

**Ю.Г. Бабаскин
И.И. Леонович**

ТЕХНОЛОГИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА ДОРОГ. ПРАКТИКУМ



Ю.Г. Бабаскин
И.И. Леонович

ТЕХНОЛОГИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА ДОРОГ. ПРАКТИКУМ

*Допущено Министерством образования Республики Беларусь
в качестве учебного пособия для студентов высших учебных заведений
по специальности «Экономика и организация производства
(автодорожное хозяйство)»*

УДК 625.7/8(076.5)

~~ББК 39.311я7~~

Б 12

Рецензенты:

кафедра «Транспорт леса»

Белорусского государственного технологического университета;

д-р техн. наук, проф. *Н.П. Вырко*, канд. техн. наук *М.Т. Насковец*;

канд. техн. наук *С.Е. Кравченко* – директор

Республиканского дочернего унитарного предприятия

Белорусский дорожный научно-исследовательский институт «Белдорнии»

Бабаскин, Ю.Г.

Б 12 Технология строительства дорог. Практикум: учебное пособие / Ю.Г. Бабаскин, И.И. Леонович. – Минск: БНТУ, 2010. – 363 с.

ISBN 978-985-525-063-1.

Цель данного издания – оказание помощи студентам специальности 1-27 01 01 «Экономика и организация производства (автодорожное хозяйство)» при изучении дисциплины «Технология строительства дорог», а также обеспечение студентов учебной литературой при решении практических задач на учебных занятиях. Содержит условия задач, варианты исходные данные, задания к практическим задачам, примеры их решения и справочную информацию. Включает 36 практических задач по основным разделам проектов организации строительства, производства работ при строительстве автомобильных дорог. Материал изложен системно, благодаря чему обеспечивает последовательное изучение строительства автомобильных дорог по следующим разделам: «Инженерно-геологическое, инженерно-гидрометеорологическое, технико-экономическое обоснования», «Подготовительные работы», «Сооружение земляного полотна», «Строительство дорожной одежды и искусственных сооружений», «Организация строительного производства».

УДК 625.7/8(076.5)

ББК 39.311я7

ISBN 978-985-525-063-1

© Бабаскин Ю.Г.,

Леонович И.И., 2

© БНТУ, 2010

ВВЕДЕНИЕ

Автомобильные дороги являются важнейшим богатством государства. В Республике Беларусь они начали развиваться одновременно с развитием автомобильного транспорта. На начальном этапе это были грунтовые грунтово-гравийные дороги, мощенные булыжным камнем шоссе. До Октябрьской революции (1917 г.) в Беларуси насчитывалось 2041 км дорог с твердым покрытием (щебеночные шоссе и булыжные мостовые). В 30-е годы XX столетия были построены участки на дороге Ленинград–Гомель с покрытием из клинкера, велись эксперименты по использованию цемента и битума для укрепления грунтов, в том числе и битумных эмульсий. На начало 1941 г. в республике было 12550 км с твердым покрытием и 219 км с усовершенствованным. Немецко-фашистские захватчики нанесли большой ущерб дорожному хозяйству. Они сожгли и взорвали 23800 п. м мостов, разрушили 2226 км дорог с твердым покрытием, уничтожили 590 дорожных зданий объемом 168 тыс. м³.

После Великой Отечественной войны дорожное хозяйство было быстро восстановлено и получило свое дальнейшее развитие. К 1957 г. уже насчитывалось 13490 км дорог с твердым покрытием. Указами президента Верховного Совета СССР (26.11.1958) и Президиума Верховного Совета БССР (10.04.1959) узаконен переход от индивидуального привлечения сельского населения к строительству, ремонту и содержанию дорог, к широкому участию в этом деле государственных и кооперативных предприятий и организаций. На автомобильных дорогах Минск–Могилев, Минск–Дзержинск и других направлениях начались последовательно вестись работы по строительству дорог повышенной классности, с асфальтобетонным покрытием. В 1965 г. все дороги и дорожные организации Беларуси были объединены в одно ведомство – Главное управление шоссейных дорог при Совете Министров БССР, которое в конце 1973 г. было преобразовано в Министерство строительства и эксплуатации автомобильных дорог (существовало до 1994 г.). В настоящее время существует департамент «Белавтодор» Министерства транспорта и коммуникаций Республики Беларусь. Значительным событием в дорожном деле было строительство магистральной автомобильной дороги Брест–Минск с цементобетонным покрытием. В дальнейшем системно и последовательно велось строительство во всех регионах республики – строились дороги союзного, республиканского и районного значения. С 1983 г. дороги общего пользования были разделены на республиканские и местные. Причем по конструктивным параметрам как республиканские, так и местные разбиты на категории I, II, III, IV, V, VIa, VIб. Эта классификация сохранилась и в настоящее время (ТПК 45–3.03–19–2000. «Автомобильные дороги. Нормы проектирования»).

По состоянию на 1 января 2009 г. сеть автомобильных дорог Республики Беларусь характеризуется данными, приведенными в таблице.

Характеристика автомобильных дорог Республики Беларусь

	Территория, тыс. км ²	Протяженность автомобильных дорог общего пользования, км							
		Республиканские			Местные			Общая протяженность	
		км	% от общей протяженности дорог		км	% от общей протяженности дорог		км	% от общей протяженности дорог в стране
			в области	в стране		в области	в стране		
Брестская область	32, 8	2320	22	15	8357	78	12	10677	13
Витебская область	40, 1	2977	17	19	14512	83	21	17489	20
Гомельская область	40, 4	2265	18	15	10148	82	15	12413	15
Гродненская область	25, 1	2127	18	14	10782	82	16	12909	15
Минская область	40, 1	3306	19	21	16097	81	22	19403	23
Могилевская область	29, 1	2481	20	16	10296	80	14	12777	14
Республика Беларусь	207, 6	15476	18		70192	82		85668	100

Особое значение для экономики Беларуси имеют межгосударственные автомагистрали, в том числе трансъевропейские транспортные коридоры.

В соответствии с решением рабочей группы Комиссии Европейских сообществ по развитию транспортных коридоров (Брюссель, 1993 г.), в трансъевропейские коридоры II и IX (Критские коридоры) включены следующие автомобильные дороги Республики Беларусь:

- коридор II (протяженность 610 км):
автомобильная дорога М-1/Е30 Брест (Козловичи)–Минск–граница Российской Федерации (Редьки) (0-й км–610-й км);
- коридор IX (протяженность 925 км):
автомобильная дорога М-8 граница Российской Федерации (Езерище)–Витебск–Гомель–граница Украины (Новая Гута) (протяженность 456 км);
- ответвление коридора IX В (протяженность 468 км):
автомобильная дорога М-5 Минск–Гомель;
автомобильная дорога М-6 Минск–Гродно;
автомобильная дорога М-7 Минск–Ошмяны–граница Литовской Республики (Каменный Лог);

Транспортный коридор II имеет продолжение на запад в направлении Варшава–Берлин, на восток – до Москвы, на Нижний Новгород и далее – на восток Российской Федерации.

Транспортный коридор IX имеет продолжение от границы с РФ на Псков, Санкт-Петербург–Хельсинки–Стокгольм, от границы Республики Беларусь с Украиной – на Киев, Одессу, порт Ильичевск и далее до границы с Молдовой на Дубоссары–Кишинев, Унгень (границу с Румынией).

Их протяженность в пределах Беларуси более 1600 км.

На 1000 км² территории республики приходилось 413 км автомобильных дорог, на 1000 жителей – 8,6 км. Плотности общего пользования по областям были равны (км/1000 км²): Брестская – 326, Витебская – 434, Гомельская – 306, Гродненская – 520, Минская – 483, Могилевская – 439. Автомобильные дороги в Беларуси имеют различные покрытия. Твердые покрытия по состоянию на 01.01.2008 имели 73 954 км (86,3 %) дорог общего пользования, в том числе республиканские – 15 432 км (100 %), местные – 58 522 км (83,3 %). Прирост протяженности автомобильных дорог с твердым покрытием за 2008 год составил 867 км, с усовершенствованным – 613 км. Протяженность грунтовых дорог в системе местной сети за 2007 год возросла на 1190 км за счет принятия в сеть дорог общего пользования ряда сельскохозяйственных дорог и подъездов к садоводческим кооперативам и составила в итоге 11 743 км (20 %).

На республиканских дорогах усовершенствованные покрытия составляют 98 %, на местных – около 50 %, на переходных – 40 %. На сети дорог общего пользования эксплуатируются более 5285 мостов и путепроводов протяженностью около 176146 п. м, в том числе на республиканских дорогах – 2222 моста протяженностью 97235 п. м и на местных дорогах – 3063 моста протяженностью 78911 п. м. Водопрпускных труб различных конструкций на сети дорог общего пользования насчитывалось 93406 шт. общей длиной 1347418 п. м, в том числе на республиканских дорогах – 21448 шт. (401349 п. м) и на местных дорогах – 71958 шт. (946069 п. м).

Работы в дорожной отрасли ведутся планомерно в соответствии с Государственной программой «Дороги Беларуси» на 2006–2015 гг., утвержденной Советом Министров Республики Беларусь. Предусмотрено дальнейшее развитие сети и повышение технических и технико-эксплуатационных характеристик автомобильных дорог путем реконструкции наиболее напряженных в транспортном отношении участков дорожной сети, проведение систематических работ по содержанию, капитальному и текущему ремонту дорог и мостов, обустройству дорог средствами безопасности движения, придорожного сервиса и архитектурно-художественных композиций. Дорожные организации республики активно участвуют также в выполнении Государственной программы возрождения села, развитию улично-дорожной инфраструктуры больших и малых городов, сельских населенных пунктов, благоустройства объектов транспортного, промышленного и сельскохозяйственного назначения.

Огромные по социально-экономической значимости, крупномасштабные по материально-техническим, энергетическим и финансовым затратам и сложные в организационно-управленческом отношении дорожные работы требуют

со стороны инженерно-технического персонала дорожной отрасли весьма взвешенных проектных и технологических решений. Современный инженер дорожной организации любого профиля и уровня подготовки должен быть профессионалом в широком смысле слова, обладать умением находить оптимальные решения, творчески использовать накопленный опыт, новейшие достижения науки и техники, быть реальным проводником инноваций в своей трудовой деятельности.

При подготовке инженеров по специальности «Экономика и организация производства (автодорожное хозяйство)» учебным планом предусмотрено изучение более 50 различных дисциплин. Можно полагать, что качественное их освоение студентами есть тот фундамент профессионализма, который требуется.

Технология дорожного строительства изучается студентами факультета транспортных коммуникаций на старших курсах. Информационно-методическое обеспечение этой дисциплины является важнейшей педагогической проблемой. Частичное ее решение – издание учебного пособия по технологии дорожного строительства в примерах и задач. Пособие состоит из 8 разделов и 36 примеров решения практических задач. Комплекс этих задач охватывает весь программный материал, а система изложения представлена с учетом методологии решения аналогичных задач в проектах производства работ (ППР), проектах организации строительства (ПОС). При этом учтены действующие в настоящее время нормативные документы, использующиеся машины и новейшие технологии.

Пособие предназначено для студентов специальности «Экономика и организация производства (автодорожное хозяйство)». Может быть использовано студентами специальностей «Автомобильные дороги», «Подъемно-транспортные, строительные, дорожные машины и оборудование», а также обучающимися в системе повышения квалификации и переподготовки инженерно-технических кадров дорожной отрасли и даже учащимися средних специальных учебных заведений дорожного профиля.

При подготовке рукописи были учтены опыт организации учебно-воспитательного процесса на кафедре «Строительство и эксплуатация дорог», научные разработки и методические подходы, которые культивируются в лекционной и практической работе сотрудниками кафедры «Строительство и эксплуатация дорог».

Замечания и предложения по данному изданию высылайте по адресу: Проспект Независимости, 65, 220013, Минск, БНТУ, кафедра «Строительство и эксплуатация дорог».

ИНЖЕНЕРНО-ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ

Практическая работа № 1

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ПРОСТОЕВ ПО МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИМ УСЛОВИЯМ И ПОСТРОЕНИЕ ГРАФИКА КЛИМАТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК

Введение

При строительстве и эксплуатации автомобильных дорог необходимо учитывать влияние погодных-климатических факторов. Ни один другой вид работ не находится в такой зависимости от температуры окружающего воздуха, выпадающих осадков, солнечной радиации, воздействия химических реагентов в зимний период, как дорожное строительство. Поэтому при проектировании и создании автомобильных дорог необходимо учитывать среднемесячную температуру окружающего воздуха, количество выпадающих осадков, направление и скорость ветровых потоков, снегозаносимость и характер местности, глубину залегания грунтовых вод, наступление периода с отрицательными температурами, началом оттаивания грунта (что вызывает весеннюю распутицу) и другие факторы.

Технология проведения дорожно-строительных работ разрабатывается с учетом климатических условий местности.

При выполнении земляных работ необходимо определять периоды весенней и осенней распутицы, когда грунт насыщается избытком воды от растаявшего снега и затрудняет работу землеройной техники и автомобильного транспорта, перевозящего грунт.

Устройство оснований и покрытий из грунтов, укрепленных минеральными и органическим вяжущими материалами, следует осуществлять при температуре не ниже $+5^{\circ}\text{C}$. Окончание работ с использованием вяжущих материалов связано с наступлением среднесуточной температуры $+10^{\circ}\text{C}$ для органических вяжущих и $+5^{\circ}\text{C}$ для минеральных.

Температура окружающего воздуха влияет на интенсивность остывания горячей асфальтобетонной смеси, следовательно, и на длину полосы укладки смеси и технологию ее уплотнения.

При работе с цементобетоном следует учитывать возможность замерзания воды, необходимой для гидратации цементных зерен. От этого будет зависеть качество бетона, его морозостойкость и долговечность.

Задание

1. Построить розу ветров для указанной в исходных данных метеостанции.
2. Рассчитать даты начала и конца весенней распутицы.
3. Построить график климатических характеристик.

Для расчета используются исходные данные, представленные в табл. III.

Пример расчета

Исходные данные

- | | |
|--------------------------------------|----------------|
| 1. Вариант – | 26. |
| 2. Район строительства – | Минская обл. |
| 3. Расположение метеостанции – | Березино. |
| 4. Продолжительность строительства – | 12 мес. |
| 5. Начало строительства – | апрель. |
| 6. Наименование грунта – | супесь легкая. |

Порядок расчета

1. Определяют повторяемость направления ветра. Заполняют табл. 1.1 с учетом исходных данных ветрового режима местности, представленного в табл. П-25 на с. 162–167 [44].

Таблица 1.1

Повторяемость направления ветра (%) для г. Березино

Направление	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ
январь	8	10	7	14	17	18	15	13
июль	11	10	8	7	11	13	21	21

Повторяемость направления ветра оценивается методами математической статистики, а полученные за рассматриваемый период (например, месяц) результаты выражаются в процентах от общего количества наблюдений. При отсутствии необходимых данных для данной метеостанции допускается выбор данных, характерных для областного центра.

Режим ветра в рассматриваемом месте для определенного периода времени изображают в виде розы ветров, которая представляет собой круговую диаграмму. В розе ветров повторяемость ветра выражается в виде отрезка, взятого в масштабе и отложенного в направлении частей света.

2. Выражают режим ветра в виде розы ветров. На отдельном листе выполняют в масштабе розу ветров для января и июля (рис. 1.1).

3. Определяют среднемесячную температуру для данного района строительства. Заполняют табл. 1.2 с учетом исходных данных по среднемесячной температуре воздуха, представленной в табл. П 1.3 на с. 404, 405 [44].

