насыпь высотой от 4 м до 12 м с резервами при поперечном уклоне местности до 1:5.



Насыпи высотой до 12 м из крупной и средней крупности песка, гравия, гальки, щебня слабыветривающихся пород устраиваются с откосами 1:1,5 на всю высоту насыпи.

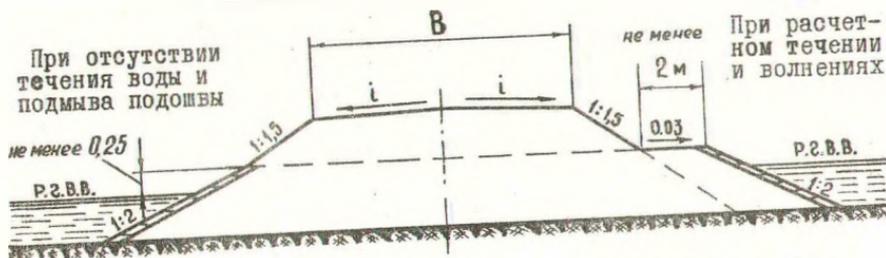
При уклоне местности круче 1:10 резервы закладываются только с нагорной стороны.

4. Насыпь без резервов на косогоре крутизной от 1:10 до 1:3



На косогорах, сложенных дренирующими грунтами, не покрытых растительностью, а также на косогорах крутизной от 1:10 до 1:5 уступы не делаются.

5. Подтопляемая насыпь



С низовой стороны полотна берма не отсыпается. Закладка резервов вдоль подтопляемых насыпей разрешается как исключение и только с низовой стороны при ширине бермы не менее 4 м.

6. Выемка без кавальера в не скальных грунтах глубиной до 12 м при поперечном уклоне местности не круче 1:3



При уклоне местности круче 1:5 банкеты не устраиваются

7. Выемка с кавальером в скальных грунтах глубиной до 12 м при поперечном уклоне местности не круче 1:3

При песчаных и супесчаных грунтах

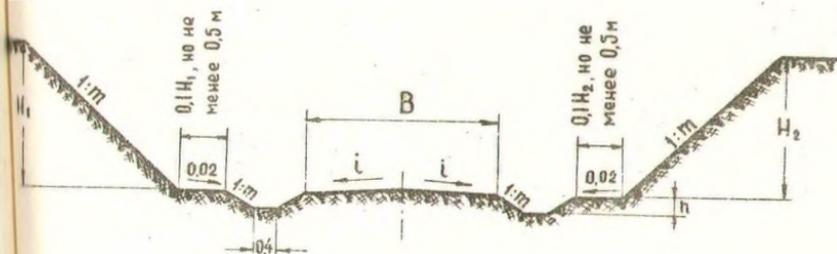
При глинистых и суглинистых грунтах

Не менее 1 м в незаносимых снегом местах и 5 м в заносимых



При слабых грунтах расстояние между бровкой выемки и подошвой кавальера увеличивается на глубину выемки и должно быть не менее 10 м. На местности с уклоном круче 1:5 отсыпка кавальеров допускается только с низовой стороны.

8. Выемка глубиной до 12 м в мелких пылеватых песках, лесах, жирных и пылеватых глинах, легковыветривающейся или сильнотрещиноватой скале при поперечном уклоне местности не круче 1:3



При высоте откосов до 2 м закветные полки не устраиваются.

РАЗДЕЛ ВТОРОЙ

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ И СТРОИТЕЛЬСТВУ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД

Данные настоящего раздела предназначены для максимального облегчения работы проектировщиков и строителей при расчетах и конструировании дорожных одежд, а также при выборе наиболее рационального их типа для конкретных условий строительства.

Конструкции дорожных одежд разработаны для вновь строящихся автомобильных лесовозных дорог I-III категорий, а также для веток и усов. Приведенные ниже рекомендации могут быть использованы также при проектировании и строительстве дорожных одежд на перестраиваемых и новых участках реконструируемых дорог (спрямление, обход и др.).

П о р я д о к п о л ь з о в а н и я. По табл.2-I и 2-2 выбираются возможные варианты типов покрытий в зависимости от категории дороги, грузооборота, наличия дорожно-строительных материалов и подвижного состава. Окончательный выбор конструкции производится на основании технико-экономических сопоставлений вариантов с учетом перспективной интенсивности и состава движения, технической категории дороги, природных условий района строительства дороги, практических данных о работе существующих дорожных одежд, аналогичных по конструкции принимаемым типам, с учетом наибольшей механизации.

Необходимо также предусматривать наиболее технологичные конструкции дорожных одежд с возможно меньшим количеством слоев.

При анализе стоимости отдельных конструкций дорожных одежд и технико-экономическом сравнении вариантов должны учитываться не только строительные, но и дорожно-эксплуатационные и транспортные затраты.

В таких случаях следует отдавать предпочтение конструкциям, обеспечивающим возможность максимальной механизации и достижения высоких темпов строительства.

Модуль основания для всех типов одежд нежесткого типа принят 150, 200, 250 кг/см².

Приведенные конструкции дорожных одежд рассчитаны под нагрузку автомобильных поездов ЗИЛ-164 + 2-Р-8, МАЗ-501 + 2-Р-15, КраЗ-214 + 2-Р-15. Расчетное удельное давление колеса для ЗИЛ-164 - 5 кг/см², для МАЗ-501 и КраЗ-214 - 6 кг/см².

Расчет нежестких дорожных покрытий произведен по методу СоюздорНИИ, разработанному под руководством профессора Н.Н.Иванова

Поперечные профили дорожных одежд приведены для дорог с одной полосой движения. Размеры ширины проезжей части "в" и обочин "а" на поперечных профилях не показаны. Эти размеры по данным Гипролестранса на прямых участках автомобильных дорог лесозаготовительных предприятий должны назначаться согласно табл. I-5.

Для каждого типа дорожных одежд приведены таблицы толщины покрытия для одностороннего движения при разных значениях требуемого модуля деформации дорожной одежды, модулей материала слоев и модулей основания.

Толщина верхнего слоя конструктивно назначалась минимальной, допустимой для данных технологических условий. Толщина нижнего слоя рассчитана по номограмме, составленной на основании формулы СоюздорНИИ для определения $E_{\text{экв}}$.

Прочность дороги характеризуется требуемым модулем деформации, который вычисляется по формуле

$$E_{\text{тр}} = \frac{\sigma P}{2\lambda} (0,5 + 0,65 \lg \gamma N_p), \text{ кг/см}^2 \quad (2-1)$$

где

P - удельное давление колеса расчетного автомобиля на дорожное покрытие, кг/см²;

λ - допустимая относительная деформация;

γ - коэффициент, учитывающий повторяемость нагрузки;

N_p - расчетная приведенная суточная интенсивность.

Суточная интенсивность движения определяется по формуле

$$N = \frac{Q}{qT} k_1 k_2, \quad (2-2)$$

в которой

Q - годовой грузооборот дороги в м³/год;

q - нагрузка на рейс в м³;

T - число рабочих дней в году;

k_1 - коэффициент, учитывающий порожняк ($K = 2$);

k_2 - коэффициент, учитывающий воздействие на дорогу прицепов и полуприцепов.

При однородном движении вычисленное $N_{\text{сут}}$ может быть принята за расчетное N_p . Результаты подсчета сведены в табл.2-2.

Расход материалов, поверхностная обработка, необходимые трудовые затраты и механизмы определены по СН и П ч. IУ, том 5, выпуск I, 1965 г. и СН и П ч. IУ том 3, выпуск 3.

Таблица 2-1

Рекомендуемые типы покрытий

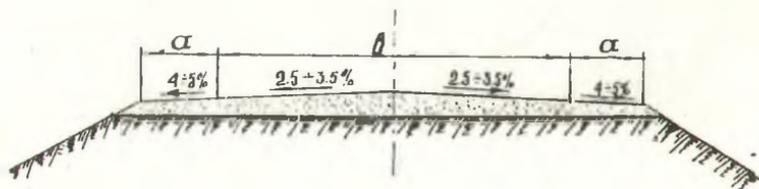
№ типа	Типы покрытий	Категория дороги	Требуемый модуль деформации дорожной одежды кг/см ²	Толщина покрытия, см	
				верхний слой	нижний слой
I.	Грунтовое профилированное, улучшенное	III ветки, усы	229-313	II-3I	-
II	Гравийное	I-III ветки, усы	269-38I 229-296	IO I2-20	I2-27 -
III	Грунтовое, обработанное битумом	I-III ветки, усы	229-38I	8	8-27
IV	Грунтовое, обработанное цементом	I-III ветки, усы	343-57I	I2	I2-34
V	Грунтовое, обработанное известью	I-III ветки, усы	343-57I	I2	I2-3I
VI	Колейное из железобетонных плит	I-III ветки, усы	-	I4-I6	0-40
VII	Дерево-грунтовое	I-III ветки, усы	-	IO-I5	0-40

Таблица 2-2

Расчетная интенсивность движения

Категория дороги	Грузо- оборот, тыс. м ³ год	Модуль дефор- мации основа- ния, ² кг/см ²	Нагрузка на рейс, м ³			Расчетная интен- сивность движения авт/сутки		
			ЗИЛ- 164	МАЗ- 501	КрАЗ- 214	ЗИЛ- 164	МАЗ- 501	КрАЗ- 214
I	700					583	467	424
II	500	150				417	333	303
III	150	200	12	20	22	125	100	91
Ветки	100	250				83	67	61
Усы	50					42	33	30

Тип. I. Грунтовые дороги профилированные, улучшенные
скелетными добавками



Грунтово-профилированные дороги обычно строятся из местного грунта, перемещаемого грейдерами или автогрейдерами из боковых канав. Этот тип дорожной одежды применяется как самостоятельный вид покрытия или как первый этап при стадийном дорожном строительстве. Если профилированная грунтовая дорога проектируется с учетом использования ее в дальнейшем в качестве основания для проезжей части, построенной из каменного материала, земляное полотно устраивается с соблюдением всех требований технических условий, которые обуславливают перспективный класс дороги. Грунтовые дороги, построенные на тяжелых и пылеватых грунтах, становятся непроезжими в период осенне-весенней распутицы или при сильных, продолжительных в летнее время дождях. Однако при гравелистых и супесчаных грунтах такое покрытие может обеспечить вывозку леса в течение круглого года. При этом необходимо производить систематическую утюжку.

Для того чтобы обеспечить хороший сток с поверхности земляного полотна грунтово-профилированной дороги, ей придают повышенные поперечные уклоны, которые составляют в пределах проезжей части 2-3%, а на обочинах 4-5%. Нижние пределы следует при-

менять при глинистых грунтах, так как в противном случае происходит занос автомобиля при движении его по поверхности увлажненного земляного полотна.

Чтобы улучшить грунтовую профилированную дорогу применяют скелетные добавки или добавки других грунтов. В качестве добавок применяются щебень, котельный и доменный шлак, горелые породы, гравий, крупнозернистый песок, глина, торф и т.п. Проезжая часть может быть построена смещением скелетных добавок с грунтом. В этом случае можно сразу получить одежду проектной толщины. Расчетная толщина покрытия приведена в табл.2-3.

Таблица 2-3

Толщина покрытия

Категория дороги	Грузооборот тыс. м ³ год	Модуль деформации основания кг/см ²	Требуемый модуль деформации одежды			Модуль деформации материала кг/см ²	Толщина слоя по оси дороги в см		
			кг/см ²				ЗИЛ 164	МАЗ 501	КрАЗ 214
			ЗИЛ 164	МАЗ 501	КрАЗ 214				
III	150	150	269	313	309	400	27	30	31
		200					17	19	20
		250					11	11	11
Ветки	100	150	254	296	291	400	24	26	27
		200					14	15	16
		250					-	-	-
Усы	50	150	229	264	260	400	18	20	20
		200					11	11	11
		250					-	-	-

Если толщина покрытия принимается до 15 см, его строят в один слой. При большей толщине его проектируют двухслойным.

Верхний слой рекомендуется строить так, чтобы в смесь входило больше мелкозема для получения более связного верхнего слоя. Нижний слой делается из смеси, в которой преобладают крупноскелетные добавки.

При применении в качестве скелетной добавки песка следует учитывать, что он должен быть крупнозернистым. Необходимые затраты при россыпи добавок песка для улучшения профилированной грунтовой дороги прие дены в табл.2-6. При проектировании песчаных смесей рекомендуется в верхний слой покрытия добавлять крупнозернистые материалы для образования слоя толщиной 3-5 см без дополнительного перемешивания. Трудозатраты для устройства покрытия определенные по СН и П, приведены в табл.2-4.

Необходимые ресурсы для устройства покрытия

Состав работы. 1. Удаление дернового слоя. 2. Рыхление грунта (графы "в", "в"). 3. Разработка грунта в кюветах с перемещением на земляное полотно. 4. Планировка и укатка земляного полотна. 5. Укрепление кюветов щебнем.

Таблица 2-4

Нормы на I км дороги

№: пп.	Наименование элементов затрат	Единица измерения	Грунтово-профилированные дороги шириной 7,5 м			На каждый м изменения ширины зем.полотна добавлять или исключать		
			Категория грунтов					
			I	II	III	I	II	III
			а	б	в	а	б	в
1.	Затраивы труда	ч-д	19,6	27,8	41,4	5	4,35	6,5
2.	Заработная плата	руб.	48,9	6,8	103	7,4	10,6	16,2
3.	Автогрейдеры тяжелые	м-см	9	9,7	10,4	1,93	2,16	2,34
4.	Бульдозеры 80 л.с.	"	0,22	0,22	0,22	0,03	0,03	0,03
5.	Тракторы 100л.с.	"	0,47	0,47	0,47	0,06	0,06	0,06
6.	Тракторы 54 л.с.	"	-	-	0,73	-	-	0,38
7.	Прочие машины	руб.	I	I	1,40	0,1	0,1	0,3
8.	Щебень	м ³	II	II	II	-	-	-
9.	Вес материалов	т	17,6	17,6	17,6	-	-	-

Примечание. Нормы табл.2-4 предусматривают устройство грунтово-вх профилированных дорог в "нулевых" отметках из расчета 500 м³ грунта в I км. Устройство земляного полотна выше "нулевой" отметки из грунтов прирас-совых резервов определяют по таблице 2-5.

Состав работы. 1. Разработка и доставка грунта на расстояние до 300 м. 2. Разравнивание и уплотнение грунта. 3. Планировка земляного полотна.

Таблица 2-5

Нормы на 1000 м³ грунта в плотном теле

№№ пп	Наименование элементов затрат	Едини- ца из- мере- ния	Категория грунтов		
			I	II	III
			а	б	в
1.	Затраты труда	ч-д	5,7	8,2	13,7
2.	Заработная плата	руб.	13,3	19	33,4
3.	Бульдозеры 80 л.с.	м-см	2,4	2,88	3,36
4.	Машины поливочные	"	0,65	-	-
5.	Скреперы 6 м ³	"	3,39	3,87	3,87
6.	Тракторы 80 л.с.	"	5,79	5,6	5,71
7.	Катки прицепные пневматические 25-т	"	2,3	-	-
8.	Катки прицепные кулачковые 5-т	"	-	3,24	3,24
9.	Прочие машины	руб.	4,7	5,6	6,1

Россыпь добавок песка для улучшения
профилированных грунтовых дорог

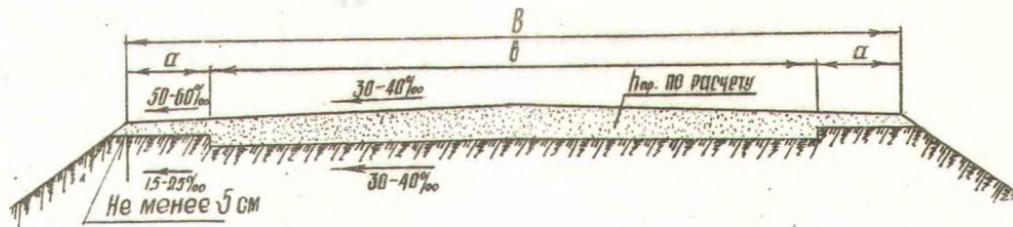
Состав работы. 1. Россыпь песка. 2. Перемешивание грунта с песком и разравнивание.

Таблица 2-6

Нормы на 100 м³ песка

№№ пп	Наименование элементов затрат	Единица измере- ния	Нормы
1.	Автогрейдеры тяжелые	м-см	1,14
2.	Прочие машины	руб.	1,32
3.	П е с о к	м ³	110
4.	Вес материалов	т	165

Тип. II Гравийное покрытие с олузоритного профиля



Толщины покрытия

Таблица 2-7

Категория дороги	Требуемый модуль деформации одежды, кг/см ²			Модуль деформации материала кг/см ²		Эквивалентный модуль деформации верхнего слоя кг/см ²						Толщина нижнего слоя, см											
												Климатические зоны						Климатические зоны					
												П - Ш			IV - V			П - Ш			IV - V		
												ЗИЛ 164	МАЗ 501	КрАЗ 214	Верхний слой	Нижний слой	Верхний слой	Нижний слой	ЗИЛ 164	МАЗ 501	КрАЗ 214	ЗИЛ 164	МАЗ 501
2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22			
150															14	26	27	13	24	24			
200	326	381	376	800	650	900	700	250	320	320	240	310	300	10	12	18	19	12	16	16			
250															-	12	12	-	12	12			

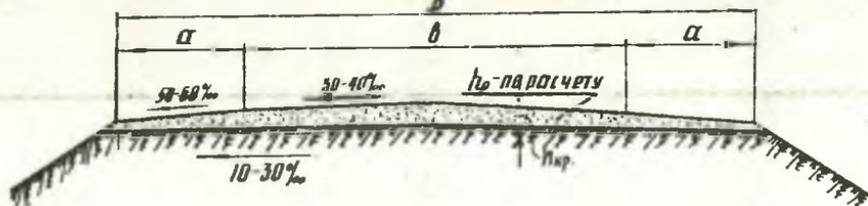
I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
II	150 200 250	314	367	361	800	650	900	700	240	310	290	230	300	290	10	13 12 -	23 15 12	23 15 12	12 -	23 16 12	22 14 -
III	150 200 250	269	313	309	800	650	900	700	200	260	240	200	250	240	10	12 -	18 12 -	16 12 -	12 -	16 12 -	15 12 -

Примечание. I. Гравийное покрытие в полукорыте устраивается на дорогах I-III категории. На усах и ветках, где сравнительно небольшая интенсивность движения рекомендуется устраивать серповидный профиль гравийной дороги. Такая конструкция является простой и осуществляется путем непосредственной россыпки гравийного материала на подготовленное земляное полотно. Расчетная толщина слоя покрытия серповидного профиля приведена в таблице 2-8.