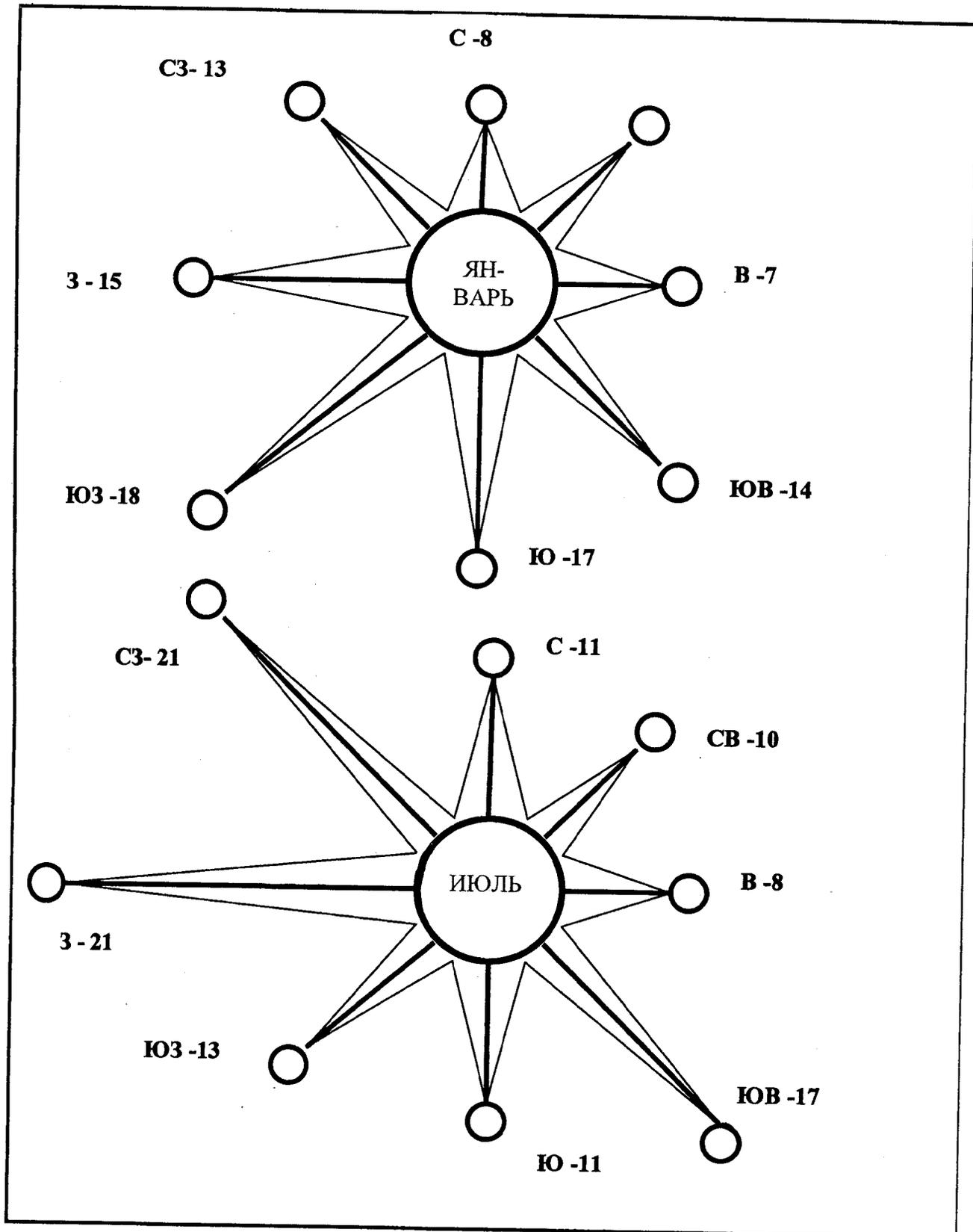


Рис. 1.1. Роза ветров

Средняя температура наружного воздуха
по месяцам для метеостанции г. Березино

Месяц	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь	январь	февраль	март
$T, ^\circ\text{C}$	5,9	13,1	16,5	17,9	16,5	11,7	5,8	0,2	-4,4	-6,9	-6,2	-1,7

4. Определяют даты наступления средних суточных температур воздуха выше определенных пределов. Заполняют табл. 1.3 с учетом исходных данных по датам, представленным в табл. П-7, с. 122–127 [44].

Таблица 1.3

Даты наступления средних суточных температур воздуха выше
определенных пределов для метеостанции г. Березино

$T, ^\circ\text{C}$	$0 ^\circ\text{C}$	$5 ^\circ\text{C}$	$10 ^\circ\text{C}$	$15 ^\circ\text{C}$
Даты	27/III	13/IV	28/IV	30/VI
перехода	15/XI	18/X	25/IX	29/VIII

5. Определяют сумму осадков по декадам и месяцам. Заполняют табл. 1.4 с учетом исходных данных, представленных в табл. П-18 на с. 148–153 [44].

Таблица 1.4

Сумма осадков по декадам и месяцам
для метеостанции г. Березино

Месяц	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь	январь	февраль	март
I декада	13	17	24	27	27	23	23	16	18	13	13	12
II декада	14	18	25	28	27	18	18	15	17	13	13	12
III декада	15	22	27	29	28	18	17	16	16	13	13	13
Осадки, мм	42	57	76	84	82	59	58	47	51	39	39	37

6. Строят график климатических характеристик, который состоит из двух частей: верхней (изображающей изменение температуры и количества осадков по месяцам) и нижней (изображающей периоды выполнения отдельных видов работ).

Вначале строят верхнюю часть графика. Для этого на отдельном листе миллиметровой бумаги формата А-4 вычерчивают оси: вертикальную, на которой обозначают температуру и количество осадков, горизонтальную с обозначением месяцев за весь период строительства.

На полученном графике определяют даты перехода температуры через 0 °С, +5 °С и +10 °С.

7. Определяют периоды распутицы, которые ограничивают простои по метеорологическим условиям.

7.1. Определяют дату начала весенней распутицы по формуле

$$Z_{\text{н}}^{\text{в}} = T_1 + \frac{5}{a} = 30.03 + \frac{5}{2,5} = 2.04,$$

где T_1 – дата перехода температуры воздуха через 0 °С;

a – климатический коэффициент, характеризующий скорость оттаивания грунта ($a = 2,5$ см/сут);

5 – размороженный слой грунта, с которого начинается распутица, см.

7.2. Определяют дату конца весенней распутицы по формуле

$$Z_{\text{к}}^{\text{в}} = Z_{\text{н}}^{\text{в}} + \frac{0,7h_{\text{пр}}}{a} = 2.04 + \frac{0,7 \cdot 1,23}{0,025} = 6.05,$$

где $h_{\text{пр}}$ – среднемаксимальная глубина промерзания почвы:

$$h_{\text{пр}} = a_0 \sqrt{M_t},$$

где $a_0 = 0,34$ для крупнообломочных грунтов;

$a_0 = 0,30$ для песков гравелистых, крупных и средней крупности;

$a_0 = 0,28$ для супесей, песков мелких и пылеватых;

$a_0 = 0,23$ для суглинков и глин;

M_t – коэффициент, численно равный сумме абсолютных значений средне-месячных отрицательных температур за зиму см. табл. 1.2:

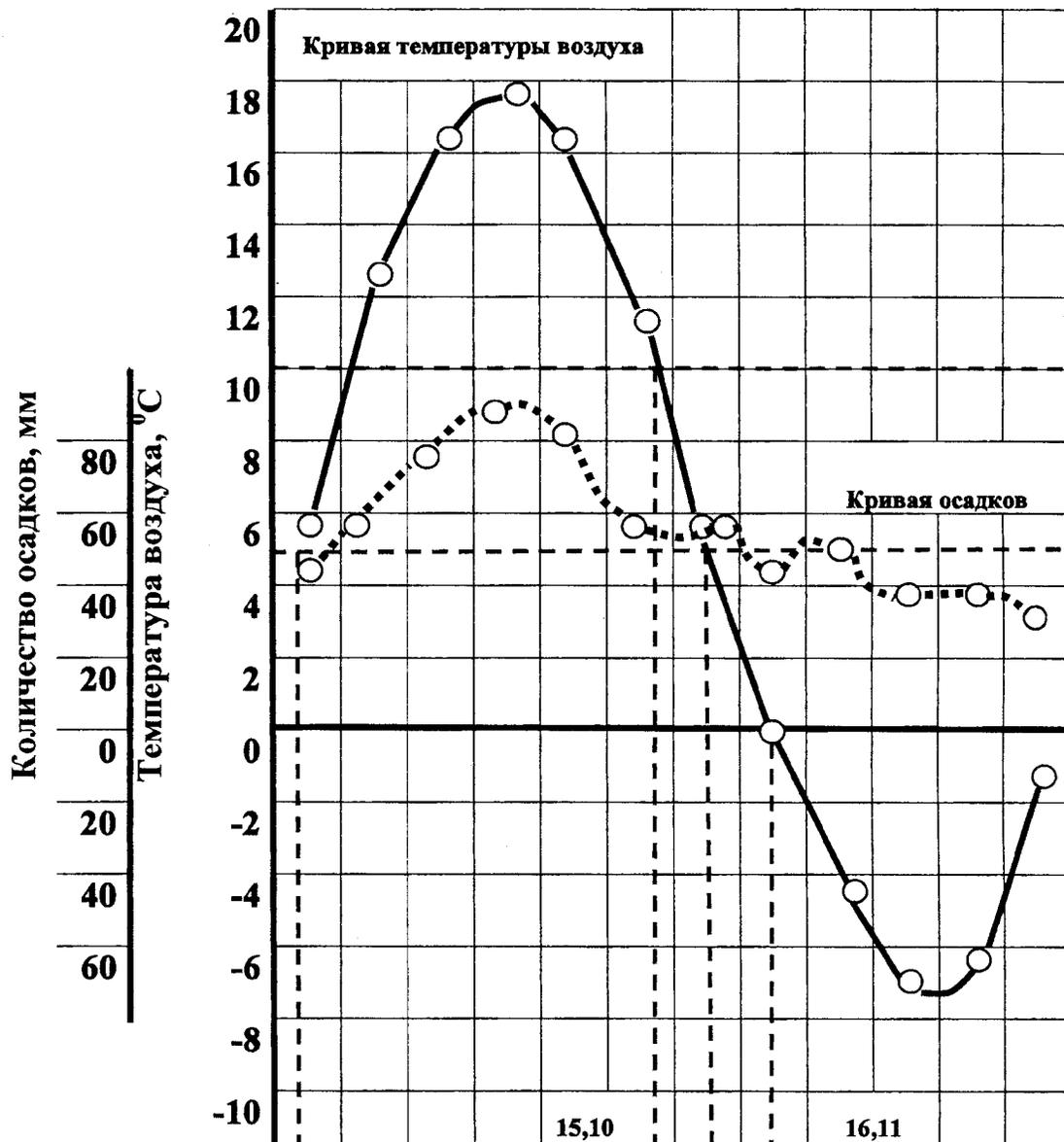
$$M_t = |4,4 + 6,9 + 6,2 + 1,7| = 19,2;$$

$$h_{\text{пр}} = 0,28 \sqrt{19,2} = 1,23.$$

7.3. Дата начала осенней распутицы определяется по среднесуточной температуре воздуха в пределах от +3 °С до +5 °С, а дата окончания – по дате перехода через 0 °С в осенний период.

Начало осенней распутицы – 15.10 (определяем по климатическому графику местности, рис. 1.2).

Окончание осенней распутицы – 16.11.



Месяцы	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III
Простои по метеоусловиям	■							■				
Линейные работы		■	■	■	■	■	■					
Работы с органическими вяжущими		■	■	■	■	■	■					
Работы с минеральными вяжущими		■	■	■	■	■	■					
Сосредоточенные работы		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

Рис. 1.2. График климатических характеристик

При строительстве участка автомобильной дороги в Минской области в течение 12 месяцев, начиная с апреля, необходимо учитывать, что осенняя распутица наступает 15 октября и заканчивается 16 ноября.

Весенняя распутица наступает 2 апреля и заканчивается 6 мая. В эти периоды выполнять дорожные работы нецелесообразно.

Построенная роза ветров свидетельствует о том, что для района строительства преобладающим направлением в повторяемости ветра в январе является юго-запад, а в июле – запад и северо-запад.

ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ

Практическая работа № 2

ОТРАЖЕНИЕ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ С ПОМОЩЬЮ СТРАТИГРАФИЧЕСКОЙ КОЛОНКИ И ГЕОЛОГИЧЕСКОГО РАЗРЕЗА

Введение

Геологической называют такую карту, на которой удален покров четвертичных континентальных отложений. В основе составления карт лежат литолого-стратиграфический и структурный принципы, в соответствии с которыми все горные породы рассматриваются с учетом условий и времени происхождения, последующего преобразования и взаимных связей в пространстве. Поэтому важнейшей задачей является определение относительного возраста горных пород. Среди существующих методов определения возраста наиболее распространенными являются: стратиграфический, петрографический, палеонтологический и радиоактивный.

Стратиграфический метод (от лат. «стратум» – слой) заключается в изучении взаимоотношений слоев друг с другом. Чем выше залегает пласт, тем он моложе. Этот принцип справедлив для условия ненарушенного залегания.

Петрографический (или литологический) метод основан на сравнении горных пород по их составу и особенностям строения.

Палеонтологический метод заключается в изучении остатков животных организмов (фауны) и растений (флоры) в породах. Слои, содержащие одинаковую флору и фауну, одновозрастны.

Радиоактивный метод основан на том, что радиоактивный распад происходит практически с неизменной скоростью. Этот метод является наиболее точным.

При составлении стратиграфической колонки необходимо указать принадлежность породы к тому или иному геологическому времени (табл. 2.1).

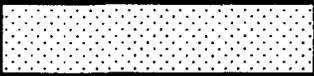
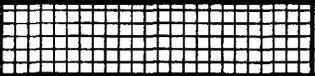
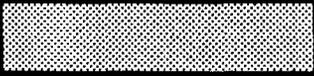
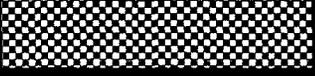
Обозначение периодов геохронологических отрезков времени

Эра	Период	Условное обозначение	Цветное обозначение на геологической карте
Кайнозойская KZ	Четвертичный	Q	Желтовато-серый
	Неогеновый	N	Желтый
	Палеогеновый	P	Оранжево-желтый
Мезозойская MZ	Меловой	K	Зеленый
	Юрский	J	Синий
	Триасовый	T	Фиолетовый
Палеозойская PZ	Пермский	P	Оранжево-коричневый
	Каменноугольный	C	Серый
	Девонский	D	Коричневый
	Силурийский	S	Серо-зеленый
	Ордовикский	O	Оливковый
	Кембрийский	ε	Сине-зеленый

Для обозначения видов горных пород в стратиграфических колонках необходимо пользоваться условными обозначениями, приведенными в табл. 2.2.

Таблица 2.2

Условные обозначения горных пород

Условное обозначение	Название грунта	Условное обозначение	Название грунта
	Торф		Известняк
	Песок		Мел
	Песок мелкозернистый		Глина
	Песок с гравием		Гравий
	Супесь		Мергель
	Супесь валунная		Гранит
	Суглинок		Доломит
	Суглинок тяжелый пылеватый		

Геологический разрез представляет собой изображение залегания пород на мысленно проведенной плоскости вертикального сечения земной коры от ее поверхности на ту или иную глубину.

Геологический разрез выполняют по сечениям, обозначенным на карте (рис. 2.1) в масштабе:

- горизонтальный – 1 : 25 000 (в 1 см 250 м);
- вертикальные – 1 : 1 000 (в 1 см 10 м).

Задание

1. Выполнить схему геологического разреза.
2. Составить стратиграфическую колонку.

Для расчета используются исходные данные, представленные в табл. П2.

Пример расчета

Исходные данные

- | | |
|--------------------------------|-----|
| 1. Вариант – | 26. |
| 2. Геологический разрез – | 27. |
| 3. Стратиграфическая колонка – | 28. |

Порядок расчета

1. Выполняют схему геологического разреза.

1.1. На геологической карте находят разрез, соответствующий варианту. Линейкой измеряют его длину и умножают на масштаб:

$$22 \text{ см} \cdot 250 \text{ (масштаб)} = 5500 \text{ м.}$$

На отдельной странице с учетом горизонтального масштаба вычерчивают горизонтальную прямую с длиной, равной длине разреза (22 см). Эту прямую разбивают через 1 см на отрезки по 250 м (рис. 2.2).

1.2. Слева и справа проводят прямые линии. На левой прямой откладывают в вертикальном масштабе наибольшую высоту, входящую в разрез:

$$120 \text{ м (горизонталь на карте)} : 10 \text{ (масштаб)} = 12 \text{ см.}$$

Полученный отрезок делят через 1 см и откладывают высоту 10 м.

1.3. В начальной точке разреза (пунктирная линия на карте) по горизонталям находят высотное положение, которое откладывают на геологическом разрезе.

Перемещаясь по разрезу до ближайшего пересечения с горизонталью, по линейке находят расстояние от начальной точки до горизонтали. Определяют высотное положение по горизонтали. Найденные точки переносят на геологический разрез.