2. Серповидный профиль гравийной дороги обычно применяется при толщине гравийного слоя до 15-20 см. Толщина гравийного слоя в пределах ширины обочины должна быть увязана с размерами гравийных частиц, входящих в состав смеси. Практически она равна 5-10 см. Подготовка земляного полотна для устройства такого рода покрытия заключается в профилировании его и создании поперечных уклонов в сторону обочин.

3. В целях повышения прочности покрытия гравийную дорогу строят с полукорытным профилем. Для этого на поверхности земляного полотна устраивается корыто глубиной, равной половине толщины гравийного слоя. Остальная половина толщины покрытия устраивается за счет россыпи слоя гравия выше верхней кромки корыта. В нем россыпь гравийного материала производится в два слоя. В производственных условиях часто можно оставлять обочины без укрепления, тогда гравийный материал рассыпается в корыте.

Гравийное покрытие серповидного профиля



Толщины покрытия

Таблица 2-8

Категория дороги	Модуль деформации основания кг/см ²	Требуемый модуль деформации одежды кг/см ²			Модуль деформации материала кг/см ²	Толщина слоя по оси дороги, см		
		ЗИЛ-164	МАЗ-501	КрАЗ-214		ЗИЛ-164	МАЗ-501	КрАЗ-214
Ветки	150	254	296	291	800	13	20	19
	200					12	14	12
	250					-	12	-
Усы	150	229	264	260	800	12	16	15
	200					-	12	12
	250					-	-	-

При такой конструкции покрытия высота россыпи гравийного материала не связана с шириной и уклоном обочин. Поэтому толщина дорожной одежды может быть значительной, достигая иногда при слабом основании и большой интенсивности движения 30-40 см. Обычно гравийное покрытие устраивается в два слоя: нижний - из более крупного гравийного материала, а верхний - из более мелкого.

Устройство верхнего слоя из более мелкого материала позволяет получить более связную и ровную поверхность.

Трудозатраты и механизмы необходимые для устройства гравийного покрытия полукорытного и серповидного профилей приведены в таблице 2-9.

Необходимые ресурсы и расход материалов

Состав работы I. Планировка и прикатка дна корыта (подстилающего слоя) (графа "а"), земляного полотна (графа "д"). 2. Россыль и разравнивание гравийной оптимальной смеси с доставкой на проезжую часть. 3. Укатка с поливкой водой. 4. Уход за покрытием (графа "в", "д").

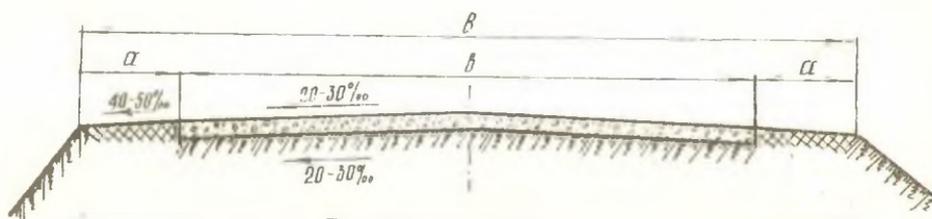
Нормы на 1000 м² покрытия

Таблица 2-9

№ пп	Наименование элементов затрат	Ед. измерения	Полукорытный профиль				Серповидный профиль	
			Двухслойные				Однослойные до 160 мм	
			Нижний слой до 120 мм		Верхний слой до 150 мм		При толщине по оси дороги 120 мм	На каждые 10 мм изменения толщины слоя до бавлять
			При толщине по оси до 120 мм	На каждые 10 мм изменения по толщине слоя до бавлять	При толщине по оси до 120 мм	На каждые 10 мм изменения по толщине слоя до бавлять		
а	б	в	г	д	е			
I	2	3	4	5	6	7	8	9
1.	Затраты труда	ч-д	3,99	-	6,5	-	7,5	-
2.	Заработная плата	руб.	10,8	-	17,7	-	20,4	-
3.	Автогрейдеры тяжелые	м-сы	0,35	-	0,47	-	0,54	-
4.	Катки прицепные на пневмоходу 25 т	"	0,1	-	-	-	0,1	-
5.	Катки самоходные, 3 т	"	1,08	-	0,7	-	1,32	-
6.	То же, 10 т	"	0,78	-	0,75	-	1,29	-
7.	Тракторы 100 л.с.	"	0,1	-	-	-	0,1	-
8.	Машины поливочные 3800 л.с.	"	0,3	-	0,22	-	0,3	-

I	2	3	4	5	6	7	8	9
9	Смесь гравийная оптимальная	м ³	149	12,4	91	10,4	110	10,5
10	Вода	"	11	-	8	-	11	-
Вес материалов.		т	268	22,3	163	18,8	199	19
Дополнительные нормы. При гравийной оптимальной, доставленной не на проезжую часть дороги, а на обочину, на перемещение ее добавлять:								
I. Автогрейдеры тяжелые		м-см	0,11	0,01	0,09	0,01	0,11	0,01

Тип Ш. Грунтовое покрытие, обработанное битумом



Толщины покрытия

Таблица 2-10

Категория дорожных машин	Требуемый модуль деформации одежды, кг/см ²			Модуль деформации материала		Экв. модуль деформации верхнего и нижнего слоя, кг/см ²			Экв. модуль деформации верхнего слоя 2			Толщина верхнего слоя, см	Толщина нижнего слоя, см			
	ЗИЛ 164	МАЗ 501	КрАЗ 214	Верхний слой	Нижний слой	ЗИЛ 164	МАЗ 501	КрАЗ 214	ЗИЛ 164	МАЗ 501	КрАЗ 214		ЗИЛ 164	МАЗ 501	КрАЗ 214	
																1
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1	150	326	381	376	800	700	280	340	320	340	392	376	8	18	27	26
1	200													12	20	19
1	250													-	12	11

I	2																	
II	150													15	25		24	
	200	314	367	361	800	700	260	320	310	320	376	368	8	9	18		17	
	250													-	10		9	
III	150																	
	200	269	313	309	800	700	220	270	260	280	328	308	8	9	18		18	
	250													-	-		-	
Вет ки	150													8	16		15	
	200	254	296	291	800	700	200	250	240	264	304	292	8	-	9		8	
	250													-	-		-	
Усы	150													8	13		11	
	200	229	264	260	800	700	180	230	210	236	288	260	8	-	8		-	
	250													-	-		-	

Примечание: I. Постройка дорожных одежд по данному типу рекомендуется при отсутствии в районе строительства каменных материалов или в случае, когда использование привозных по экономическим соображениям не оправдывается. При продольных уклонах дороги более 60 % покрытия этого типа не рекомендуются.

2. Если стабилизация производится во второй дорожно-климатической зоне, наиболее пригодными для укрепления жидким битумом будут супесчаные грунты с числом пластичности 3-7, легкие суглинки с числом пластичности не более 12. При большом содержании глинистых частиц в стабилизуемом грунте наблюдается повышенный расход вяжущего, и полученный материал обладает меньшей водоустойчивостью, чем укрепленные супеси.

3. Если в районе строительства автомобильной лесовозной дороги имеется поблизости песок, то во всех случаях выгодно введение в тяжелые грунты песка или других скелетных добавок в количестве от 20 до 30 % с целью улучшения гранулометрического состава укрепляемой смеси.

4. Не рекомендуется укреплять жидким битумом песчаные грунты и супесчаные с числом пластичности менее 3. Это вызывается тем, что такие грунты вследствие недостаточной их связанности после обработки обладают малой водостойкостью и поэтому их перед укреплением необходимо обогатить глинистыми и пылеватыми фракциями.

5. Не рекомендуется также подвергать стабилизации солонцы и солонцеватые грунты с числом пластичности больше 12, содержащие в поглощаемом комплексе более 20 % натрия от емкости поглощения. Если в указанных грунтах содержится менее 20 % поглощенного натрия, их можно укреплять жидким битумом или дегтем, но число пластичности их не должно превышать 17.

6. Из супесчаных и глинистых разновидностей наиболее пригодными для укрепления являются карбонатные разновидности и супеси оптимального гранулометрического состава.

7. Гранулометрический состав грунта для приготовления смеси принимается по таблице 2-II.

Рекомендуемый гранулометрический состав грунта для приготовления смеси

Таблица 2-11

Смеси по ВТП 106-57	Содержание частиц мин ерального материала, % мельче, мм					
	2	1	0,5	0,25	0,15	0,074
19	100	70-85	48-70	32-60	24-50	16-40

8. Покрытие из грунта, обработанного органическими вяжущими, устраивается, как правило, в два слоя, смещением на дороге с обязательной двойной поверхностной обработкой (табл. 2-23).

Толщина верхнего слоя покрытия принята 8 см с расходом 10% органических вяжущих от веса обработанного грунта, толщина нижнего слоя покрытия принята не менее 8 см с расходом вяжущих 8% от веса обработанного грунта.

9. Расход вяжущих для обработки грунта определен при объемном весе: супеси $\gamma_0 = 2,0 \text{ т/м}^3$, и суглинков $\gamma_0 = 1,8 \text{ т/м}^3$. При другом объемном весе грунта или процентном содержании вяжущего расход его определяется по формуле

$$Q = 10 h n \gamma_0 k, \quad (2-3)$$

где

Q - расход вяжущего, т;

h - толщина слоя, м;

n - количество вяжущих, % от веса обработанного грунта;

γ_0 - объемный вес обработанного грунта;

k - коэффициент, равный: при обработке грунтов битумом - 1,03, цементом - 1,05. Коэффициент уплотнения грунта принят 1,1.

Результаты определения сведены в табл. 2-12.

Расход материала на 1000 м² покрытия

Таблица 2-12

Наименование	Грунт, м ³	Жидкие вяжущие, т	Примечание
I	2	3	4
Нижний слой покрытия из грунта, обработанного 8% битума от веса смеси толщиной 8 см:			

1	2	3	4
а) При супесчаных грунтах добавлять на каждый сантиметр увеличения толщины слоя	88,0 11,0	13,6 1,70	По расчету "-"
б) При суглинистых грунтах добавлять на каждый сантиметр увеличения толщины слоя	88,0 11,0	12,25 1,53	"-"
Верхний слой покрытия из грунта, обработанного 10% битума от веса смеси толщиной 8 см:			
а) При супесчаных грунтах добавлять на каждый сантиметр увеличения толщины слоя	88,0 11,0	17,1 2,13	"-" "-"
б) При суглинистых грунтах добавлять на каждый сантиметр увеличения толщины слоя	88,0 11,0	15,3 1,90	"-" "-"

Необходимые ресурсы для устройства покрытия

Состав работы. 1. Планировка и прикатка верха земляного полотна (корыта). 2. Разравнивание грунта в пределах проезжей части. 3. Иммельчение грунта с увлажнением. 4. Перемешивание грунта с вяжущими. 5. Разравнивание и профилирование (укатка). 6. Уход в процессе формирования.

Таблица 2-13

Наименование элементов затрат	Ед. измерения	Смещение грунтов					
		автогрейде-рами		фрезами прицепн.		сместителями прицепными	
		одно-слой-ных	двух-слой-ных	одно-слой-ных	двух-слой-ных	одно-слой-ных	двух-слой-ных
		толщиной, мм					
		до120	до240	до160	до320	до80	160
Затраты труда	ч-д	4,72	7,6	5	9,1	6,2	10,6
Заработная плата	руб.	12,8	21,1	13,7	24,5	16,7	29,1
Автогрейдеры тяжелые	м-см	3,1	5,7	1,02	1,64	1,09	1,79
Тракторы 54 л.с.	"	0,03	0,06	-	-	0,03	0,07
Фрезы дорожные прицепные с тракторами 54 л.с.	"	-	-	2,77	4,16	-	-
Сместители прицепные для стабилизации грунтов	"	-	-	-	-	0,66	1,32
Погрузчики многоковшовые	"	-	-	-	-	0,66	1,32
Машины поливочные 3800 л	"	0,26	0,53	0,35	0,7	0,18	0,35
Катки самоходные 10т	"	0,16	0,33	0,16	0,33	0,16	0,33
Катки самоходные 6,3т	"	0,5	1	0,6	1,25	0,5	1
Вода	м ³	9,6	19,2	12,8	25,6	6,4	12,8
Дополнительные нормы. При устройстве покрытий или оснований из грунта проезжей части добавляются следующие затраты:							
Автогрейдеры тяжелые	м-см	0,08	0,46	0,11	0,61	0,07	0,38
Тракторы 54 л.с. с рыхлителем	"	0,07	0,14	0,09	0,19	0,05	0,09

Примечания. 1. Нормы табл.2-13 учитывают устройство покрытия из привозного грунта.

2. Расход вяжущих материалов для поверхностной обработки следует принимать по табл.2-23, а стоимость работ по розливу или сливу определять по табл.2-14.

Нормы на 1 т вяжущих материалов

Таблица 2-14

№ пп	Наименование элементов затрат	Един. изм.	Розлив битума (Битумной эмульсии) в	Слив битума (Битумной эмульсии) в смесители
1.	Автогудронаторы	м-см	0,08	0,11
2.	Битум жидкий (эмульсия битумная)	т	1,03	1,03
3.	Вес материалов	т	1,03	1,03

3. При добавке гравийного материала или песка расход их следует принимать по проектным данным, стоимости работ определять по табл.2-15.

Состав работы. Распределение добавок по грунту.

Нормы на 100 м³ добавок

Таблица 2-15

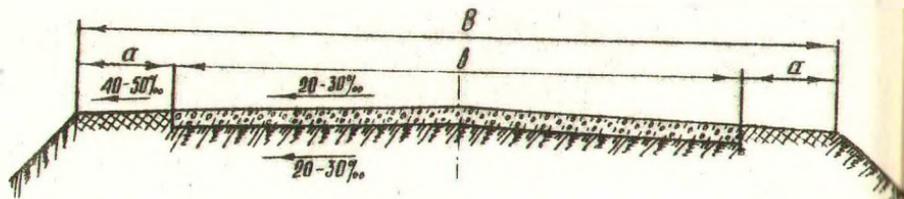
№	Наименование элементов затрат	Единица измерен.	Нормы
1.	Автогрейдеры тракторные	м-см	0,3
2.	Гравийный материал (песчано-гравийная смесь)	м ³	101 (102)
	песок		
	Вес материалов	т	177 158

4. Нормами (табл.2-15) активизирующие добавки (известь) не учтены. В необходимых случаях нормы затрат определять по табл.2-16. Расход извести принят в размере 3% от веса грунта и толщин, приведенных в таблице. При других толщинах расход извести принимать по проектным данным, остальные затраты оставить без изменения.

Таблица 2-16

№ п/п	Наименование элементов затрат	Един. изм.	Смещение грунтов		
			автогрей-дерами	фрезами прицепными	смесителями прицепными
			однослойных толщиной, мм		
			120	160	80
1.	Затраты труда	ч-д	-	-	0,58
2.	Заработная плата	руб.	-	-	1,47
3.	Распределители цемента с тракторами 54 л.с.	м-см	0,06	0,07	-
4.	Прочие машины	руб.	-	-	0,91
5.	Известь	т	7,2	9,6	4,8
	Вес материалов	т	7,2	9,6	4,8

Тип IV. Грунтовое покрытие, обработанное цементом



Категория дороги	Модуль деформации осн. нов. кг/см ²	Требуемый модуль деформации одежды, кг/см ²			Модуль деформ. матер., кг/см ²		Эквивалентн. модуль деформ. верх. нижнего слоя кг/см ²			Эквивалентн. модуль деформ. верх. нижнего слоя кг/см ²			Толщина верхнего слоя, см	Толщина нижнего слоя, см		
		ЗИЛ	МАЗ	КрАЗ	Верхний слой	Нижний слой	ЗИЛ	МАЗ	КрАЗ	ЗИЛ	МАЗ	КрАЗ		ЗИЛ	МАЗ	КрАЗ
I	150	488	571	564	1200	900	340	450	430	495	588	564	12	21	34	34
	200													15	28	27
	250													12	22	21
II	150	466	549	540	1200	900	320	440	420	480	576	552	12	18	33	32
	200													12	27	26
	250													12	21	20
III	150	403	469	463	1200	900	280	360	340	420	492	468	12	14	25	24
	200													12	18	18
	250													-	12	12
Ветк. к.	150	380	442	436	1200	900	260	320	300	408	456	432	12	12	20	18
	200													12	14	13
	250													12	12	-
Усы	150	343	395	389	1200	900	220	290	280	360	420	396	12	12	17	16
	200													-	12	12
	250													-	-	-

Примечания. I. Дорожная одежда из грунта, обработанного цементом способом смешения на дороге устраивается в два или три слоя общей толщиной не менее 24 см: верхний слой 12 см, нижние 12-16 см. Для обработки верхнего слоя расход цемента принят: при супесчаных грунтах 10%, при суглинистых грунтах 12%, для обработки нижних слоев 8% от веса сух ой смеси. При обработке цементом более тяжелых или менее легких грунтов следует предусматривать гранулометрические добавки. Количество добавок устанавливается проектом.