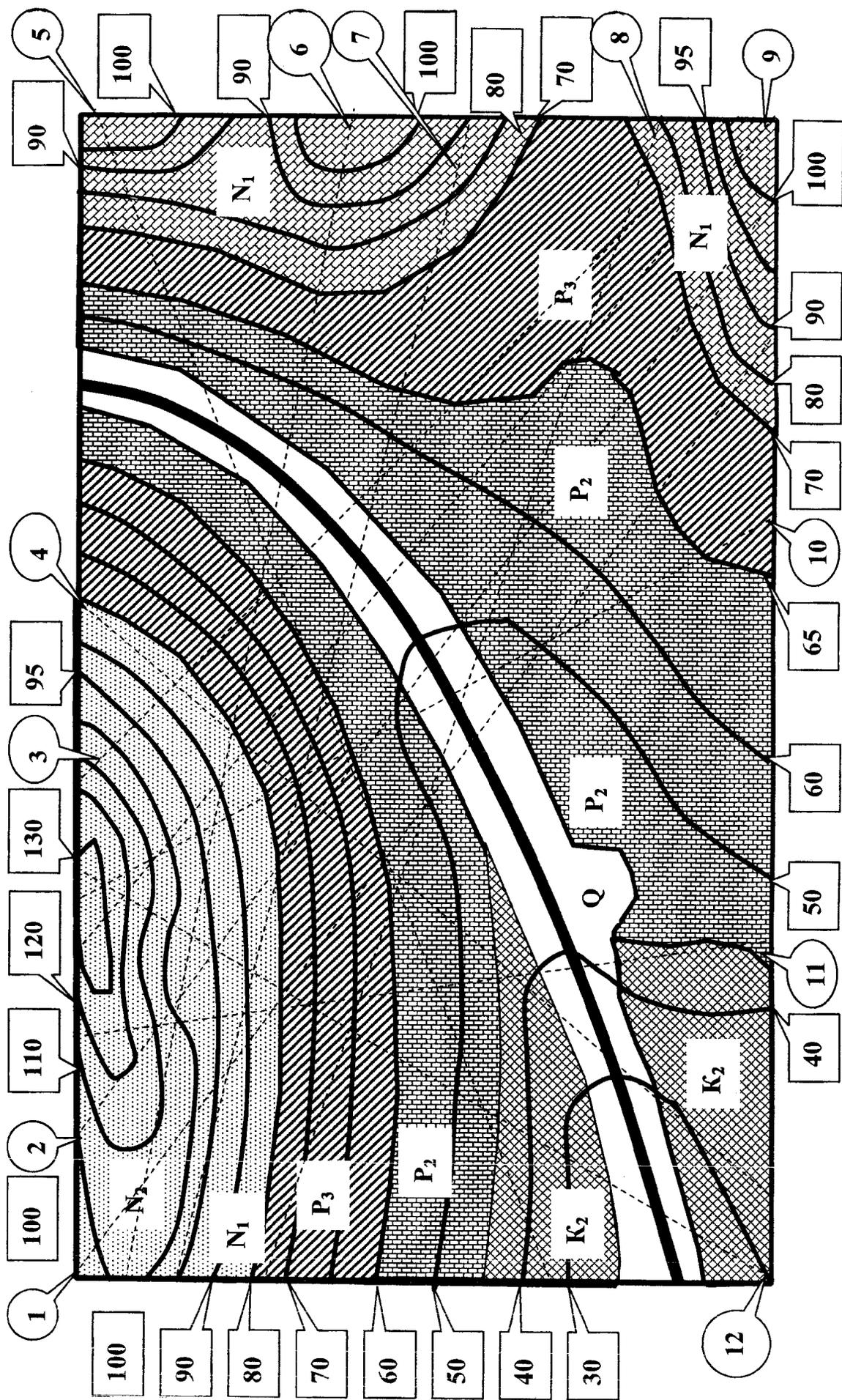


Рис. 2.1. Геологическая карта района, сложенного горизонтально залегающими породами

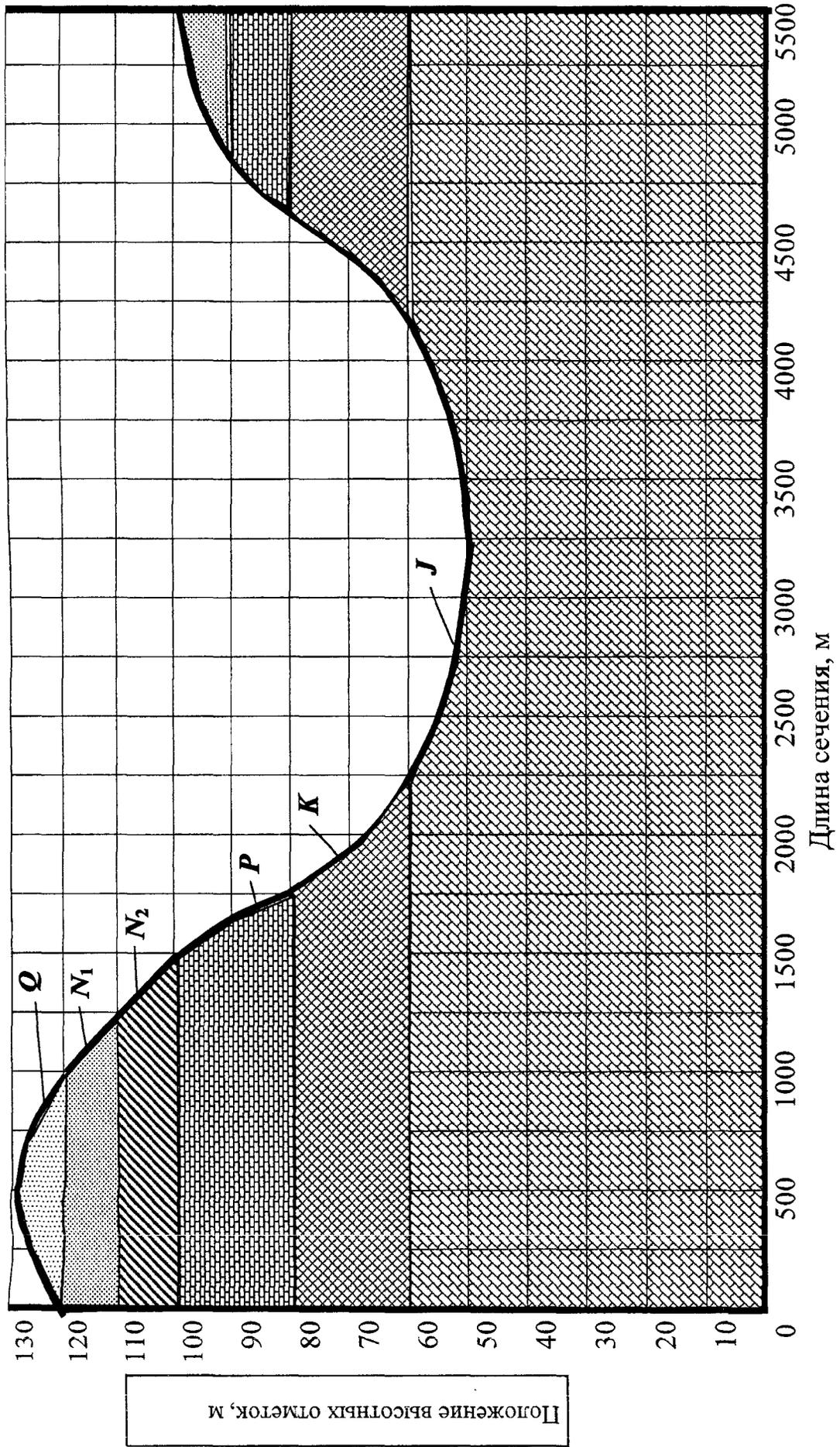


Рис. 2.2 Пример выполнения геологического разреза

1.4. Соединяют точки плавной кривой и получают рельеф местности.

1.5. Разделяют геологический разрез на слои в соответствии с возрастным залеганием естественных горных пород. В этом случае принимают допущение, что слои имеют моноклинное изотропное залегание. Поэтому на разрезе проводят горизонтальные линии в соответствии с залеганием пород, изображенных на карте. Слои пород отмечают теми же условными обозначениями, что и на карте. После нанесения обозначений слои раскрашивают в соответствии с рекомендациями табл. 2.1.

2. Составляют стратиграфическую колонку.

2.1. На отдельном листе вычерчивают стратиграфическую колонку, пример выполнения которой представлен на рис. 2.3.

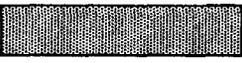
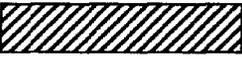
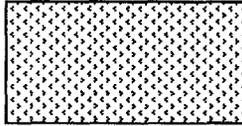
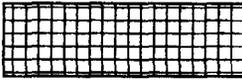
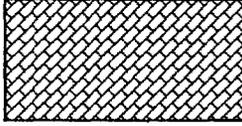
Система	Индекс	Геологическая колонка	Мощность, м	Литологический состав
Четвертичный	<i>Q</i>		2,5	Песок мелкозернистый
Неоген	<i>N₁</i>		20	Суглинок желто-бурый валунный
Неоген	<i>N₂</i>		15	Гравий крупный с галькой и линзами глины, валунной бурой
Палеоген	Р		40	Мел серовато-белый, обводненный
Меловой	<i>K</i>		30	Известняк серый, переслаивающийся с голубовато-серой глиной, водоносный

Рис. 2.3. Пример составления геологической колонки

Стратиграфическую колонку выполняют в соответствии с заданием и описанием пород, представленных в табл. 2.3.

Таблица 2.3

Описание геологических скважин

№ скважины	№ слоя	Геологический индекс	Описание пород	Глубина залегания	
				от	до
1	2	3	4	5	6
1	1	<i>Q</i>	Песок желтый мелкозернистый	0,0	1,2
	2	...	Супесь красно-бурая, валунная	1,2	16,7
	3	...	Суглинок бурый	16,7	26,8
	4	...	Мел серовато-белый, обводненный	26,8	40,2
	5	...	Известняк серый	40,2	64,0

1	2	3	4	5	6
2	1	N_1	Глина красно-бурая, валунная	0,0	2,5
	2	...	Суглинок красный	2,5	14,9
	3	...	Гравий крупный с галькой	14,9	21,8
	4	...	Известняк серый с глиной	21,8	36,6
	5	...	Гранит розовый	36,6	74,0
3	1	N_2	Суглинок желто-бурый, валунный	0,0	3,5
	2	...	Известняк доломитовый, трещиноватый	3,5	10,5
	3	...	Гравий глинистый, водоносный	10,5	18,6
	4	...	Мел серовато-белый	18,6	35,5
	5	...	Гранит серый	35,5	67,8
4	1	Q	Торф	0,0	2,8
	2	...	Песок мелкозернистый, кварцевый, темно-серый	2,8	30,7
	3	...	Суглинок бурый, валунный	30,7	45,5
	4	...	Мел серовато-белый с гнездами песка	45,5	67,9
	5	...	Мергель с включениями кремния	67,9	80,5
5	1	N_1	Глина бурая, плотная, жирная	0,0	4,0
	2	...	Мел серый плотный	4,0	24,0
	3	...	Известняк мергелистый, серый	24,0	44,4
	4	...	Доломит	44,4	62,4
	5	...	Гранит серый	62,4	88,8
6	1	N_2	Торф, водоносный	0,0	2,3
	2	...	Глина бурая, плотная, жирная	2,3	12,5
	3	...	Песок с гравием, темно-серый	12,5	32,1
	4	...	Мел серый, трещиноватый	32,1	54,6
	5	...	Доломит с галькой	54,6	73,3
7	1	Q	Песок крупнозернистый с гравием	0,0	14,4
	2	...	Супесь пылеватая, гравелистая	14,4	44,1
	3	...	Суглинок с галькой, бурый	44,1	55,2
	4	...	Доломит	55,2	64,1
	5	...	Гранит серый	64,1	70,0
8	1	N_1	Песок средний однородный, желтый	0,0	12,4
	2	...	Супесь легкая крупная, с гравием	12,4	32,1
	3	...	Глина плотная бурая, песчанистая	32,1	44,0
	4	...	Мергель	44,0	52,2
	5	...	Известняк мергелистый, серый	52,2	61,1
9	1	N_2	Песок мелкий однородный, желтый	0,0	10,0
	2	...	Супесь тяжелая пылеватая	10,0	21,0
	3	...	Суглинок тяжелый пылеватый	21,0	34,4
	4	...	Мел серый с гнездами песка	34,4	55,1
	5	...	Известняк плотный, доломитовый	55,1	66,3
10	1	Q	Супесь крупная легкая с галькой	0,0	9,5
	2	...	Супесь тяжелая пылеватая валунная	9,5	22,1
	3	...	Глина с гравием, бурая	22,1	30,0
	4	...	Мел серый, плотный	30,0	45,5
	5	...	Мергель	45,5	64,0

1	2	3	4	5	6
11	1	N_1	Супесь пылеватая с гравием	0,0	8,7
	2	...	Глина песчанистая, с валунами	8,7	21,0
	3	...	Мергель	21,0	33,4
	4	...	Известняк доломитовый, трещиноватый	33,4	45,6
	5	...	Доломит	45,6	55,5
12	1	N_2	Супесь тяжелая пылеватая, валунная	0,0	6,4
	2	...	Глина жирная, бурая	6,4	12,7
	3	...	Мел серый плотный	12,7	23,5
	4	...	Мергель	23,5	30,0
	5	...	Гранит серый	30,0	55,7

В колонке «система» в верхней строке ставится название геологического периода, соответствующего геологическому индексу из табл. 2.3. В остальные строки проставляются периоды из табл. 2.1. в убывающем порядке.

В колонке «индекс» проставляется геологический индекс, обозначающий название периода. В колонке «геологическая колонка» ставятся обозначения видов горных пород в соответствии с их литологическим составом.

Мощность определяют по глубине залегания породы из табл. 2.3.

Заключение

На основании данных геологической карты выполнен геологический разрез, на котором представлены высотные отметки:

- высшая точка на схеме – 130 м;
- низшая точка – 50 м.

Таким образом, превышение между экстремальными точками на местности составило 80 м.

Составлена стратиграфическая колонка, включающая пять слоев горных пород, принадлежащих к возрастным периодам: от четвертичного до юрского.

Практическая работа № 3

ОБОСНОВАНИЕ ПРИГОДНОСТИ ГРУНТА ДЛЯ УКРЕПЛЕНИЯ ВЯЖУЩИМИ МАТЕРИАЛАМИ

Введение

Все грунты по степени пригодности для укрепления вяжущими материалами подразделяются на три группы (рис. 3.1):

- 1) пригодные;
- 2) условно непригодные;
- 3) непригодные.

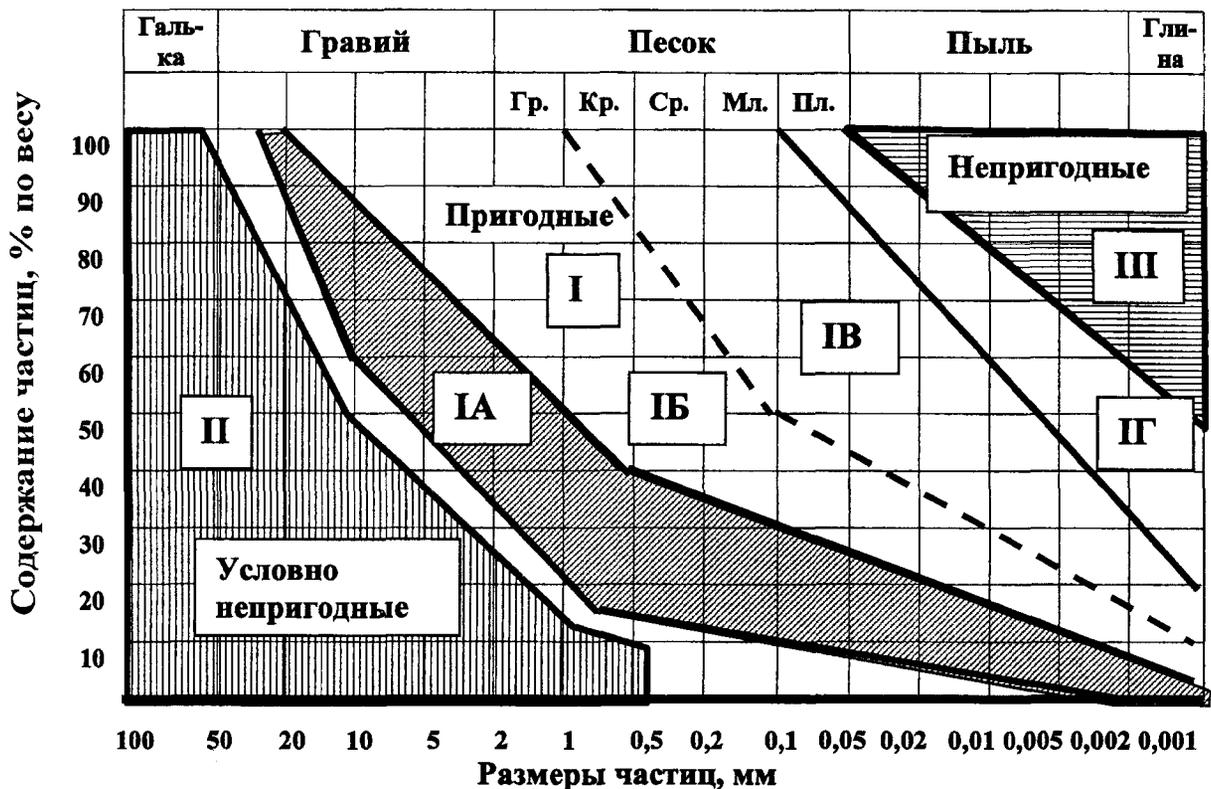


Рис. 3.1. Классификация грунтов по степени пригодности для укрепления вяжущими материалами

Пригодные грунты подразделяются на четыре подгруппы: IA, IB, IV, II.

Подгруппа IA включает крупно- и мелко обломочные грунты в естественном виде, наиболее пригодные для укрепления любыми материалами (характеризуются высокими показателями прочности).

Подгруппа IB включает песчаные, супесчаные и легкосуглинистые грунты, а также песчано-глинистые смеси оптимального гранулометрического состава.

Подгруппа IV включает суглинистые и тяжелосуглинистые грунты пылеватых и непылеватых разновидностей, характеризующиеся ограниченной пригодностью (для них рекомендуется применение комплексных методов). Для тонкого размельчения этих грунтов необходимо использовать многократные однопроходные грунтосмесительные машины или стационарные установки.