2. Минеральным вяжущим материалом можно с успехом укреплять супесчаные, пылеватые грунты различных генетических типов. Ограничения пригодности грунтов для стабилизации минеральным вяжущим в основном сводятся к следующему: граница текучести должна быть не более 45%; число пластичности не более 17; содержание частиц менее 0,002 не более 30 %; кислотность грунта pH > 7.

Наибольший эффект от стабилизации минеральными вяжу-

щими получается при укреплении супесей оптимального состава и карбонатных грунтов.

3. Глины с числом пластичности 17-27 и содержащие не более 45 % частиц менее 0,002 мм могут укрепляться минеральными вяжущими материалами только в том случае, если применяются комплексные методы стабилизации (т.е. улучшается гранулометрический состав местного грунта или добавляются химические вещества, уменьшающие гидрофильность глинистых частиц). Чистые однозернистые пески также неэффективно укрепляют известью или цементом. Для их стабилизации требуется предельное введение добавок пылеватых, суглинистых и глинистых грунтов.

4. Поверхностная обработка должна устраиваться непосредственно вслед за постройкой дорожной одежды.

5. Расход материалов для приготовления смесей для поверхностной обработки приведен в табл. 2-23.

6. Количество цемента, необходимое для стабилизации грунта определено по формуле (2-3). Результаты подсчета сведены в табл. 2-18.

7. Ресурсы необходимые для устройства покрытия, определенные по СН и П, приведены в табл. 2-19.

Расход материалов на 1000 м² покрытия Таблица 2-19

Наименование	Грунт, №	Цемент марки 400, т	Примечание
Нижний слой покрытия из грунта, обработанного 8% цемента от веса смеси, толщиной 12 см:			
а) при супесчаных грунтах	132	20,16	По расчету
добавлять на каждый сантиметр увеличения толщины слоя	11	1,68	—"
б) при суглинистых грунтах	132	18,1	—"
добавлять на каждый сантиметр увеличения толщины слоя	11	1,51	—"
Верхний слой толщиной 12 см:			
а) при супесчаных грунтах и содержании 10 % цемента от веса смеси	132	25,2	—"
б) при суглинистых грунтах и содержании 12 % цемента от веса смеси	132	27,2	—"

Необходимые ресурсы для устройства покрытия

Состав работы. 1. Планировка и прикатка верха земляного полотна (графа а). 2. Разравнивание грунта в пределах проезжей части. 3. Размельчение грунта с увлажнением. 4. Распределение цемента. 5. Перемешивание грунта с цементом. 6. Разравнивание и профилирование. 7. Укатка. 8. Уход за покрытием с применением пленкообразующих материалов (графа б).

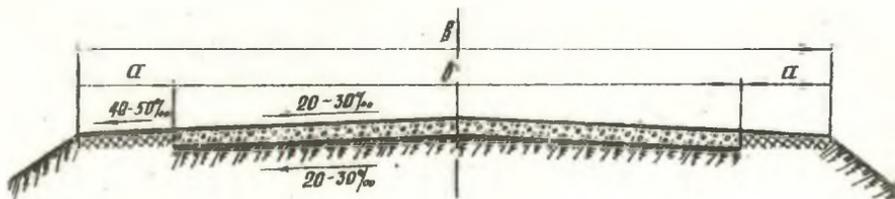
Нормы на 1000 м² покрытия Таблица 2-19

Кл. пр.	Наименование элементов затрат	Един. изм.	Смешение грунтов фрезами при цепными	
			нижний слой	верхний слой
			для всех толщин	
			а	б
1.	Затраты труда	ч-д	1,8	1,8
2.	Заработная плата	руб.	4,9	4,9
3.	Фрезы дорожные прицепные с трактором 54 л.с.	м-см	1,23	1,23
4.	Автогрейдеры тяжелые	"	0,76	0,44
5.	Распределители цемента с трактором 54 л.с.	"	0,17	0,23
6.	Катки самоходные на пневмоходу 18 т	м-см	0,63	0,63
7.	Катки самоходные 6,3 т	"	0,27	0,03
8.	Машины поливочные 3800л	"	0,56	0,56
9.	Автогудронаторы	"	-	0,08
10.	Вода	м ³	18,5	18,5
11.	Эмульсия битумная	т	-	0,62
12.	Прочие материалы (жористый кальций и др.)	руб.	36	36
	Дополнительные нормы. При устройстве покрытий или оснований из грунта проезжей части добавляются следующие затраты:			

1	2	3	4	5
1. Автогрейдеры тяжелые		м-см	0,12	0,4
2. Тракторы 54 л.с. с рыхлителем		"	0,08	0,08

Примечание. 1. Нормы табл. 2-19 учитывают устройство покрытия из привозного грунта. 2. При добавке гравийного материала или песка расход их следует принимать по проектным данным, а стоимость работ определять по табл. 2-15.

Тип У. Грунтовое покрытие, обработанное известью



Толщина покрытия

Таблица 2-20

Категория дорог	Модуль деформации по основанию, кг/см ²	Требуемый модуль деформации одежды, кг/см ²			Модуль деформации матер., кг/см ²		Эквивалентн. модуль деформации нижнего слоя, кг/см ²			Эквивалентн. модуль деформации верхнего слоя, кг/см ²			Толщина верхнего слоя, см	Толщина нижнего слоя, см		
		ЗИЛ	МАЗ	КрАЗ	Верхний слой	Нижний слой	ЗИЛ	МАЗ	КрАЗ	ЗИЛ	МАЗ	КрАЗ		ЗИЛ	МАЗ	КрАЗ
		164	501	214	Верхний слой	Нижний слой	164	501	214	164	501	214		164	501	214
I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
I	150	488	571	564	1500	900	320	420	400	495	585	562	12	18	31	30
	200													13	25	23
	250													12	19	17
II	150	466	549	540	1500	900	300	400	390	480	564	547	12	16	29	28
	200													12	22	22
	250													-	16	16
III	150	403	469	463	1500	900	250	330	310	420	487	465	12	12	22	20
	200													12	16	14
	250													-	12	12

I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
В е т ки	150 200 250	380	442	436	1500	900	230	300	280	390	457	435	12	12	12	12
У с ы	150 200 250	342	395	389	1500	900	200	270	260	352	420	397	12	12	15	14

Примечание. 1. Стабилизация грунтов известью - (известкование) может производиться гидравлической известью или воздушной. Для дорожных целей применяется главным образом гидравлическая известь. Целесообразнее применять молотую негашеную известь - кипелку. Это освобождает от предварительного гашения извести. Производство работ по стабилизации грунтов известью не отличается от производства работ по стабилизации цементом.

2. Расход материалов на 1000 м² покрытия приведен в табл.2-21, а необходимые ресурсы помещены в табл.2-22.

Расход материалов на 1000 м² покрытия Таблица 2-21

Наименование	Грунт м ³	Известь, т	Примечание
Нижний слой покрытия из грунта, обработанного 8% извести от веса смеси, толщиной 12 см:			
а) при супесчаных грунтах	I32	23,19	По расчету
добавлять на каждый сантиметр увеличения толщины слоя	II	1,93	
б) при суглинистых грунтах	I32	20,87	"
добавлять на каждый сантиметр увеличения толщины слоя	II	1,73	
Верхний слой толщиной 12 см:			
а) при супесчаных грунтах и содержании 10% извести от веса смеси	I32	28,99	"
б) при суглинистых грунтах с содержанием 12% извести от веса смеси	I32	33,92	"

Необходимые ресурсы для устройства покрытия

Состав работы. 1. Планировка и прикатка верха земляного полотна (графа а).

2. Разравнивание грунта в пределах проезжей части. 3. Размеление грунта с увлажнением. 4. Распределение извести.

5. Перемешивание грунта с известью. 6. Разравнивание и профилирование. 7. Укатка. 8. Уход за покрытием с применением пленкообразующих материалов (графа б).

Нормы на 1000 м² покрытия

Таблица 2-22

№ п/п	Наименование элементов затрат	Един. изм.	Смещение грунтов фрезами прицепными	
			Нижний слой	Верхний слой
			для всех толщин	
			а	б
1.	Затраты труда	ч-д	1,7	1,7
2.	Заработная плата	руб.	4,9	4,9
3.	Фрезы дорожные прицепные с трактором 54 л.с.	м-см	1,23	1,23
4.	Автогрейдеры тяжелые	"	0,76	0,44
5.	Распределители извести с трактором 54 л.с.	"	0,19	0,24
6.	Катки самоходные на пневмоходу 18 т	"	0,63	0,63
7.	Катки самоходные 6,3 т	"	0,27	0,03
8.	Машины поливочные 3800 л	"	0,56	0,56
9.	Автогудронаторы	"	-	0,08
10.	Эмульсия битумная	т	-	0,62
11.	Прочие материалы /хлористый кальций и др./	руб.	36	36
	Дополнительные нормы.			
	При устройстве покрытий или оснований из грунта проезжей части добавляются следующие затраты:			
	1. Автогрейдеры тяжелые	м-см	0,12	0,4
	2. Тракторы 54 л.с. с рыхлителем	"	0,08	0,08

Примечание. 1. При добавке гравийного материала или песка расход их следует принимать по проектным данным, а стоимость работ определять по табл.2-15. 2. Расход материалов для приготовления смесей для поверхностной обработки приведен в табл.2-23.