Подгруппа II включает песчанистые и пылеватые глины, которые являются условно пригодными для укрепления. Грунты, включенные в эту подгруппу, допускается подвергать укреплению лишь при использовании добавок активных веществ.

Условно непригодные грунты. Эта группа включает крупнообломочные несвязные каменные породы, не пригодные для укрепления по причине малого содержания песчано-глинистых фракций. Крупные обломки могут вызвать поломку рабочих органов грунтосмесительных машин.

Непригодные грунты представлены жирными высокопластичными глинами, обладающими большой связностью в сухом состоянии. Такие грунты требуют колоссальных затрат механической энергии на обработку и чрезмерного расхода вяжущего, что экономически невыгодно.

При сооружении земляного полотна все грунты классифицируются по пригодности в зависимости от их дорожно-строительных свойств. Верхнюю часть земляного полотна следует устраивать преимущественно из непучинистых и слабопучинистых грунтов: на толщину 1,2 м – от поверхности цементобетонных покрытий и 1,0 м – от поверхности асфальтобетонных покрытий.

Крупнообломочные грунты, к которым относятся щебенистые (галечниковые), дресвяные (гравийные), а также гравелистый песок, являются весьма пригодными для сооружения земляного полотна автомобильной дороги. К этой же категории относятся песок гравелистый и супесь легкая крупная (табл. 3.1).

Таблица 3.1

Классификация грунтов по пригодности для земляного полотна автомобильной дороги

Вид грунта	Пригодность грунтов			
	Весьма Пригодные	Пригодные	Малопригодные	Непригодные
Крупно-обломочные	щебенистый галечниковый	–	–	–
	дресвяный гравийный	–	–	–
Песчаные: ПЕСОК	гравелистый	–	–	–
	–	крупный	–	–
	–	средний	–	–
	–	мелкий	–	–
	–	–	пылеватый	–
Пылевато-глинистые: СУПЕСЬ	легкая крупная	–	–	–
	–	легкая	–	–
	–	–	пылеватая	–
	–	–	–	тяжелая пылеватая
СУГЛИНОК	–	легкий	–	–
	–	–	легкий пылеватый	–
	–	тяжелый	–	–
	–	–	тяжелый пылеватый	–
ГЛИНА	–	песчанистая	–	–
	–	–	пылеватая	–
	–	–	–	жирная

Песок крупный и средний относятся к категории **пригодных**. К этой же категории относится песок мелкий, однако он является менее устойчивым по сравнению с крупным и средним. Пригодными для сооружения земляного полотна также являются: супесь легкая, суглинок легкий и тяжелый, глина песчанистая.

Наличие большого количества пылеватых частиц в грунтах естественного сложения придает грунту неустойчивые свойства, т. к. пылеватые частицы при увлажнении приобретают текучие свойства. Пылеватые разновидности образуют категорию **малопригодных грунтов**, к которой относятся: песок пылеватый, супесь пылеватая, суглинки легкий пылеватый и тяжелый пылеватый, а также глина пылеватая.

Из всех разновидностей грунтов только два вида образуют категорию **непригодных**, к которой относятся: суглинок тяжелый пылеватый и глина жирная.

В производственных условиях границей между гравийными и песчаными частицами принято считать не 2, а 5 мм. Это связано с тем, что при просеивании частиц через грохоты с отверстиями 5 мм получение песчаных фракций происходит значительно быстрее и производительнее, чем через грохоты с отверстиями 2 мм. При этом присоединение частиц размером 2–5 мм к песчаным фракциям существенно улучшает физические и механические свойства песка. С другой стороны, удаление частиц размером 2–5 мм из массы гравия улучшает физические и механические свойства этих материалов.

Задание

1. Определить вид грунта по модулю крупности.
2. Определить однородность грунта по коэффициенту максимальной неоднородности.
3. Определить максимальную плотность и оптимальную влажность грунта.
4. Определить пригодность грунта для укрепления вяжущими материалами.

Для расчета используются исходные данные, представленные в табл. ПЗ.

Пример расчета

Исходные данные

1. Вариант –	26.
2. Содержание частиц (г) следующих размеров (мм):	
2,5 мм –	45 г;
1,25 –	75;
0,63 –	155;
0,315 –	95;
0,16 –	50;
менее 0,16 –	80.

3. Плотность грунта (г/см^3) при влажности (%):

$$\rho_{w_1} = 1,8 \text{ г/см}^3 \quad \text{при} \quad W_1 = 6 \%;$$

$$\rho_{w_2} = 2,0 \text{ г/см}^3 \quad \text{при} \quad W_2 = 8 \%;$$

$$\rho_{w_3} = 2,1 \text{ г/см}^3 \quad \text{при} \quad W_1 = 14 \%.$$

Порядок расчета

1. Определяют вид грунта по модулю крупности. Для этого производят обработку результатов лабораторных исследований. Результаты исходных данных переносят в табл. 3.2.

Таблица 3.2

Результаты обработки лабораторных исследований

№ п/п	Размеры отверстий сит, мм	Остатки на ситах m_i , г	Частные остатки a_i , %	Полные остатки A_i , %	Полные просевы ПП, %
1	2	3	4	5	6
1	2,5	45	9	9	91
2	1,25	75	15	24	76
3	0,63	155	31	55	45
4	0,315	95	19	74	26
5	0,16	50	10	84	16
6	менее 0,16	80	16	100	0

1.1. Определяют частные остатки по формуле

$$a_i = \frac{m_i}{m} \cdot 100, \%,$$

где m_i – остатки на ситах, г;

m – масса навески, отобранной для просеивания (сумма чисел столбца 3), г.

1.2. Определяют полные остатки

$$A_i = a_{2,5} + a_{1,25} + a_{0,63} + a_{0,315} + a_{0,16} + a_{<0,16},$$

где a_i – частные остатки, %.

1.3. Определяют полные просевы

$$\text{ПП} = 100 - A_i, \%.$$

1.4. Определяют модуль крупности

$$M_k = \frac{A_{2,5} + A_{1,25} + A_{0,63} + A_{0,315} + A_{0,16} + A_{<0,16}}{100} = 3,4.$$

Модуль крупности и полный остаток на сите 0,63 отражают категорию песка (табл. 3.3).

Таблица 3.3

Показатели зернового состава

№ п/п	Тип песчаного грунта по СТБ 943–2007	Группа песка (ГОСТ 8736–93)	Модуль крупности	Полный остаток на сите 0,63, % по массе
1	Гравелистый	Очень крупный	Свыше 3,5	Свыше 75
		Повышенной крупности	3,0–3,5	65–75
2	Крупный	Крупный	2,5–3,0	45–65
3	Средний	Средний	2,0–2,5	30–45
4	Мелкий	Мелкий	1,5–2,0	10–30
5	Пылеватый	Очень мелкий	1,0–1,5	До 10
		Тонкий	0,7–1,0	Не нормируется
		Очень тонкий	До 0,7	Не нормируется

По результатам лабораторных данных грунт характеризуется как песок повышенной крупности. Согласно СТБ 943–2007 грунт является гравелистым.

2. Определяют однородность грунта по коэффициенту максимальной неоднородности.

2.1. На основании данных табл. 3.2 строят суммарную кривую гранулометрического состава, на которой по оси абсцисс откладывают в логарифмическом масштабе диаметры частиц, а по оси ординат – полные просевы (рис. 3.2).

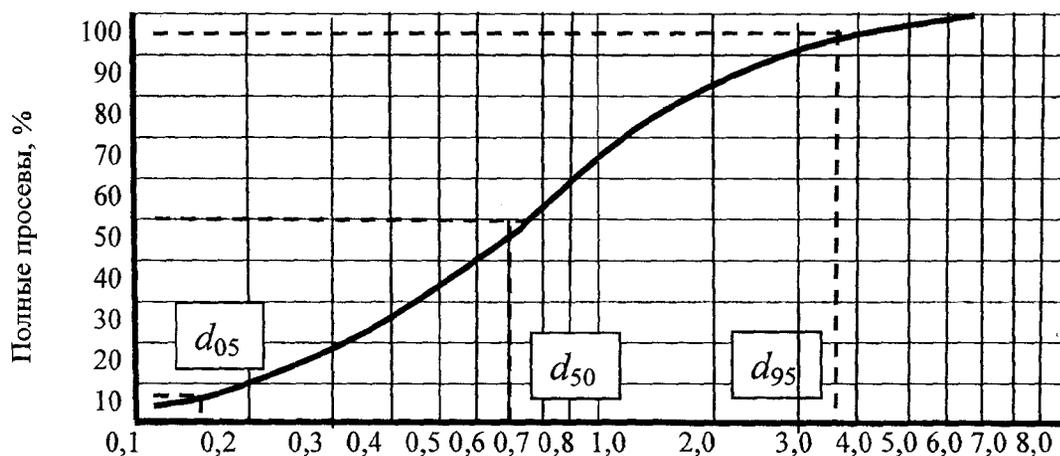


Рис. 3.2. Суммарная кривая гранулометрического состава грунта

2.2. Определяют коэффициент неоднородности

$$K = \frac{d_{60}}{d_{10}} = \frac{0,92}{0,2} = 4,6,$$

где d_{60} – диаметр, соответствующий 60 %-му содержанию фракций;

d_{10} – действующий (эффективный) диаметр, соответствующий 10 %-му содержанию фракций.

Пески, у которых $K > 3$ относятся к разнородным, $K \leq 3$ – к однородным.

По результатам лабораторных данных грунт характеризуется как песок разнородный.

2.3. Определяют показатель максимальной неоднородности

$$U_{\max} = d_{50} \cdot \frac{d_{95}}{d_{05}} = 0,7 \cdot \frac{3,7}{0,15} = 17,$$

где d_{05} , d_{50} , d_{95} – диаметры частиц, содержащихся в грунте соответственно в количестве 5, 50, 95 %.

По показателю максимальной неоднородности песчаные грунты подразделяются на:

- однородные – ($U_{\max} < 4$);
- среднеоднородные – ($4 \leq U_{\max} \leq 20$);
- неоднородные – ($20 < U_{\max} \leq 40$);
- повышенной неоднородности – ($U_{\max} > 40$).

По результатам лабораторных данных грунт характеризуется как песок среднеоднородный.

3. Определяют максимальную плотность и оптимальную влажность грунта.

3.1. Определяют плотность сухого грунта

$$\rho_d = \frac{\rho}{1 + 0,01 \cdot W} = \frac{1,8}{1 + 0,01 \cdot 6} = 1,69 \text{ г/см}^3,$$

где ρ – плотность грунта (исходные данные), г/см³;

W – влажность грунта, %.

Результаты расчетов сводят в табл. 3.4.

Таблица 3.4

Результаты расчета плотности сухого грунта

№ п/п	Плотность грунта, г/см ³	Влажность грунта, %	Плотность сухого грунта, г/см ³
	1,8	6	1,69
	2,0	8	1,85
	2,1	14	1,84

3.2. Строят график зависимости плотности сухого грунта от влажности (рис. 3.3).

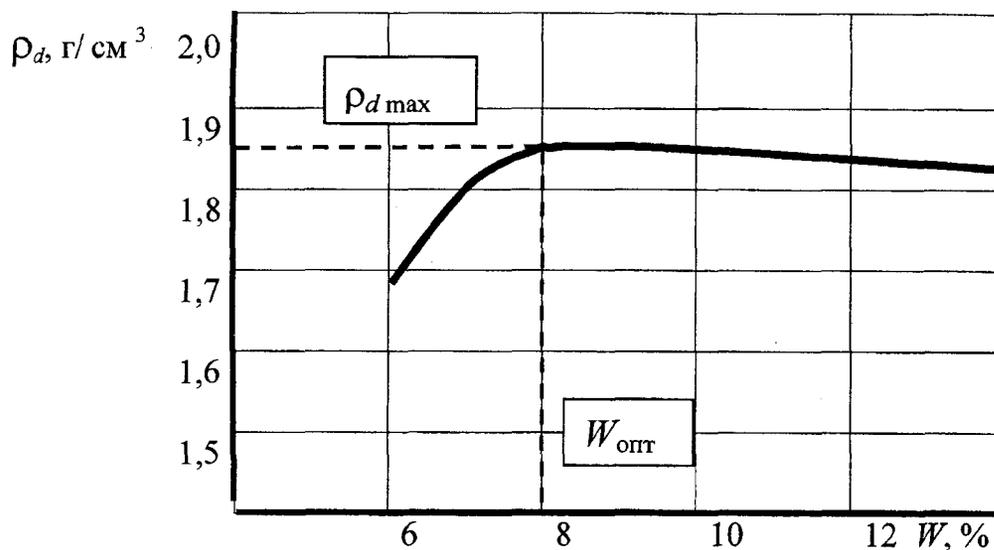


Рис. 3.3. График зависимости плотности сухого грунта от влажности

Максимальная плотность грунта составляет $1,85 \text{ г/см}^3$, а оптимальная влажность — 8% .

4. Определяют пригодность грунта для укрепления вяжущими материалами. Грунт относится к весьма пригодной категории для укрепления вяжущими материалами (см. табл. 3.1).

Заключение

Лабораторные испытания грунта позволили сделать следующие выводы:

- 1) грунт является гравелистым, разнозернистым, среднеоднородным;
- 2) максимальная плотность грунта составляет $1,85 \text{ г/см}^3$, оптимальная влажность — 8% ;
- 3) такой вид грунта весьма пригоден для укрепления вяжущими.

Практическая работа № 4

ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ ОТКОСА ВЫСОКИХ НАСЫПЕЙ И ГЛУБОКИХ ВЫЕМОК ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА

Введение

При проектировании высоких насыпей и глубоких выемок необходимо оценить и обеспечить устойчивость откосов. В соответствии с ТКП 45–3.03–19–2006 крутизну откосов насыпей, укрепленных посевом трав, назначают по табл. 4.1. Наибольшую крутизну выемок (при высоте откоса до 12 м в песчаных и глинистых грунтах) назначают 1:1,5.

Наибольшая крутизна откосов

Грунты насыпи	Наибольшая крутизна откосов при высоте откоса насыпи, м		
	До 6	До 12, в т.ч.	
		в нижней части – до 6	в верхней части – от 6 до 12
Крупнообломочные грунты, пески крупные, пески средние	1:1,5	1:1,5	1:1,5
Пески мелкие, пески пылеватые	1:1,5	1:2	1:1,5
Глинистые грунты	1:1,75	1:2	1:1,75

При оценке устойчивости откоса необходимо:

1) установить индекс классификационной группы откоса, определяющей особенности строения и гидрогеологического режима грунтовой толщи, слагающей откос и его основание (табл. 4.2);

Таблица 4.2

Инженерно-геологические особенности грунтовой толщи

Тип земляного полотна	Вид строения откоса по наличию слоистости	Разновидность по характеру слоистости	Разновидность по воздействию подземных и поверхностных вод
Насыпь	А. Однородный Б. Слоистый	– –	1. Безводный 2. Подверженный силовому воздействию воды
Выемка	А. Однородный Б. Слоистый	– 1. Горизонтальные слои 2. Падение в сторону выемки 3. Падение от выемки 4. Сложное расположение слоев	1. Безводный 2. Несущий поток грунтовых вод

- 2) выбрать метод расчета для проверки устойчивости откоса;
- 3) провести расчеты по выбранным методам и получить расчетное значение коэффициента устойчивости;
- 4) сопоставить полученное значение коэффициента устойчивости с требуемым значением и сделать заключение о степени устойчивости;
- 5) при недостаточной устойчивости необходимо выбрать мероприятие или комплекс мероприятий, обеспечивающих ее повышение наиболее рациональным в данных конкретных условиях способом.

Различают общую и местную устойчивость откоса. При нарушении общей устойчивости происходит смещение значительных массивов грунта. При этом грунт деформируется по кривой скольжения (по плоской поверхности) или выдавливается из слоистой системы. Нарушение местной устойчивости происходит в приоткосной зоне под действием погодно-климатических факторов, приводящих к снижению прочности грунтов.

Обрушение откоса обычно связано с преобладанием сдвигающих касательных напряжений над силами сопротивления грунта сдвигу. Касательные напряжения в откосах земляного полотна возникают под действием собственного веса грунта земляного полотна, подвижной нагрузки на откосе и давления воды, фильтрующейся через грунт откоса.

Сопротивление грунта сдвигу обуславливается силами внутреннего трения и сцепления. Если значение угла внутреннего трения $\varphi > 0$, то силы трения в грунте откоса возникают в результате собственного веса грунтовой толщи. В этом случае сдвиг будет происходить по площадкам, сливающимся в пределе в некоторую криволинейную поверхность скольжения, которая в условиях плоской задачи имеет на чертеже вид линии скольжения.

Если откос насыпи или выемки состоит из однородных грунтов, то расчет его устойчивости производится по одному из следующих методов: круглоцилиндрических поверхностей скольжения, Гольдштейна, номограмм, Маслова и другим, а если откос состоит из разнородных грунтов, то устойчивость рассчитывается по методу горизонтальных сил Маслова–Берера. Если состав однородного грунта не принимать во внимание, то устойчивость определяется по методу равнопрочного откоса. Этот метод основан на допущении, что для любой точки поверхности свободного склона угол устойчивого откоса для связанного грунта равен углу сопротивления сдвигу грунта:

$$\alpha = \psi_p .$$

По этому методу можно построить профиль устойчивого откоса при условии, что последний находится в состоянии предельного равновесия. Этот метод применяется при заранее заданном коэффициенте запаса.