Поверхностная обработка покрытий органическими вяжущими материалами

Состав работы. 1. Очистка покрытия. 2. Предварительный розлив жидкого битума. 3. Основной розлив вязкого битума.

4. Россыпь и укатка минеральных материалов. 5. Уход в процессе формирования.

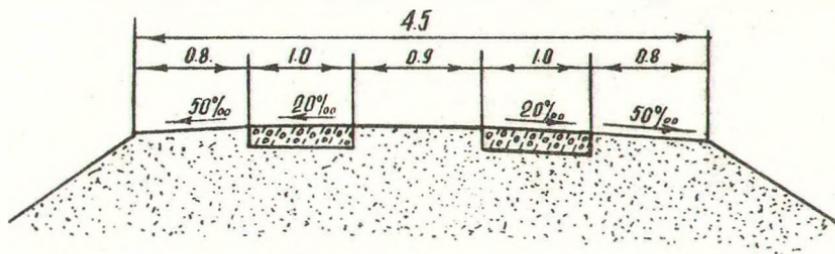
Нормы на 1000 м² покрытия

Таблица 2-23

№ п/п	Наименование элементов затрат	Един. изм.	Двойная поверхностная обработка	
			с применением материала	
			щебня	гравия
			толщиной слоя в мм	
			25	25
1.	Затраты труда	ч-д	3,56	3,57
2.	Заработная плата	руб.	10,4	10,4
3.	Автогудронаторы	м-см	0,33	0,35
4.	Распределители каменной мелочи (с автомашиной)	"	0,31	0,4
5.	Катки самоходные 10 т	"	0,82	0,82
6.	Прочие машины (щетки дорожные, автомашины ЗИЛ-150, гудронатор ручной передвижной)		0,3	0,32
7.	Битум	руб.	3,3	-
8.	То же, жидкий	"	0,93	4,54
9.	Гравий 5-20 мм	м ³	-	31,6
10.	Щебень 10-20(25) мм	"	25	-
11.	То же, 5-10 мм	"	16,3	-
12.	Прочие материалы	руб.	0,45	0,45
	Вес материалов	т	64	59,9
	Дополнительные нормы на применение битумной эмульсии:			
	1. Автогудронаторы	м-см	0,09	0,09
	2. Эмульсия битумная	т	5,38	5,77
	Вес материалов	т	1,15	1,23

Примечание . При применении битумной эмульсии из табл.2-23 следует исключить битум и добавить ресурсы по дополнительным нормам табл.2-23.

Тип У1. Колейное покрытие из железобетонных плит



Колейное железобетонное покрытие лесовозных дорог собирают из прямоугольных железобетонных плит, которые укладывают длинной стороной по направлению движения и образуют колесопроводы — панели.

Техническая характеристика плит, принятых для устройства колейного покрытия приведена в табл.2-27.

Минимальные размеры элементов поперечного профиля одноколейного покрытия из железобетонных плит для автомобилей ЗИЛ-164, МАЗ-501, КраЗ-214 приведены в табл.2-24.

Таблица 2-24

Марки автомобилей	Колея задний колес в м	Размеры элементов поперечного профиля			
		ширина колесопровода	расстояние между внутренними гранями колесопровода	ширина обочины	ширина земляного полотна
ЗИЛ-164	1,74	1,00	0,74	0,80	4,34
МАЗ-501	1,92	1,00	0,92	0,80	4,52
КраЗ-214	2,03	1,00	1,03	0,80	4,63

Состояние kolejного железобетонного покрытия в значительной степени зависит от качества подготовки основания. Чем тщательнее подготовлено основание для укладки плит, тем выше ездовые качества покрытия и тем меньше затраты ручного труда на его устройство. Основания могут быть естественными и искусственными. При естественных основаниях плиты укладываются непосредственно на спланированный грунт земляного полотна. Искусственное основание — это слой песка или других дренирующих материалов на поверхности земляного полотна. Наилучшим материалом для устройства основания являются крупнозернистые и гравийные пески. Они обладают небольшой капиллярностью, а несущая способность их при увлажнении почти не снижается.

На строящихся в настоящее время лесовозных дорогах с kolejным железобетонным покрытием подстилающий песчаный слой устраивается только на магистральных участках.

Из исследований, приведенных в работе Иванова Н.И., Зацепина А.Н. и др. "Проектирование дорожных одежд" видно, что минимальная толщина дренирующего слоя при крупных и средних песках должна быть не менее 2-3 кратной высоты капиллярного поднятия, а при мелких и загрязненных песках — еще больше. В соответствии с этим минимальная толщина искусственного основания из крупного песка принимает ся равной 10-12 см. Исходя из этого можно рассчитать толщину подсыпки при колебании модуля деформации основания от 100 до 250 кг/см².

При расчете толщины подстилающего слоя использованы известные методы расчета жестких дорожных одежд (11). Результаты расчета сведены в табл. 2-25.

При постройке веток покрытие обычно укладывается на сплани-

рованное земляное полотно, за исключением глинистых грунтов.

Основание для укладки плит на усах подготавливается с минимальными затратами.

Расход материалов, необходимые трудовые затраты и механизмы при устройстве колеяного железобетонного покрытия на песчаных и супесчаных грунтах приведены в табл.2-26.

Таблица 2-25

Категория дороги	Модуль деформаций основания кг/см ²	Модуль деформации материала кг/см ²	Толщина слоя, см		
			ЗИЛ-164	МАЗ-501	КрАЗ-214
Магистраль	100	400	40	46	50
I, II и III категории	150		30	32	34
	200		20	22	23
	250		10	10	10

Необходимые ресурсы для устройства колесопровозов из железобетонных плит

Состав работы. 1. Планировка земляного полотна. 2. Уклад на дренарующего слоя (графа "б"). 3. Укладка железобетонных плит с закладкой деревянных вкладышей (графа "а"). 4. Засыпка междуколеяного пространства и присыпка обочин дренарующим грунтом. 5. Погрузка материалов и разгрузка их на месте работ.

Нормы на измерители, указанные в таблице

Таблица 2-26

№ п/п	Наименование элементов затрат	Един. изм.	Колесопроводы на песчаных и супесчаных грунтах	Разъезды
			на I км (2 ленты)	на I разъезд
			а	б
1.	Затраты труда	ч-д	257	9,2
2.	Заработная плата	руб.	820	29,1
3.	Автомобили бортовые 4 т с краном	м-см	56	I, II
4.	Автогрейдеры тяжелые	"	1,5I	0,07
5.	Автопогрузчики 3 т	м-см	-	0,17
6.	Краны автомобильные 3 т	"	-	0,5I
7.	Прочие машины	руб.	10,6	3,8
8.	Дренарующий грунт	м ³	по проектным данным	-
9.	Бруски I с. 50-60 мм	"	4,12	-
10.	Бруски и брусья II с. 75 мм и более	"	-	20
II.	Прочие материалы /фтористый натрий, краситель, битум, болты, скобы и др.)	руб.	6,1	18,4

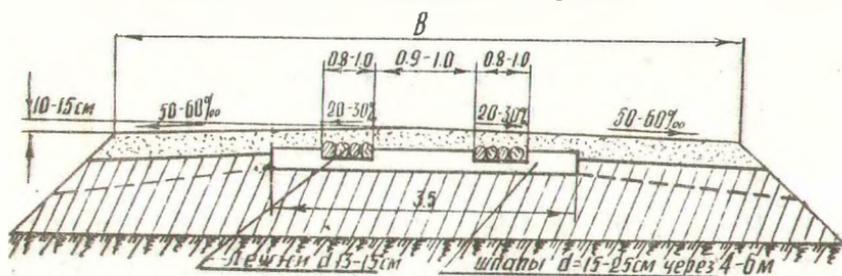
Техническая характеристика железобетонных плит, принятых для колеинового покрытия под автомобили ЗИЛ-164, МАЗ-501 и КраЗ-214

Таблица 2-27

Конструкция плит	Конструкция стыкового соединения	Размеры плиты			Качество материала	
		длина	ширина	толщина	марка бетона	марка стали
Решетчатые с обычной арматурой	Горизонтальная деревянная шпонка	2,50	1,00	0,14	300	3
	"	2,50	1,00	0,16	300	3

Конструкция плит	Расход материалов на 1 м ² плиты		Вес плиты, т	Предельная нагрузка на колесо, т	Расчетный автомобиль
	бетона м ³	стали, кг			
Решетчатая с обчной арматурой					
тип I	0,10	8,95	0,63	4	ЗИЛ-164
тип II	0,11	12,25	0,70	7	МАЗ-501 КрАЗ-214

Тип УП. Деревянно-грунтовое покрытие



Этот тип дорожной одежды находит применение в местах, где в районе транспортного освоения лесосырьевой базы отсутствуют дорожно-строительные материалы, и там, где невозможно получить органические или минеральные вяжущие материалы для стабилизации грунтов.

При проектировании деревянно-лежневых дорог конструкции Гипролестранса учитывается возможность совместной работы верхнего строения покрытия с грунтовым основанием земляного полотна. При этом последнее должно быть сооружено с обязательным соблюдением всех требований технических условий.

Дорожные одежды конструкции Гипролестранса разработаны в зависимости от вида грунта земляного полотна (дренирующий и недре-

нирующий) и почвы, на которой проходит трасса дороги (заболоченные и незаболоченные). При наличии дренирующего грунта плиты колесопроводов из неокоренных и неокантованных бревен укладывают на грунт земляного полотна заподлицо с его поверхностью. В местах стыков кладут две шпалы, которые погружают на такую глубину, чтобы ездая панель, лежащая между стыками, опиралась непосредственно на грунт. Щиты на стыковых шпалах соединяют строительными болтами и крепят к шпалам строительными скобами. При строительстве колеяного покрытия на недренирующем грунте щиты колесопроводов и стыковые шпалы укладывают на песчаное основание. Верхнее строение пути утапливают в песок таким образом, чтобы поверхность щитов ездая панели была на уровне с поверхностью земляного полотна. В местах стыков укладывают на две, а три шпалы.

При плотном торфе земляное полотно отсцапывают прямо на его поверхность. Затем устраивают песчаное основание и укладывают стыковые шпалы и щиты ездая панелей. Если трасса дороги проходит по водонасыпному торфу, конструкция земляного полотна будет зависеть от высоты насыпи. При небольшой ее высоте автолежневую дорогу устраивают следующим образом. На поверхность торфа через 1000 мм укладывают лаги, сверху которых кладут косою настилу из кругляка диаметром больше 30 мм.

Поверхность настилу закрывают мхом на высоту не менее 50 мм. Затем отсыплют насыпь из дренирующего материала и приступают к устройству деревянного покрытия.

Деревянно-грунтовая дорога представляет собой засыпанное грунтом колеяное покрытие, укрепляемое слоем засыпки из крупнозернистых добавок (песок, щебень и гравий). В отдельных случаях грунт, используемый для засыпки деревянной конструк-

ции может быть стабилизирован органическими или минеральными вяжущими материалами.

Слой засыпки в значительной мере устраняет недостатки ледневых дорог открытого типа. Он должен удовлетворять определенным требованиям, главные из которых: износоустойчивость, водонепроницаемость или, наоборот, достаточная дренирующая способность, обеспечивающая при увлажнении связность и прочность. Засыпанный материал также следует хорошо уплотнять. В качестве засыпки деревянных колейных покрытий могут найти применение оптимальные грунтовые смеси и местные грунты, укрепленные органическими и минеральными вяжущими материалами. Толщина слоя засыпки делается не менее 10-15 см.

Расход основных материалов и необходимые ресурсы для строительства деревянно-грунтовых покрытий приведены в табл.2-28

Состав работы. 1. Планировка основания (графа "а-з", "к").

2. Рытье канавок (графы "а-з", "к").
3. Изготовление и укладка поперечных щитов (графы "а-з", "к").
4. Укладка лаг и косога настила из дровяного долготья (графа "и").
5. Настилка мха слоем 50 мм по настилу (графа "и").
6. Засыпка проезжей части дренирующим грунтом.
7. Погрузка и разгрузка материалов.

№ п/п	Наименование элементов затрат	Един. изм.	Дренирующие местные грунты				Недренирующие грунты				Слани на обочинах с плотным торфом под насыпью дорог	Разъезды на дорогах с колесопроводами
			Магистрали и ветки		Прямые участки и кривые радиусом 200 м и более	Кривые участки радиусом менее 200 м	Прямые участки и кривые радиусом 200 м и более	Кривые участки радиусом менее 200 м				
			Прямые участки и кривые радиусом 200 м и более	Кривые участки радиусом менее 200 м					для автомо билей грузоподъемностью в т			
			7	4	7	4	7	4	7	4		
			На I км колесопроводов в две ленты									
			а	б	в	г	д	е	ж	з	и	к
I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1.	Затраты труда	ч-д	210	200	234	222	267	265	297	291	79	21,4
2.	Заработная плата	руб.	610	581	680	670	760	750	850	830	214	62
3.	Автогрейдеры тяжелые	м-см	1,54	1,54	1,54	1,54	1,78	1,78	1,78	1,78	-	0,08
4.	Автомобили бортовые 7 т с краном	"	18,1	-	22,3	-	19,9	-	23,8	-	8,1	-
5.	То же, 4 т	"	-	14,6	-	18	-	16,1	-	19,3	-	1,82
6.	Автопогрузчики 3 т	м-см	3,19	2,58	3,91	2,77	3,76	3,02	4,35	3,52	-	0,32
7.	Краны автомобильные 3т	"	8,5	6,9	10,6	8,6	8,5	6,9	10,6	8,6	-	0,87
8.	Прицепы-ропуски 3 т	"	18,1	14,6	22,3	18	19,9	16,1	23,8	19,3	8,1	1,82

I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	II	I2	I3
9.	Прочие машины	руб.	22,6	22,9	26,1	26,1	23,8	25,4	27	28,6	-	1,19
10.	Бревна строительные III с. 140-240 мм	м ³	425	344	521	422	467	378	558	452	-	44,3
11.	Дрова	"	-	-	-	-	-	-	-	-	128	-
12.	Болты строительные	кг	1970	1810	2360	2200	1970	1810	2360	2200	-	130
13.	Дренарующий грунт /песок, гравий и др./		По проектным данным									
14.	М о х	"	-	-	-	-	-у	-	-	-	50	-
15.	Прочие материалы /битум, скобы, ерши и др.	руб.	64	63	65	63	94	93	95	94	-	10,1
Вес материалов		т	300	243	367	298	3 29	267	393	319	97	31,2

Примечание. При укладке колесопроводов на магистралях и ветках по основанию из привозных дренающих грунтов и на ветках по основанию из недренающих грунтов к нормам табл.2-28 добавляются дополнительные затраты по нормам табл.2-29.

№ пп	Наименование элементов затрат	Ед. изм.	Добавлять к графам табл. 2-28							
			Привозной дренирующий грунт				Недренирующий грунт			
			а		б		д		е	
			Магистралы и ветки				Ветки			
			Прямые участки и кривые радиусом 200 м и более	Кривые участки радиусом менее 200 м	Прямые участки и кривые радиусом 200 м и более	Кривые участки радиусом менее 200 м	Прямые участки и кривые радиусом 200 м и более	Кривые участки радиусом менее 200 м	Прямые участки и кривые радиусом 200 м и более	Кривые участки радиусом менее 200 м
а	б	в	г	д	е	ж	з			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1.	Затраты труда	ч-д	11,1	39	11	70	17,5	43,8	6,4	31
2.	Заработная плата	руб.	23	105	21,8	200	46	133	24	92
3.	Автогрейдеры тяжелые	м-см	1,48	1,48	1,48	1,48	-	-	-	-
4.	Автомобили бортовые 7 т с краном	"	-	-	-	-	0,6	4,5	-	-
5.	То же, 4 т	"	-	-	-	-	-	-	0,41	1,34
6.	Автопогрузчики 3 т	"	-	-	-	-	0,19	0,19	0,19	0,27
7.	Бульдозеры 100 л.с.	"	0,37	0,37	0,37	0,37	-	-	-	-
8.	Катки прицепные кулачковые 5 т	"	0,37	0,37	0,37	0,37	-	-	-	-

продолжение таблицы 2-29

I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	II
9.	Краны автомобильные 3 т	м-см	-	2,13	-	1,74	2,1	- 2,1	-	0,53
10.	Прицепы-ропуски 3 т	"	-	-	-	-	0,6	4,5	0,41	1,34
11.	Тракторы 100 лс.	"	0,37	0,37	0,37	0,37	-	-	-	-
12.	Прочие машины	руб.	-	3,52	-	3,22	0,12	3,34	0,12	3,34
13.	Бревна строительные Ш с. 140-240 мм	м ³	-	96	-	78	15,7	106	12,6	86
14.	Болты строительные	кг	-	390	-	390	-	390	-	390
15.	Прочие материалы	руб.	-	0,6	-	0,37	-	0,76	-	0,45
	Вес материалов	т	-	67	-	55	11	75	9	60

Выбор возможных типов дорожных одежд

Каждый из рассмотренных выше типов дорожных одежд имеет свои положительные и отрицательные свойства в зависимости от местных условий строительства.

Так грунтово-профилированные дороги могут быть успешно применены, когда дорога проходит по гравелистым или супесчаным грунтам, находящимся в первой гидрологической группе, ~~в~~ ^и при небольшом объеме перевозок, осуществляемом автомобилями типа ЗИЛ-164. Если трасса дороги проходит по тем же грунтам, но находящимся во второй гидрологической группе, то более подходящим типом дорожной одежды будет грунтовая, улучшенная скелетными добавками.

Если при тех же условиях имеется большой грузооборот, то при наличии в районе прохождения дороги гравийного материала в некоторых случаях выгодно проектировать дорожную одежду из гравия.