Задание

1. Спроектировать графо-аналитическим методом (методом равнопрочного откоса) контур равнопрочного откоса насыпи при заданном коэффициенте запаса без внешней нагрузки.
2. Спроектировать контур равнопрочного откоса при заданном коэффициенте запаса и действии на откос равномерно распределенной нагрузки.

Для расчета используются исходные данные, представленные в табл. П4.

Пример расчета

Исходные данные

1. Вариант –	26.
2. Высота насыпи, м –	12.
3. Плотность грунта, т/м ³ –	1,88.
4. Угол внутреннего трения, град. –	26.
5. Общее сцепление грунта, МПа –	0,08.
6. Заложение откоса, 1:m –	1:1.
7. Равномерно распределенная нагрузка, МПа –	0,1.
8. Коэффициент запаса –	1,25.

Порядок расчета

1. На отдельном листе вычерчивают профиль откоса в соответствии с заданием в масштабе 1:100 (1 см равен 1 м).
2. Откос делят по высоте на ряд слоев мощностью 1 м каждый (рис. 4.1).

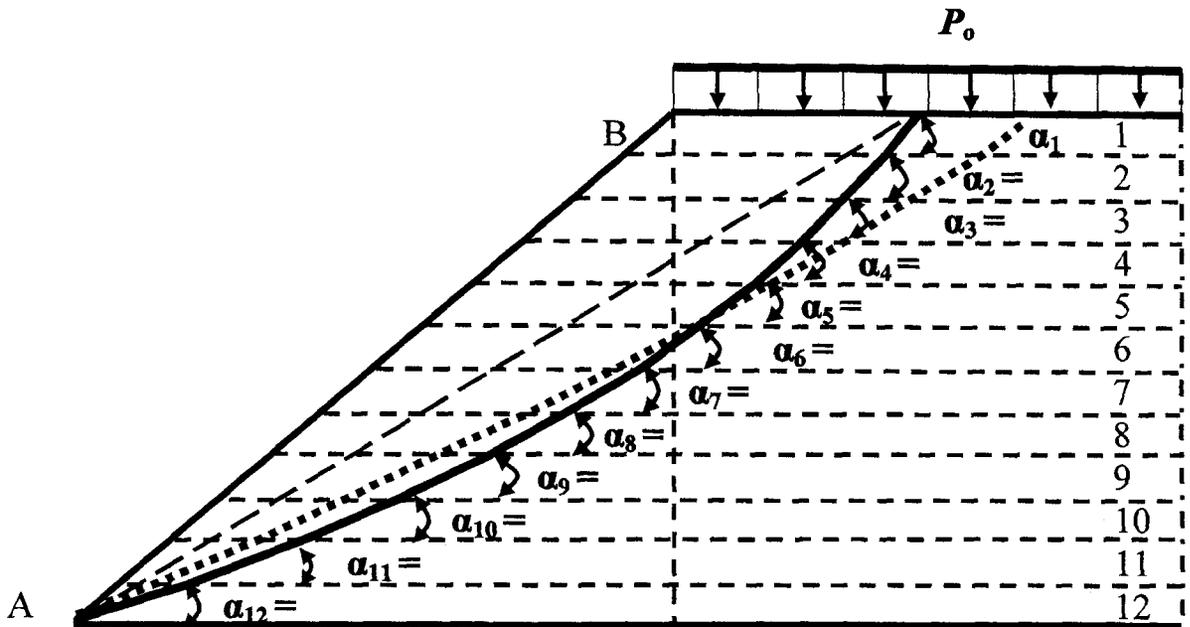


Рис. 4.1. Схема проектирования контура равнопрочного откоса

3. Определяют давление от собственного веса грунта (природное давление) для подошвы каждого из слоев

$$P_{\text{пр}} = \sum_{i=1}^{i=n} (\rho_w \cdot Z_i) \cdot 0,01 = 1,88 \cdot 1 \cdot 0,01 = 0,0188 \text{ МПа,}$$

где ρ_w – плотность грунта, т/м³;

Z_i – мощность слоя грунта, м.

4. Определяют тангенс угла внутреннего трения, принимая угол внутреннего трения в соответствии с исходными данными.

5. Вычисляют результат от деления общего сцепления на природное давление

$$\frac{C_w}{P_{\text{пр}}} = \frac{0,08}{0,0188} = 4,25.$$

6. Определяют тангенс угла сдвига и значение самого угла сдвига для каждого слоя, если отсутствует внешняя нагрузка

$$\text{tg } \psi = \text{tg } \varphi + \frac{C_w}{P_{\text{пр}}} = 0,4877 + 4,25 = 4,7377;$$

$$\text{arc tgш} = \text{arc tg } 4,7377 = 78^{\circ}05'.$$

7. Определяют тангенс угла сдвига и значение самого угла сдвига для каждого слоя, если имеет место внешняя нагрузка, выраженная через равномерно-распределенную нагрузку:

$$\text{tg } \psi_P = \text{tg } \varphi + \frac{C_w}{P_{\text{пр}} + P_0} = 0,4877 + \frac{0,08}{0,0188 + 0,1} = 1,16;$$

$$\text{arc tg}\psi_P = \text{arc tg } 1,16 = 49^{\circ}12'.$$

8. Определяют угол наклона поверхности скольжения к горизонту для каждого слоя с учетом коэффициента запаса устойчивости $K_{\text{зап}}$ и без дополнительной внешней нагрузки

$$\alpha_Z = \frac{\psi}{K_{\text{зап}}} = \frac{78^{\circ}05'}{1,25} = 62^{\circ}.$$

9. Определяют угол наклона поверхности скольжения к горизонту для каждого слоя с учетом коэффициента запаса устойчивости $K_{\text{зап}}$ и при воздействии равномерно распределенной дополнительной внешней нагрузки

$$\alpha_{Z, P} = \frac{\psi_P}{K_{\text{зап}}} = \frac{49^{\circ}12'}{1,25} = 39^{\circ}.$$

Результаты расчетов сводят в табл. 4.3.

Результаты расчета угла наклона поверхности скольжения

№ точки	Координаты точки Z, м	Природное давление $P_{пр}$, МПа	Угол внутреннего трения φ_w , °	$\text{tg } \varphi_w$	Общее сцепление C_w , МПа	Без дополнительной нагрузки				С дополнительной равномерно распределенной нагрузкой			
						$\frac{C_w}{P_{пр}}$	$\text{tg } \psi$	ψ	α	$\frac{C_w}{P_{пр} + P_0}$	$\text{tg } \psi$	ψ	α
1	1	0,0188	26	0,4877	0,08	4,25	4,73	78	62	0,67	1,16	49	39
2	2	0,0376	26	0,4877	0,08	2,10	2,58	68	54	0,58	1,07	46	37
3	3	0,0564	26	0,4877	0,08	1,40	1,88	62	49	0,51	0,96	43	34
4	4	0,0752	26	0,4877	0,08	1,06	1,54	57	45	0,45	0,94	43	34
5	5	0,0940	26	0,4877	0,08	0,85	1,33	53	42	0,41	0,90	42	33
6	6	0,1128	26	0,4877	0,08	0,70	1,18	49	39	0,37	0,86	40	32
7	7	0,1316	26	0,4877	0,08	0,60	1,08	47	37	0,34	0,83	39	31
8	8	0,1504	26	0,4877	0,08	0,53	1,01	45	36	0,32	0,81	39	31
9	9	0,1692	26	0,4877	0,08	0,47	0,95	43	34	0,30	0,79	38	30
10	10	0,1880	26	0,4877	0,08	0,42	0,90	42	33	0,28	0,77	37	29
11	11	0,2068	26	0,4877	0,08	0,38	0,86	40	32	0,26	0,75	37	29
12	12	0,2256	26	0,4877	0,08	0,35	0,83	39	32	0,24	0,73	36	28

10. Производят построение профиля откоса. На рис. 4.1, начиная с нижней точки откоса (точка А), проводят прямую линию под углом, соответствующим углу α на глубине 12 метров, в пределах нижнего слоя грунта. Из точки пересечения нижней прямой с верхней плоскостью слоя проводят следующую прямую под углом, соответствующим углу α на глубине 11 метров и т.д. Построение ломаной линии откоса производят снизу вверх, от основания откоса до верхней его поверхности.

Полученную линию откоса спрямляют за счет увеличения углов α для некоторых слоев грунта.

Заключение

В результате графоаналитического проектирования (по методу равнопрочного откоса) построен контур равнопрочного откоса насыпи при коэффициенте запаса $K_{зап} = 1,25$ для грунта без и с дополнительной равномерно распределенной нагрузкой.

Полученный профиль откоса является устойчивым, обеспечивающим целостность конструкции при воздействии на откос равномерно распределенной нагрузки.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ ОТКОСА ПО МЕТОДУ КРУГЛОЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ СКОЛЬЖЕНИЯ БЕЗ УЧЕТА ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ СИЛОВЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ

Введение

Крутые откосы земляного полотна и естественные склоны оползают под влиянием собственного веса, принимая более пологое очертание.

В однородных грунтах оползающий массив смещается по криволинейной поверхности, которую можно принять за круглоцилиндрическую. Оценка устойчивости грунтовых массивов против сдвига сводится к определению коэффициента устойчивости, характеризующего отношение моментов сил, удерживающих оползающую часть массива, к моменту сдвигающих сил.

$$K_{\text{уст}} = \frac{\sum M_{\text{уд}}}{\sum M_{\text{сд}}}$$

В зависимости от значения сооружения коэффициент устойчивости должен быть 1,05–1,3.

Методы расчетов устойчивости откосов в однородных грунтах могут быть разделены на две группы:

- теоретические, позволяющие с помощью расчетов получить очертание откосов (метод проф. В.В. Соколовского, основанный на закономерностях теории пластичности);
- методы, основанные на определении очертания откоса путем последовательных попыток с установлением наиболее опасной кривой скольжения.

Если откос насыпи или выемки сложен из однородного грунта, то расчет его устойчивости производится по одному из следующих методов:

- круглоцилиндрических поверхностей скольжения (КЦПС);
- Гольдштейна, по которому можно проверить величину коэффициента устойчивости и найти предельно допустимую высоту откоса определенной крутизны, имеющего заданный коэффициент устойчивости;
- номограмм, с помощью которых определяют объем призмы обрушения в зависимости от заложения откоса и координат центра кривой скольжения и длину кривой скольжения;
- Маслова, по которому определяют наиболее опасное сечение, характеризующееся наименьшим коэффициентом устойчивости, находят площади эпюр нормальных напряжений и алгебраической суммы сдвигающих сил, по которым определяют коэффициент устойчивости.

Если откос сложен из разнородных грунтов, то его устойчивость определяется по методу горизонтальных сил Маслова–Берера, по которому определяют разность между углом наклона плоскости скольжения и углом сдвига, развешиваемого весом блока грунта на поверхности скольжения.

В сильнопересеченной местности земляное полотно может располагаться на склоне (косогоре). При крутизне склона до 1 : 3 (угол наклона до 18°), т.е. для пологих склонов конструкцию земляного полотна принимают по типовым решениям. При крутизне склона более 1 : 3 необходимо провести расчеты устойчивости склона до устройства земляного полотна и после его устройства.

В табл. 5.1. приведены рекомендуемые части размещения земляного полотна на косогоре.

Таблица 5.1

Рекомендуемые диапазоны размещения земляного полотна на склоне

Крутизна склона в градусах	Конструкция земляного полотна на склоне	Возможность устройства выемки и насыпи на склоне, % от общей ширины
до 15°	насыпь выемка	до 100 до 100
15–20°	насыпь выемка	не более 30–40 не менее 60–70
20–25°	насыпь выемка	не более 20–30 не менее 70–80
25–30°	насыпь выемка	не более 15–20 не менее 80–85
30–35°	насыпь выемка	не более 5–10 не менее 90–95
35–40° и выше	насыпь выемка	не рекомендуется 100

Метод круглоцилиндрических поверхностей скольжения описывает сложный вид деформации грунтового массива, характеризующийся срезом с вращением. Нарушение устойчивости в данном случае связано со сдвигом, срезом и перемещением некоторой части грунта по поверхности скольжения.

Коэффициент устойчивости откоса определяется по формуле

$$K_Y = \frac{\sum P_i \cdot \operatorname{tg} \varphi_w + C_w \cdot L}{\sum P_i \cdot X_i} \cdot R, \quad (5.1)$$

где $\sum P_i$ – общий вес блоков, кН;

$\operatorname{tg} \varphi_w$ – коэффициент внутреннего трения (φ_w – угол внутреннего трения);

C_w – сцепление грунта, кН/м²;

- L – длина кривой скольжения, м;
 X_i – плечо блока, равное отрезку от средней линии блока до вертикальной оси Y ;
 $\sum P_i X_i$ – сумма сдвигающих моментов, кН м;
 R – радиус кривой скольжения, м.

Задание

1. Определить координаты кривой скольжения.
2. Вычертить расчетную схему контура откоса с нанесением кривой скольжения и разбивкой на блоки.
3. Определить удерживающие и сдвигающие моменты, действующие на массив обрушения.
4. Рассчитать коэффициент устойчивости откоса.

Для расчета используются исходные данные, представленные в табл. П5.

Пример расчета

Исходные данные

1. Вариант –	26.
2. Категория дороги –	II.
3. Высота откоса, м –	8.
4. Крутизна откоса –	1:2; 1:1,5.
5. Удельный вес грунта, кН/м ³ –	18,7.
6. Сцепление грунта, кН/м ² –	20.
7. Угол внутреннего трения, град. –	12.

Порядок расчета

1. Определяют координаты кривой скольжения.
- 1.1. Вычисляют $\lambda_{ср}$:

$$\lambda_{ср} = \frac{\gamma_w \cdot H \cdot \operatorname{tg} \varphi_w}{C_w} = \frac{18,7 \cdot 8 \cdot 0,2126}{20} = 1,6,$$

- где γ_w – расчетное значение удельного веса грунта, кН/м³ (исходные данные);
 H – высота откоса, м (исходные данные);
 φ_w – угол внутреннего трения, град (исходные данные);
 C_w – сцепление, кН/м² (исходные данные).
- 1.2. Определяют угол наклона поверхности откоса у подошвы.

1.2.1. Откос имеет высоту 8 м (исходные данные). В соответствии с ТКП 45–3.03–19–2006, в зависимости от вида грунта откос может иметь сложный контур (см. табл. 4.1):

– нижняя часть (у подошвы откоса и до 6 м) с большим заложением (согласно исходным данным 1:2);

– верхняя часть (от 6 м и до верха земляного полотна) с меньшим заложением (согласно исходным данным 1:1,5).

1.2.2. Вычисляют угол наклона поверхности откоса

$$\operatorname{tg}\beta = \frac{H}{H \cdot m} = \frac{8}{8 \cdot 2} = 0,5; \quad (5.2)$$

$$\operatorname{arctg} 0,5 = 26^{\circ}36' \approx 27^{\circ},$$

где m – заложение откоса (1 : m).

1.3. Определяют относительные координаты центра опасной кривой скольжения по графику Янбу.

1.3.1. График Янбу (рис. 5.1) представляет собой номограмму, состоящую из двух графиков, совмещенных по общим осям.

Вертикальная ось представляет собой численные значения горизонтальной координаты X и вертикальной Y .

Горизонтальная ось представляет собой угол наклона поверхности контура откоса к горизонтальной проекции.

График состоит из двух наборов криволинейных зависимостей: верхний набор соответствует координате Y при различных значениях $\lambda_{\text{ср}}$; нижний – координате X также при различных значениях $\lambda_{\text{ср}}$.

Из графика видно, что координаты Y могут быть только положительными, а координаты X при угле β более 35° (для различных значений $\lambda_{\text{ср}}$) могут иметь отрицательные значения.