Гравийные одежды лучше служат во влажных районах и хуже в сухой местности.

При большом грузообороте, осуществляемом автомобилями МАЗ-501, а так же при прохождении дороги по более тяжелым грунтам и отсутствии в районе прохождения дороги каменных материалов в некоторых случаях выгодно для сравнения назначать дорожные одежды, построенные из грунта, укрепленного органическими или минеральными вяжущими.

Применение стабилизированных грунтов позволит обеспечить экономию в расходовании гравия, песка и щебня, что иногда удешевляет стоимость дорожной одежды и ускоряет темпы дорожно-строительных работ.

Преимущества стабилизированного грунта связаны не только со значительным уменьшением расхода каменных материалов, но и с большим сокращением перевозок по железной дороге, а также с уменьшением потребности в рабочей силе и механизмах, занятых на добыче и переработке дорожно-строительных материалов. Но это не означает, что каждый из разбираемых видов вяжущих материалов может во всех случаях обеспечить наиболее экономическое и рациональное решение при проектировании дорожной конструкции автомобильной лесовозной дороги. Поэтому при проектировании дороги и рассмотрении вариантов дорожной одежды должны быть учтены все возможные варианты.

При стабилизации грунтов жидкими битумами методом смешения на дорог е эффект в значительной мере зависит от климатических условий. Низкое качество дорожной одежды из грунтов, стабилизированных жидким битумом, получается в тех случаях, если они при плохих погодных условиях намокли и стабилизированный грунт до наступления осенне-зимнего периода не сформировался.

Учитывая, что следует рекомендовать применение жидких битумов для стабилизации грунтов только в районах с устойчивой погодой летом и особенно в местах с засушливым климатом.

Рациональный выбор типа вяжущего для стабилизации грунтов в значительной степени зависит от физико-химических свойств исходных грунтов, качества и количества местных каменных материалов и наличия необходимых дорожно-строительных материалов.

Для стабилизации грунтов известью и цементом важно, чтобы грунты сравнительно небольшой промежуток времени были сухими (на период перемешивания вяжущего с грунтом и уплотнения).

Процесс смешения минерального вяжущего и грунта требует мало времени, поэтому в районах, где летом погода неустойчивая, но

поверхность грунта быстро просыхает, для стабилизации грунтов может применяться известь и цемент.

В отношении температуры воздуха в летнее время почти нет никаких ограничений, так как стабилизация грунтов минеральными вяжущими может быть успешно проведена при любой положительной температуре воздуха.

Решающим фактором при выборе вяжущего материала часто является возможность рационального использования дорожных механизмов. Так для стабилизации грунтов жидким битумом способом смешения на дороге необходимо иметь автогудронатор, который применяется для розлива вяжущего материала. Для укрепления грунтов остальными видами вяжущего материала автогудронатор можно заменить ~~модулем~~ цистерной, смонтированной на автомобиле и снабженной трубой для распределения жидкости.

Существенное значение имеет также дабность перевозки выбранного вида вяжущего материала.

Наличие местных строительных материалов в большинстве случаев имеет решающее значение и при выборе типа покрытий, так как использование их позволяет значительно снизить стоимость строительства автомобильной лесовозной дороги.

В тех случаях, когда в районе постройки дороги имеются заводы железобетонных конструкций и дорога имеет большой грузооборот, следует рассмотреть вопрос о целесообразности применения в качестве покрытия железобетонных дорожных плит. Возможную дальность перевозки плит лучше всего устанавливать на основе технико-экономических расчетов.

Применение сборного железобетона для строительства автомобильных лесовозных дорог, по расчетам ЦНИИМЭ, экономически оправдывается при освоении крупных лесных массивов и годовом объе-

не вывозки не менее 200 тыс. м³. Учитывая возможность перекладки плит, применение сборного железобетона более эффективно на ветках.

Дерево-грунтовое покрытие целесообразно использовать только в тех случаях если невозможно применить указанные типы покрытия. Это объясняется тем, что на строительство деревянно-лежневых покрытий требуется большое количество древесины, строительство их не механизировано и стоимость по стройки очень высока. Кроме того, такие дорожные одежды при вывозке древесины тяжелыми автомобилями приходится часто ремонтировать. Окончательный выбор того или иного типа дорожной одежды должен быть обоснован технико-экономическим расчетом, в основу которого положены известные принципы.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Бабков В.Ф. Устойчивость земляного полотна автомобильных дорог. М., "Высшая школа", 1966.
2. Бабков В.Ф. Грунтоведение и механика грунтов. Изд-во Гумосдора МВД СССР, М., 1950.
3. Бируля А.К. Проектирование ие автомобильных дорог. С.И., М., Автотрансиздат, 1961.
4. Буверт В.В. и др. Сухопутный транспорт леса. т. I, М-Л., Гослесбумиздат, 1960.
5. Иванов Н.Н.,
Зацепин А.Н.,
Корсунский М.Б. Проектирование дорожных одежд. Автотрансиздат, 1955.
6. Инструкция по назначению конструкций дорожных одежд нежесткого типа. М., Автотрансиздат, 1954.
7. Ильин Б.А. О величине уширения проезжей части и земляного полотна лесовозных автомобильных дорог на кривых участках пути. Труды ВЗЛТИ, 6. Л., 1960.
8. Ильин Б.А. Теория проектирования лесовозных дорог. ч. I и II, 1963, 1964.
9. Кувалдин Б.А.,
Морозов С.И. Проектирование лесовозных автомобильных дорог. М., Гослесбумиздат, 1962.
10. Леонович И.И. Автомобильные лесовозные дороги. Изд-во "Высшая школа", 1965.
11. Леонович И.И. Графики и таблицы для расчета дорожных одежд. Минск, 1968.
12. Леонович И.И. Определение ширины проезжей части автомобильных лесовозных дорог. Сб. трудов БТИ им. С.М. Кирова. Изд-во "Высшая школа", Минск, 1964.

13. Лукьянов В.С. Методика расчета глубины промерзания грунтов. Трансжелдориздат, 1951.
14. Попов Д.А. и др. Сухопутный и транспорт леса. М., Гослесбуиздат, 1963.
15. Пузаков Н.А. Водно-тепловой режим земляного полотна автомобильных дорог. Автотрансиздат, М., 1960.
16. Регулирование водного режима дорожных оснований. Труды ДорНИИ, вып.У1. Дориздат, М., 1946.
17. Сиденко В.М. Расчет и регулирование водно-теплого режима дорожных одежд и земляного полотна. Автотрансиздат, 1962.
18. Сиденко В.М., Возвышение бровки земляного полотна над Фридиев С.А. уровнем грунтовых вод в южных районах. Журнал "Автомобильные дороги" № 4, 1967.
19. Скрипов Н.И. Сборное железобетонное покрытие на лесовозных дорогах. Гослесбуиздат, 1962.
20. Справочник по климату СССР. Вып.7. Гидрометеиздат, М., 1965.
21. С троительные нормы и правила. Стройиздат. 1965, ч.4, Сметные нормы. т.5, вып.1.
22. Технические указания по проектированию лесоваготовительных предприятий. Гипролестранс, 1964.
23. Типовые проекты сооружений на автомобильных дорогах. Вып.14. М., Автотрансиздат, 1965.
24. Яковлев А.В. Сборно-разборные железобетонные дорожные покрытия. М., Изд-во по строительству и архитектуре, 1958.

О Г Л А В Л Е Н И Е

	Стр.
В в е д е н и е	3
РАЗДЕЛ I. Расчеты земляного полотна автомо- бильных лесовозных дорог	5
1. Земляное полотно автомобильных лесовозных дорог	13
2. Удельное влагонакопление в зависи- мости от типа местности по увлажнению	21
3. Определение глубины промерзания грунтов земляного полотна	28
4. Расчет высоты насыпи	62
5. Ширина земляного полотна и выбор числа полос движения на автомобиль- ных лесовозных лесовозных дорогах	66
6. Расчет устойчивости земляного полотна	77
7. Вираз и его расчет	83
8. Расчет уширения на автомобильных лесовозных дорогах	87
9. Расчет объемов земляных работ	92
10. Примеры расчета параметров земляного полотна	106
РАЗДЕЛ II. Рекомендации по проектированию и строительству дорожных одежд	III
Тип I. Грунтовые дороги профилирован- ные, улучшенные скелетными добавками	II6
Тип II. Гравийное покрытие полукорытного профиля	I20
Тип III. Грунтовое покрытие, обработанное битумом	

	Стр.
Тип IУ. Грунтовое покрытие, обработанное цементом	126
Тип У. Грунтовое покрытие, обработанное известью	130
Тип УІ. Колейное покрытие из железобетонных плит	134
Тип УІІ. Деревянно-грунтовое покрытие	138
Выбор возможных типов дорожных одежд	145
Л и т е р а т у р а	149

ЛТ № 20615. Подписано к печати 31 XII 1968 г. Формат 60x84¹/₁₆.
Объем 7,5 печ.л. 6,8 уч.-изд.л. Тираж 500. Зак. I. Цена 22 коп.

БПН, Минск, Ленинский пр., 65