1.3.2. Зная, что $\lambda_{\text{ср}} = 1,6$ и $\beta = 27^{\circ}$, по графику Янбу (см. рис. 5.1) определяют относительные координаты:

$$X_0 = 0,82;$$

$$Y_0 = 1,6.$$

1.4. Определяют абсолютные координаты центра кривой скольжения

$$X = X_0 \cdot H = 0,82 \cdot 8 = 6,56 \text{ м}; \quad (5.3)$$

$$Y = Y_0 \cdot H = 1,6 \cdot 8 = 12,8 \text{ м}.$$

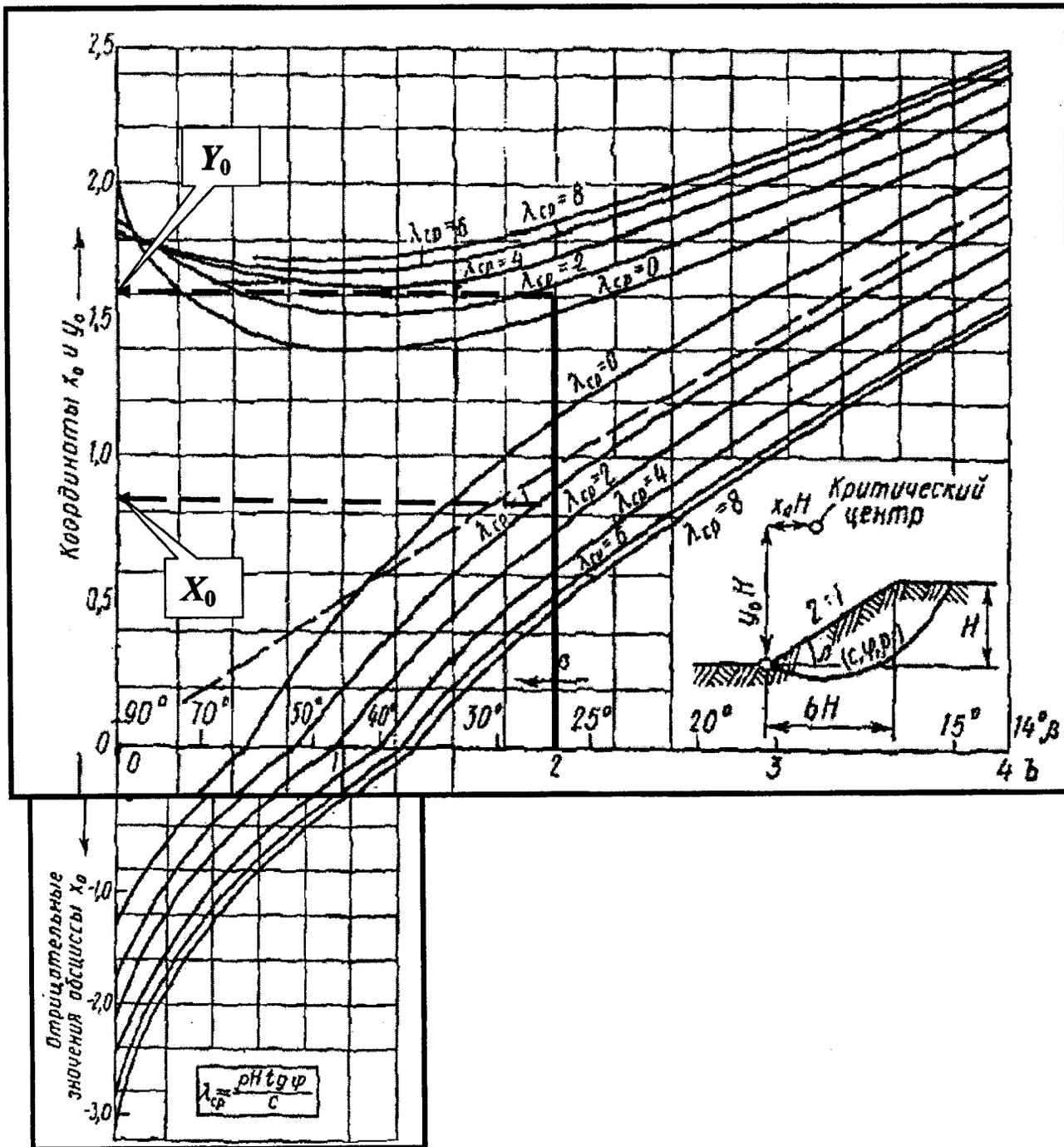


Рис. 5.1. График Ямбу для установления координат центра наиболее опасной кривой скольжения

2. Вычерчивают расчетную схему контура откоса с нанесением кривой скольжения и разбивкой на блоки.

2.1. На отдельном листе миллиметровой бумаги формата А-4 (210 × 297мм) по исходным данным (в масштабе 1:100) вычерчивают контуры откоса (рис. 5.2).

Если высота насыпи более 6 м, контур откоса представляет собой ломаную линию с заложением от подошвы до 6 м – 1:2, и более 6 м до верха земляного полотна – 1:1,5.

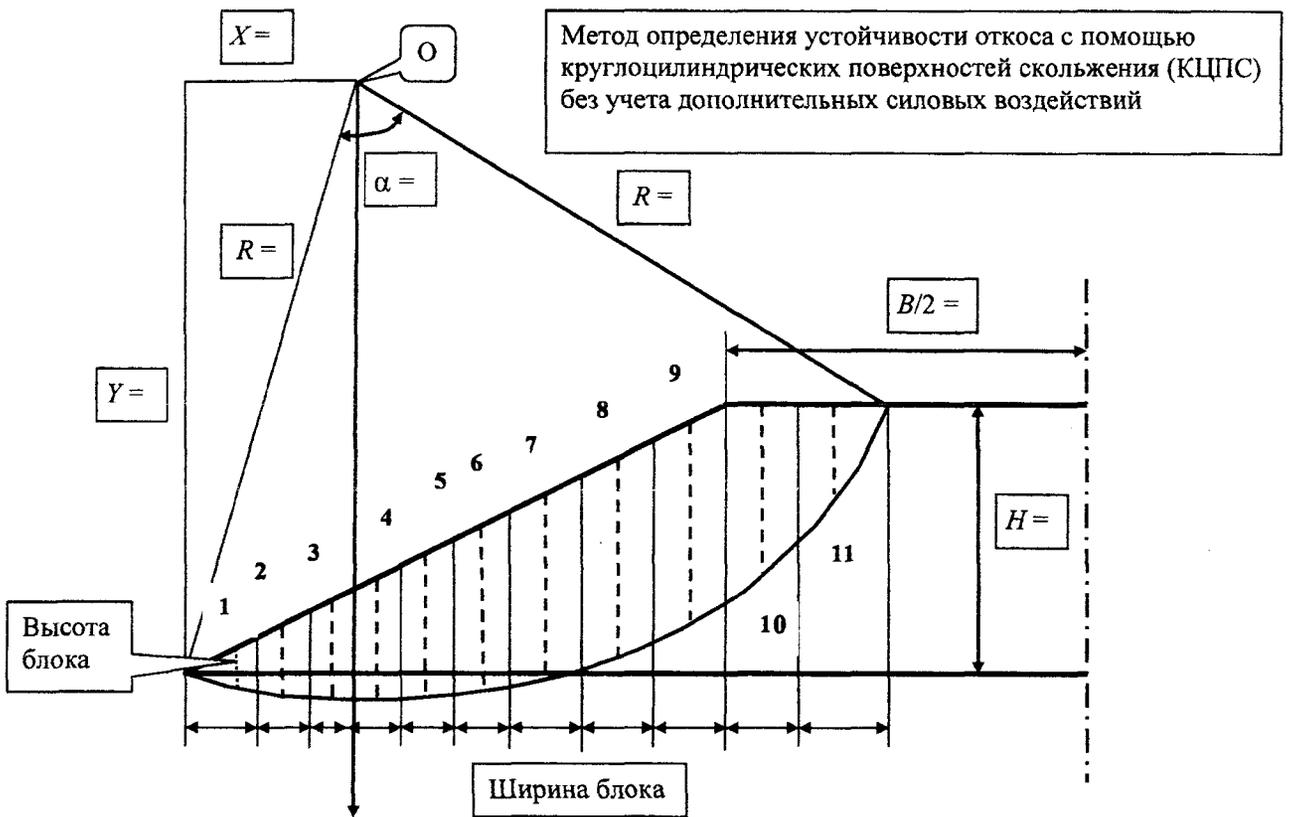


Рис. 5.2. Расчетная схема к методу КЦПС

В зависимости от категории дороги (практическая работа № 10, табл. 10.1, стр. 74) по верху откоса откладывают половину ширины земляного полотна и проводят осевую линию.

2.2. Из точки подошвы откоса восстанавливают перпендикуляр и откладывают координату Y . Из полученной точки откладывают горизонтальную координату X . Если значение X положительное, то отрезок откладывают вправо, если отрицательное – влево. Получают положение центра кривой скольжения, которое обозначают O .

2.3. Из найденного центра O радиусом R , равным расстоянию от точки O до подошвы откоса, проводят дугу кривой скольжения и опускают перпендикуляр, который обозначают ось Y . Объем грунта, находящийся справа от перпендикуляра (оси Y) и ограниченный дугой скольжения, будет способствовать возникновению вращающих моментов $M_{вр}$, а объем, находящийся слева, – возникновению удерживающих моментов $M_{уд}$.

2.4. Полученный отсек обрушения делят на расчетные блоки вертикальными сечениями. Ширину блока принимают не более 1,5 м и стараются разбить на блоки одинаковой ширины. Разделение на блоки начинают от оси Y влево и вправо.

Следует соблюдать обязательные условия при разбивке массива на блоки:

- 1) ось Y должна лежать на границе блоков;
- 2) через точку изменения наклона контура откоса (в точке изменения заложения откоса) должна проходить граница между блоками;
- 3) через верхнюю бровку земляного полотна должна проходить граница между блоками.

После разбивки всего массива на блоки внизу схемы проставляют численные значения ширины каждого блока.

2.5. В каждом блоке проводят среднюю линию. В блоке, представляющем собой трапецию, средняя линия проходит посередине блока.

Исключение составляют первый и последний блоки, представляющие собой не трапеции, а треугольники. В таких геометрических фигурах центр тяжести лежит на линии, находящейся на удалении от вершины, равном $2/3$ основания треугольника. Поэтому средние линии этих двух блоков будут находиться не посередине блока, а на расстоянии, равном $2/3$ основания от вершины треугольника.

Среднюю линию проводят пунктирной линией и рядом проставляют ее длину.

3. Определяют удерживающие и сдвигающие моменты, действующие на массив обрушения. Результаты расчетов заносят в табл. 5.2.

Таблица 5.2

Результаты определения моментов по методу КЦПС
без учета дополнительных силовых воздействий

№ блока	Средняя высота блока, м	Ширина блока, м	Объем блока, м ³	Удельный вес грунта, кН/м ³	Вес блока P_i , кН	Угол внутреннего трения грунта φ_w , град.	Коэффициент внутреннего трения грунта $\text{tg } \varphi_w$	$P_i \text{ tg } \varphi_w$	Длина плеча X , м	Сдвигающий момент $P_i X_i$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	Расч. сх.	Расч. сх.	ст. 2 × ст. 3	Исх. дан.	ст. 4 × ст. 5	Исх. дан.	Расчет	Расчет	Расч. сх.	Расчет
1										
2										
...										
n										
Σ								Σ		Σ

3.1. Вычисляют среднюю высоту блока из расчетной схемы, выполненной в масштабе 1:100.

3.2. Вычисляют ширину блока.

3.3. Рассчитывают объем блока путем умножения средней высоты на ширину блока.

3.4. Удельный вес грунта принимают в соответствии с исходными данными.

3.5. Вычисляют вес блока P_i путем умножения объема блока на удельный вес грунта.

3.6. Угол внутреннего трения принимают в соответствии с исходными данными.

3.7. Определяют коэффициент внутреннего трения (тангенс угла) извлечением тригонометрической функции угла внутреннего трения.

3.8. Определяют суммарную величину произведения веса блока на коэффициент внутреннего трения.

3.9. Определяют длину плеча из расчетной схемы. Оно равно отрезку, равному расстоянию от оси Y до средней линии соответствующего блока. Плечо, откладываемое вправо, записывают со знаком плюс, влево – со знаком минус.

3.10. Определяют величину сдвигающего момента умножением веса блока на длину плеча. Момент имеет тот же знак, что и плечо.

3.11. После расчета всех блоков вычисляют суммарные значения $\sum P_i \operatorname{tg} \varphi_w$ (столбец 9) и $\sum P_i X_i$ (столбец 11) (см. табл. 5.2).

4. Определяют коэффициент устойчивости откоса.

4.1. Определяют длину дуги скольжения L , для чего вначале находят

$$\operatorname{arc} \delta = \frac{\pi \cdot \alpha}{180},$$

где α – угол, взятый из расчетной схемы, составляемый двумя радиусами, соединяющими центр кривой вращения (точку O) и концы кривой скольжения.

4.2. Определяют длину дуги скольжения

$$L = \operatorname{arc} \delta \cdot R,$$

где R – радиус кривой скольжения, взятый из расчетной схемы.

4.3. Рассчитывают коэффициент устойчивости K_y по формуле (5.1).

Если вычисленный коэффициент устойчивости больше 1,3, то откос считается устойчивым, если меньше – неустойчивым. Для неустойчивых откосов должно быть либо изменено заложение откоса в сторону более пологого склона, либо предусмотрено устройство подпорных стенок.

Заключение

Определены координаты кривой скольжения. Для этого вначале по графику Ямбу определены относительные координаты, а затем (с учетом высоты насыпи) – абсолютные.

Вычерчена расчетная схема контура откоса. На откос нанесена кривая скольжения, произведена разбивка выделенного массива грунта на блоки.

Определены удерживающие и сдвигающие моменты, действующие на массив обрушения.

Вычисленный коэффициент устойчивости откоса свидетельствует об устойчивом состоянии земляного полотна.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ ОТКОСА ПО МЕТОДУ
КРУГЛОЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ СКОЛЬЖЕНИЯ
С УЧЕТОМ ГИДРОСТАТИЧЕСКОГО ДАВЛЕНИЯ

Введение

Поверхностные и грунтовые воды понижают прочностные свойства грунтов и способствуют снижению устойчивости склонов и откосов, вызывая тем самым оползневые явления.

Гидростатическое взвешивание по-разному проявляется для сыпучих (зернистых) и глинистых грунтов. Для глинистых грунтов это явление оказывается более сложным, чем для песков ввиду того, что пылевато-глинистые грунты могут находиться в различной консистенции, и начальный градиент напора препятствует проникновению гравитационной воды.

В подтопленной водой насыпи трение и сцепление у водонасыщенного грунта меньше, чем у сухого. Поэтому устойчивость части грунта, расположенного ниже поверхности депрессии, может значительно понизиться. При расчете подтопленной насыпи считается, что грунт выше горизонта вод находится в сухом состоянии, а ниже – в водонасыщенном. Это явление отражается на удельном весе, применяемом для определения веса грунта. Учитывая, что любой предмет в воде легче, можно предположить, что частичка грунта также становится легче, следовательно, вес уменьшается. Поэтому земляное полотно необходимо рассматривать как сооружение, состоящее из двух массивов: одного, расположенного выше уровня затопления насыпи, второго – ниже.

При расчете устойчивости откоса по методу круглоцилиндрических поверхностей скольжений с учетом гидростатического давления грунтовый массив, обозначенный кривой скольжения, разбивается на блоки, проводится горизонтальная прямая, отражающая уровень затопления грунта. В тех блоках, в которых прямая горизонта вод пересекает среднюю высоту блока, средняя линия разбивается на два отрезка выше и ниже прямой горизонта вод. Определяются два объема блока, каждый из которых умножается на удельный вес. Нижний блок умножается на удельный вес взвешенного в воде грунта, а верхний – на удельный вес сухого грунта.

Задание

1. Определить координаты кривой скольжения.
2. Начертить расчетную схему контура откоса с нанесением кривой скольжения и разбивкой на блоки.
3. Определить удерживающие и сдвигающие моменты, действующие на массив обрушения.
4. Рассчитать коэффициент устойчивости откоса.

Пример расчета

Исходные данные

1. Вариант –	26.
2. Категория дороги –	II.
3. Высота откоса, м –	8.
4. Крутизна откоса –	1:2; 1:1,5.
5. Удельный вес грунта, кН/м ³ –	18,7.
6. Сцепление грунта, кН/м ² –	20.
7. Угол внутреннего трения, град. –	12.
8. Уровень горизонта вод (ГВ), м –	5.

Порядок расчета

1. Определяют координаты кривой скольжения.

1.1. Вычисляют удельный вес грунта, взвешенного в воде, по формуле

$$\gamma_w^{B3} = \gamma_w - \gamma_B = 18,7 - 10 = 8,7 \text{ кН/м}^3, \quad (6.1)$$

где γ_w – удельный вес грунта, кН/м³ (исходные данные);

γ_B – удельный вес воды (принимается равным 10 кН/м³).

1.2. Вычисляют средневзвешенное значение удельного веса грунта

$$\gamma_{cp} = \frac{\gamma_w \cdot h_c + \gamma_w^{B3} \cdot h_3}{H} = \frac{18,7 \cdot 3 + 8,7 \cdot 5}{8} = 12,45 \text{ кН/м}^3,$$

где h_c – высота сухой части грунта, определяемая по формуле

$$h_c = H - h_3 = 8 - 5 = 3 \text{ м},$$

где H – высота откоса (исходные данные), м;

h_3 – высота зоны затопления, равная горизонту вод ГВ (исходные данные), м.

1.3. Определяют λ_{cp} по следующей формуле:

$$\lambda_{cp} = \frac{\gamma_{cp} \cdot H \cdot \text{tg}\varphi_w}{C_w} = \frac{12,45 \cdot 8 \cdot 0,2126}{20} = 1,1,$$

где γ_{cp} – средневзвешенное значение удельного веса грунта, кН/м³;

H – высота откоса, м (исходные данные);

φ_w – угол внутреннего трения, град. (исходные данные);

$\text{tg}\varphi_w$ – коэффициент внутреннего трения;

C_w – сцепление, кН/м^2 (исходные данные).

1.4. Определяют угол наклона поверхности β с учетом коэффициента заложения откоса по формуле (5.2).

1.5. Зная $\lambda_{\text{ср}}$ и β , определяют относительные координаты по графику Ямбу (см. рис. 5.1).

1.6. Определяют абсолютные координаты центра опасной дуги скольжения по формуле (5.3).

2. Вычерчивают расчетную схему контура откоса с нанесением кривой скольжения, разбивкой обозначенного массива на блоки и прямой уровня горизонта вод, соответствующей затоплению откоса.

2.1. На отдельном листе миллиметровой бумаги формата А-4 (210×297 мм) по исходным данным (в масштабе 1:100) вычерчивают контуры откоса (рис. 6.1).

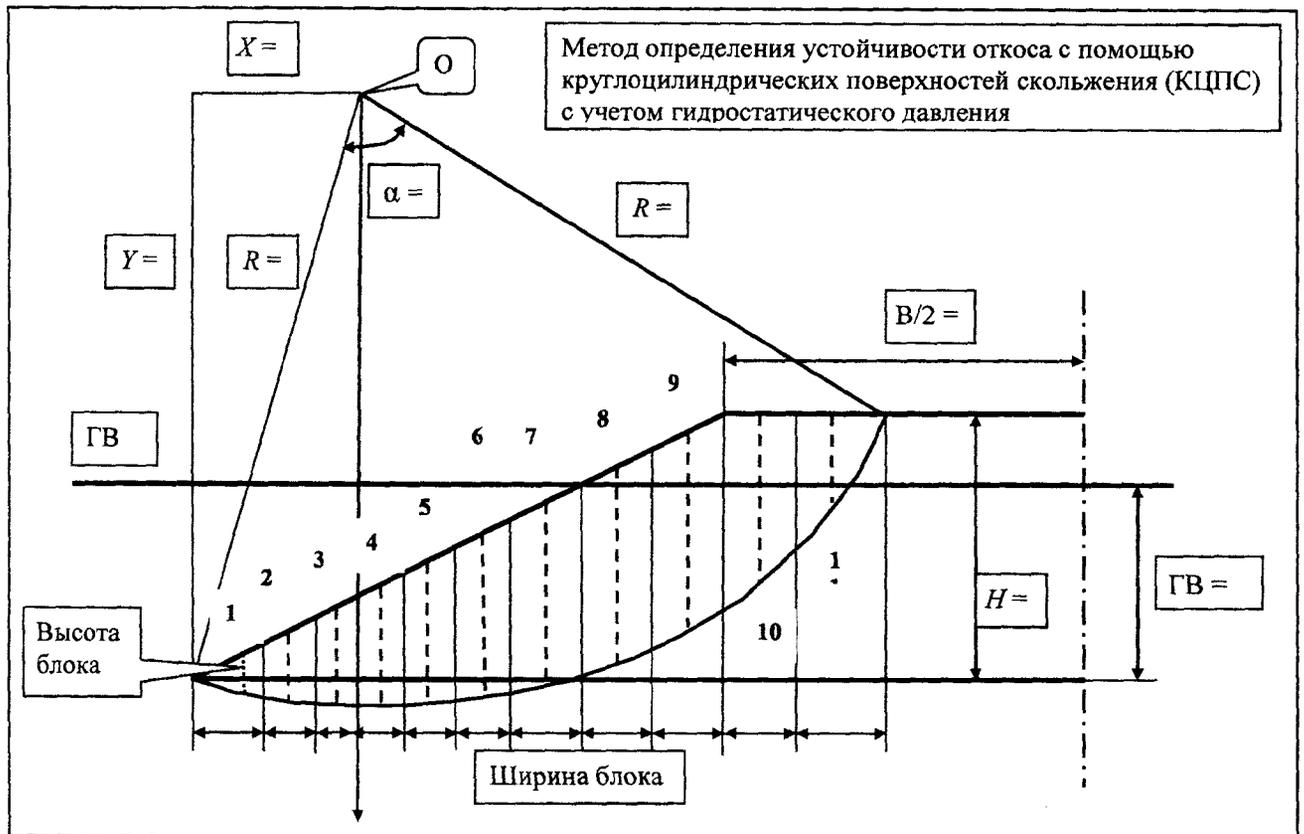


Рис. 6.1. Расчетная схема к методу КЦПС при частичном затоплении насыпи

Если высота насыпи более 6 м, то контур откоса представляет собой ломаную линию с заложением от подошвы до 6 м – 1:2, более 6 м до верха земляного полотна – 1:1,5.

В зависимости от категории дороги (практическая работа № 10, табл. 10.1) по верху откоса откладывают половину ширины земляного полотна и проводят осевую линию.

2.2. Из точки подошвы откоса восстанавливают перпендикуляр и откладывают координату Y . Из полученной точки откладывают горизонтальную координату X . Получают положение центра кривой скольжения, которое обозначают – O .

2.3. Из найденного центра O радиусом R проводят дугу кривой скольжения и опускают перпендикуляр, который обозначают осью Y .

2.4. Полученный отсек обрушения делят на расчетные блоки вертикальными сечениями. Ширину блока принимают не более 1,5 м. Разделение на блоки начинают влево и вправо от оси Y .

После разбивки всего массива на блоки внизу схемы проставляют численные значения ширины каждого блока.

2.5. В каждом блоке проводят среднюю линию. В блоке, представляющем собой трапецию, средняя линия проходит посередине блока. В треугольных блоках средняя линия находится на расстоянии, равном $2/3$ основания от вершины треугольника. Среднюю линию проводят пунктирной линией.

2.6. Проводят горизонтальную линию, которая обозначает уровень затопления откоса. Рядом со средней линией проставляют ее длину.

Если кривая горизонта вод (ГВ) делит среднюю линию на отрезки, то рядом проставляют длины этих отрезков.

3. Определяют удерживающие и сдвигающие моменты, действующие на массив обрушения. Результаты расчетов заносят в табл. 6.1.

3.1. Вычисляют среднюю высоту блока из расчетной схемы, выполненной в масштабе 1:100. В блоках, в которых горизонт вод разделил среднюю линию на отрезки, проставляют две высоты: выше и ниже горизонта вод.

Таблица 6.1

Расчет составляющих для определения коэффициента устойчивости откоса с учетом гидростатического давления

№ блока	Средняя высота блока, м	Ширина блока, м	Объем блока, м ³	Удельный вес грунта, кН/м ³	Удельный вес грунта во взвешенном состоянии, кН/м ³	Вес отдельных частей блока, кН	Общий вес блока P_i , кН	Угол внутреннего трения φ_w , град.	Коэффициент внутреннего трения $\text{tg}\varphi_w$	$P_i \text{tg}\varphi_w$	Плечо X_i , м	Момент $P_i X_i$, кН м
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	Расч. схема	Расч. схема	ст. 2 × ст. 3	Исх. дан.	Расчет	ст. 4 × ст. 5, ст. 4 × ст. 6	$\Sigma 7$	Исх. дан.	Расчет	ст. 8 × ст. 10	Расч. схема	ст. 8 × ст. 12
2												
3												
...												
n												
Σ										Σ		Σ

3.2. Вычисляют ширину блока.

3.3. Рассчитывают объем блока путем умножения средней высоты на ширину блока. Если в блоке записаны две высоты (ниже и выше горизонта вод), то объем вычисляют для каждой высоты. Таким образом, в строке блоков с разделенной средней линией вычисляют два объема.

3.4. Удельный вес сухого грунта принимают в соответствии с исходными данными, а удельный вес взвешенного в воде грунта определяют по формуле (6.1).

3.5. Вычисляют вес блока P_i :

– находящегося ниже уровня горизонта вод – путем умножения объема на удельный вес взвешенного в воде грунта;

– находящегося выше уровня горизонта вод – умножением объема на удельный вес сухого грунта;

– с горизонтом вод, разделяющим среднюю линию на отрезки – умножением объема части блока, находящейся выше уровня горизонта вод, на удельный вес сухого грунта, умножением объема части блока, находящейся ниже уровня горизонта вод, на удельный вес грунта, взвешенного в воде.

3.6. Определяют общий вес блока путем сложения весов отдельных объемов.

3.7. Угол внутреннего трения принимают в соответствии с исходными данными.

3.8. Определяют коэффициент внутреннего трения (тангенс угла) извлечением тригонометрической функции угла внутреннего трения.

3.9. Определяют суммарную величину произведения веса блока на коэффициент внутреннего трения.

3.10. Определяют длину плеча из расчетной схемы. Оно равно отрезку, равному расстоянию от оси Y до средней линии соответствующего блока. Плечо, откладываемое вправо, записывают со знаком плюс, влево – со знаком минус.

3.11. Определяют величину сдвигающего момента путем умножения веса блока на длину плеча. Момент имеет тот же знак, что и плечо.

3.12. После расчета всех блоков вычисляют суммарные значения $\sum P_i \operatorname{tg} \varphi_w$ (столбец 11) и $\sum P_i X_i$ (столбец 13) (см. табл. 6.1).

4. Определяют коэффициент устойчивости откоса.

4.1. Определяют длину дуги скольжения L , для чего вначале находят

$$\operatorname{arc} \alpha = \frac{\pi \cdot \alpha}{180},$$

где α – угол, взятый из расчетной схемы, составляемый двумя радиусами, соединяющими центр кривой вращения (точку O) и концы кривой скольжения.

4.2. Определяют длину дуги скольжения

$$L = \operatorname{arc} \alpha \cdot R,$$

где R – радиус кривой скольжения, взятый из расчетной схемы.

4.3. Рассчитывают коэффициент устойчивости

$$K_Y = \frac{\sum P_i \cdot \operatorname{tg}\varphi_w + C_w \cdot L}{\sum P_i \cdot X_i} \cdot R,$$

где $\sum P_i$ – общий вес блоков, кН;

$\operatorname{tg}\varphi_w$ – коэффициент внутреннего трения (φ_w – угол внутреннего трения);

C_w – сцепление грунта, кН/м²;

L – длина кривой скольжения, м;

X_i – плечо блока, равное отрезку от средней линии блока до вертикальной оси Y ;

$\sum P_i X_i$ – сумма сдвигающих моментов, кН м;

R – радиус кривой скольжения, м.

Если вычисленный коэффициент устойчивости больше 1,3, то откос считается устойчивым, если меньше – неустойчивым.

Для неустойчивых откосов должны быть выполнены следующие мероприятия:

- произведено уполаживание откоса;
- устройство разгрузочных берм (берма – горизонтальная или слегка наклонная полка шириной 2–3 м, устраиваемая на высоких откосах насыпей для обеспечения устойчивости грунта земляного полотна);
- устройство контрбанкетов (банкет – это сооружение правильной формы трапецевидного или треугольного сечения из грунта, отсыпаемого вдоль верхней бровки выемки для ограждения и защиты ее откосов от размыва поверхностными водами);
- снижение высоты откоса;
- использование в откосе легких материалов;
- защита от насыщения грунта водой с поверхности;
- дренирование для снижения силового воздействия подземных вод.

Заключение

Определены координаты кривой скольжения. Вычерчена расчетная схема контура откоса. На откос нанесены кривая скольжения и линия горизонта вод, произведена разбивка выделенного массива грунта на блоки с учетом затопления части блоков.

Определены удерживающие и сдвигающие моменты, действующие на массив обрушения.

Вычисленный коэффициент устойчивости откоса свидетельствует об устойчивом состоянии земляного полотна. Предложены мероприятия по повышению устойчивости высоких откосов.

ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ ОТКОСА ПО МЕТОДУ
КРУГЛОЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ СКОЛЬЖЕНИЯ
С УЧЕТОМ ФИЛЬТРАЦИОННОГО ДАВЛЕНИЯ

Введение

При наличии в откосе водонасыщенных слоев, по которым происходит движение грунтовых вод, необходимо учитывать гидродинамическое (фильтрационное) давление. Учет фильтрационного давления в методе круглоцилиндрических поверхностей скольжения производится через фиктивный угол трения. Отношение коэффициента фиктивного угла трения к коэффициенту угла внутреннего трения при его влажности W равно отношению удельного веса грунта взвешенного в воде к удельному весу грунта.

При затоплении части насыпи и последующем спаде воды возникают случаи, когда в порах грунта остается определенное количество воды, которая начинает свое движение в сторону откоса параллельно кривой депрессии. Таким образом возникает фильтрационное давление. Кривую депрессии строят по трем точкам. Соединяют их с помощью лекала и обозначают направление фильтрации воды. Точки кривой депрессии:

1) точка M – пересечение поверхности откоса с уровнем горизонта вод (ГВ) (уровень стояния воды после спада);

2) точка N – пересечение оси земляного полотна (насыпи автомобильной дороги) с верхним уровнем горизонта вод (ГВВ) (уровень максимального затопления насыпи);

3) точка A определяется расчетным путем с учетом размеров насыпи и наличия гидравлического градиента напора, зависящего от вида грунта. Гидравлический градиент соответствует среднему уклону линии депрессии. Точку A откладывают в вертикальном сечении верхней бровки земляного полотна от уровня ГВВ.

Гидравлический градиент (средний уклон линии депрессии) зависит от вида грунта и имеет следующие значения:

- для гравелистого и крупного песка – 0,003–0,006;
- песка среднего и мелкого – 0,006–0,02;
- супесей – 0,02–0,05;
- суглинков – 0,05–0,1;
- глины песчанистой – 0,1–0,15;
- глины пылеватой – 0,15–0,2;
- грунтов заторфованных – 0,02–0,12.

Кривая депрессии, уровень ГВ и подошва откоса разбивают весь объем насыпи на отдельные зоны, которые учитывают состояние отдельных частей насыпи. В соответствии с ними откос земляного полотна разбивается:

- на зону сухого грунта, лежащую выше кривой депрессии – a ;
- зону фильтрации, лежащую между кривой депрессии и уровнем ГВ – b ;
- зону затопления, лежащую между уровнем ГВ и подошвой откоса – c ;
- зону застоя, лежащую ниже подошвы откоса – d .

Эти зоны, измеренные в метрах по средним высотам блока, входят в выражение для определения коэффициента B , учитывающего соотношение между удельным весом грунта и удельным весом грунта, измеренного во взвешенном состоянии. Коэффициент B определяют по следующей формуле:

$$B = \frac{a + \frac{b}{2} + \frac{c}{2} + \frac{d}{2}}{a + b + \frac{c}{2} + \frac{d}{2}}. \quad (7.1)$$

Применение этого коэффициента в расчете позволяет учитывать сухое и водонасыщенное состояние грунта.

Задание

1. Определить координаты кривой скольжения.
2. Начертить расчетную схему контура откоса с нанесением кривой скольжения и кривой депрессии.
3. Определить фиктивный коэффициент внутреннего трения и коэффициент B .
4. Рассчитать коэффициент устойчивости откоса.

Для расчета используются исходные данные, представленные в табл. П7.

Пример расчета

Исходные данные

1. Вариант –	26.
2. Категория дороги –	II.
3. Высота откоса, м –	8.
4. Крутизна откоса –	1:2; 1:1,5.
5. Удельный вес грунта, кН/м ³ –	18,7.
6. Сцепление грунта, кН/м ² –	20.
7. Угол внутреннего трения, град. –	12.
8. Уровень горизонта верхних вод (ГВВ), м –	5.
9. Уровень горизонта вод (ГВ), м –	2.

Порядок расчета

1. Определяют координаты кривой скольжения.

1.1. Вычисляют удельный вес взвешенного в воде грунта

$$\gamma_w^{B3} = \gamma_w - \gamma_B = 18,7 - 10 = 8,7 \text{ кН/м}^3,$$

где γ_w – удельный вес грунта, кН/м^3 (исходные данные);

γ_B – удельный вес воды (принимают равным 10 кН/м^3).

1.2. Вычисляют средневзвешенное значение удельного веса грунта при максимальном его затоплении

$$\gamma_{cp} = \frac{\gamma_w \cdot h_c + \gamma_w^{B3} \cdot h_3}{H} = \frac{18,7 \cdot 3 + 8,7 \cdot 5}{8} = 12,45 \text{ кН/м}^3,$$

где h_c – высота сухой части грунта, определяемая по следующей формуле:

$$h_c = H - h_3 = 8 - 5 = 3 \text{ м},$$

где H – высота откоса (исходные данные), м;

h_3 – высота зоны затопления, равная горизонту вод (ГВ) (исходные данные), м.

1.3. Определяют λ_{cp} по следующей формуле:

$$\lambda_{cp} = \frac{\gamma_{cp} \cdot H \cdot \text{tg}\varphi_w}{C_w} = \frac{12,45 \cdot 8 \cdot 0,2126}{20} = 1,1,$$

где γ_{cp} – средневзвешенное значение удельного веса грунта, кН/м^3 ;

H – высота откоса, м (исходные данные);

φ_w – угол внутреннего трения, град. (исходные данные);

$\text{tg}\varphi_w$ – коэффициент внутреннего трения;

C_w – сцепление, кН/м^2 (исходные данные).

1.4. Определяют угол наклона поверхности β с учетом коэффициента заложения откоса

$$\text{tg}\beta = \frac{H}{H \cdot m} = \frac{8}{8 \cdot 2} = 0,5;$$

$$\arctg 0,5 = 26^\circ 36' \approx 27^\circ,$$

где m – заложение откоса (1: m).

1.5. Зная, что $\lambda_{cp} = 1,1$ и $\beta = 27^\circ$, определяют относительные координаты по графику Янбу (см. рис. 5.1): $x_0 = 1,0$; $y_0 = 1,6$.

1.6. Определяют абсолютные координаты центра кривой скольжения

$$X = x_0 \cdot H = 1,0 \cdot 8 = 8,0 \text{ м};$$

$$Y = y_0 \cdot H = 1,6 \cdot 8 = 12,8 \text{ м}.$$

2. Вычерчивают расчетную схему контура откоса с нанесением кривой скольжения и разбивкой на блоки.

2.1. На отдельном листе миллиметровой бумаги формата А-4 (210 × 297 мм) по исходным данным (в масштабе 1:100) вычерчивают контуры откоса (рис. 7.1).

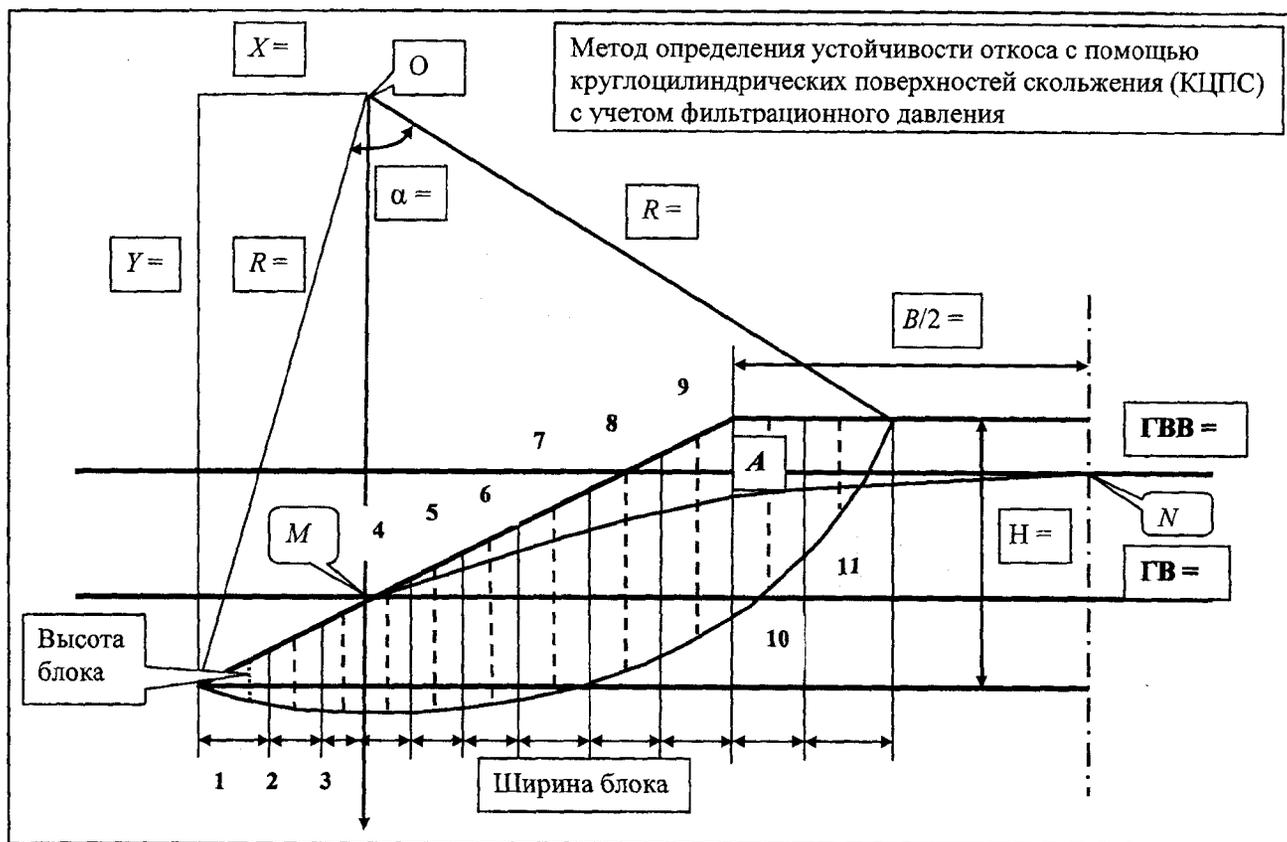


Рис. 7.1. Расчетная схема к методу КЦПС с учетом затопления насыпи до уровня ГВВ и спада воды до уровня ГВ

Если высота насыпи более 6 м, контур откоса представляет собой ломаную линию с заложением от подошвы до 6 м – 1:2, более 6 м до верха земляного полотна – 1:1,5.

В зависимости от категории дороги (практическая работа № 10, табл. 10.1) по верху откоса откладывают половину ширины земляного полотна и проводят осевую линию.

2.2. Из точки подошвы откоса восстанавливают перпендикуляр и откладывают координату Y . Из полученной точки откладывают горизонтальную координату X . Получают положение центра кривой скольжения, которое обозначают O .

2.3. Из найденного центра O радиусом R , равным расстоянию от точки O до подошвы откоса, проводят дугу кривой скольжения и опускают перпендикуляр, который обозначают ось Y .

2.4. Полученный отсек обрушения делят на расчетные блоки вертикальными сечениями. Ширину блока принимают не более 1,5 м.

После разбивки всего массива на блоки внизу схемы проставляют численные значения ширины каждого блока.

2.5. В каждом блоке проводят среднюю линию пунктирной линией и рядом проставляют ее длину.

2.6. На откосе насыпи наносят две горизонтальные линии:

1) линию горизонта верхних вод (ГВВ);

2) линию спада воды до уровня горизонта вод (ГВ) (исходные данные).

2.7. Вычисляют среднюю точку кривой депрессии

$$A = \frac{B}{2} J = \frac{13}{2} \cdot 0,02 = 0,13 \approx 0,2 \text{ м}, \quad (7.2)$$

где B – ширина земляного полотна;

J – гидравлический градиент или средний уклон линии депрессии, зависящий от вида грунта. Для песка $J = 0,006–0,02$.

2.8. Проводят кривую депрессии, через которую осуществляется фильтрация воды. Кривую проводят по трем точкам:

1) M – точка пересечения плоскости откоса с уровнем ГВ;

2) N – точка пересечения осевой линии земляного полотна дороги с уровнем ГВВ;

3) A находится на вертикальной прямой, опущенной через бровку земляного полотна путем отложения отрезка A от уровня ГВВ.

Три точки с помощью лекала плавно соединяют между собой.

3. Определяют фиктивный коэффициент внутреннего трения и коэффициент B .

3.1. Фиктивный коэффициент внутреннего трения определяют по формуле

$$\operatorname{tg} \varphi_{\phi} = B \cdot \operatorname{tg} \varphi_w,$$

где $\operatorname{tg} \varphi_{\phi}$ – фиктивный коэффициент угла внутреннего трения;

φ_w – угол внутреннего трения (исходные данные);

B – коэффициент, учитывающий соотношение между γ_w и $\gamma_w^{\text{вз}}$. Определяют по формуле (7.1).

На средней линии подписывают высоту зон, на которые разделен блок кривой депрессии, а также зоны, ограниченные линиями уровня воды. Коэффициент B вычисляют для каждого блока. В случае отсутствия в блоке какой-либо зоны она в расчете не учитывается (табл. 7.1).

Расчет коэффициента B

№ блока	Значение средней высоты блока в пределах зоны, м				Значение B
	сухой, a	фильтрационного давления, b	затопления, c	застоя, d	
1					
2					
...					
n					

4. Определяют коэффициент устойчивости откоса. Результаты измерений расчетной схемы, вычисления показателей и моментов заносят в табл. 7.2.

Таблица 7.2

Расчет составляющих для определения коэффициента устойчивости откоса с учетом фильтрационного давления

№ блока	Средняя высота блока, м	Ширина блока, м	Объем блока, м ³	Удельный вес грунта, кН/м ³	Вес блока P_i , кН	Угол внутреннего трения φ_w , град.	Коэффициент внутреннего трения $\text{tg } \varphi_w$	$P_i \times \text{tg } \varphi_w$	Плечо X_i , м	Момент $P_i X_i$, кН м	B	Фиктивный коэф. внутреннего трения $\text{tg } \varphi_\Phi$	$P_i \text{tg } \varphi_\Phi$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	Расч. схема	Расч. схема	ст. 2 × ст. 3	Исх. дан.	ст. 4 × ст. 5	Исх. дан.	Расчет	ст. 6 × ст. 8	Расч. сх.	ст. 6 × ст. 10	см. табл. 7.1	Расчет	ст. 6 × ст. 13
2													
3													
...													
n													
Σ										Σ			Σ

4.1. Измеряют среднюю высоту блока из расчетной схемы, выполненной в масштабе 1:100. Высота блока является суммой высот зон, на которые делит блок кривая депрессии и горизонты затопления.

4.2. Измеряют ширину блока.

4.3. Рассчитывают объем блока путем умножения средней высоты на ширину блока.

4.4. Удельный вес грунта принимают в соответствии с исходными данными.

4.5. Вычисляют вес блока P_i путем умножения объема блока на удельный вес грунта.

4.6. Угол внутреннего трения принимают в соответствии с исходными данными.

4.7. Вычисляют коэффициент внутреннего трения (тангенс угла) извлечением тригонометрической функции угла внутреннего трения.

4.8. Определяют суммарную величину произведения веса блока на коэффициент внутреннего трения.

4.9. Измеряют длину плеча из расчетной схемы. Оно равно отрезку, равному расстоянию от оси Y до средней линии соответствующего блока. Плечо, откладываемое вправо, записывают со знаком плюс, влево – со знаком минус.

4.10. Рассчитывают величину сдвигающего момента путем умножения веса блока на длину плеча. Момент имеет тот же знак, что и плечо.

4.11. Переносят из табл. 7.1. значения коэффициента B для каждого блока в соответствующий столбец табл. 7.2.

4.12. Рассчитывают для каждого блока фиктивный коэффициент внутреннего трения по формуле (7.2).

4.13. Рассчитывают произведение веса блока на фиктивный коэффициент внутреннего трения.

4.14. Определяют длину дуги скольжения L , для чего вначале находят

$$\text{arc} \delta = \frac{\pi \cdot \alpha}{180},$$

где α – угол, взятый из расчетной схемы, составляемый двумя радиусами, соединяющими центр кривой вращения (точку O) и концы кривой скольжения.

4.15. Определяют длину дуги скольжения

$$L = \text{arc} \delta \cdot R,$$

где R – радиус кривой скольжения, взятый из расчетной схемы.

4.16. Рассчитывают коэффициент устойчивости

$$K_y = \frac{\sum P_i \cdot \text{tg} \varphi_{\text{ф}} + C_w \cdot L}{\sum P_i \cdot X_i} \cdot R,$$

где $\sum P_i$ – общий вес блоков, кН;

$\text{tg} \varphi_{\text{ф}}$ – фиктивный коэффициент внутреннего трения ($\varphi_{\text{ф}}$ – фиктивный угол внутреннего трения);

C_w – сцепление грунта, кН/м²;

L – длина кривой скольжения, м;

X_i – плечо блока, равное отрезку от средней линии блока до вертикальной оси Y ;

$\sum P_i X_i$ – сумма сдвигающих моментов, кН м;

R – радиус кривой скольжения, м.

В результате построения расчетной схемы и произведенных вычислений определен коэффициент устойчивости откоса по методу КЦПС с учетом фильтрационного давления.

Практическая работа № 8

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ ОТКОСА
ПО МЕТОДУ ПЛОСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ СКОЛЬЖЕНИЯ (ППС)
С УЧЕТОМ ФИЛЬТРАЦИОННОГО ДАВЛЕНИЯ

Введение

Метод плоских поверхностей скольжения применяется в тех случаях, когда склон или откос сложен из разнородного грунта. При этом оползание грунта происходит по ломаной поверхности скольжения.

В условиях плоской задачи поверхности скольжения можно заменить совокупностью прямых линий. Сопротивляемость грунта сдвигу может быть выражена через угол внутреннего трения φ_w , сцепление C_w или угол сопротивляемости сдвигу ψ_p и коэффициент F_p . Последние два показателя связаны между собой выражениями

$$F_p = \operatorname{tg} \psi_p \quad \text{и} \quad \psi_p = \operatorname{arctg} F_p.$$

Коэффициент F_p и угол ψ_p сопротивляемости сдвигу зависят от прикладываемой нагрузки (рис. 8.1).

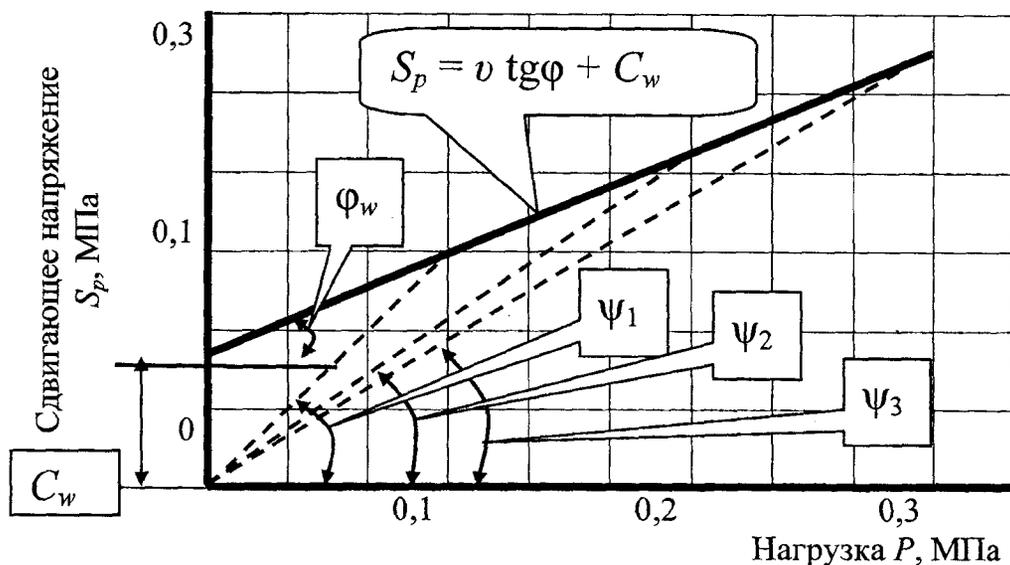


Рис. 8.1. Зависимость сопротивляемости сдвигу грунта через коэффициент F_p и угол ψ_p сопротивления сдвигу

При $P = 0$ коэффициент F_p и угол ψ_p равны соответственно бесконечности и углу 90° . Вместе с тем при равенстве нагрузки P бесконечности, $F_p = \operatorname{tg}\varphi$ и угол $\psi_p = \varphi_w$. Можно заключить, что критический угол откоса равен углу ψ_p сопротивления сдвигу грунта при нормальном напряжении P . Причем следует учитывать, что у сыпучего грунта сцепление равно нулю, следовательно, угол сопротивления сдвигу равен углу внутреннего трения.

На рис. 8.2 представлены следующие силы:

P – реакция массы грунта;

N – нормальная к поверхности скольжения составляющая реакции массы P ;

H – проекция на горизонтальную ось силы N . Представляет собой давление на вертикальную стенку грунта при отсутствии в нем трения и сцепления;

Q – результирующая двух сил: массы грунта и горизонтальной составляющей давления на вертикальные стенки;

T – часть давления на вертикальную стенку, воспринимаемая трением и сцеплением;

E – сила, представляющая разность между силами H и T ;

ψ_p – угол сопротивления сдвигу;

α – угол откоса.

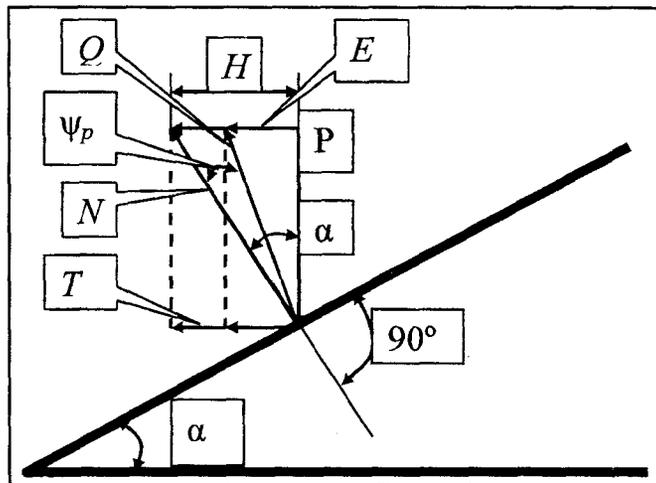


Рис. 8.2. Схема сил, применяемая для вывода метода горизонтальных сил

На основании приведенной схемы можно вывести выражения для обозначенных сил

$$H = P \operatorname{tg}\alpha \quad E = P \operatorname{tg}(\alpha - \psi_p)$$

$$T = H - E = P[\operatorname{tg}\alpha - \operatorname{tg}(\alpha - \psi_p)].$$

Определение степени устойчивости откоса по методу горизонтальных сил производится по следующей формуле:

$$k_{\text{зап}} = \frac{\sum T_i}{\sum H_i} = \frac{\sum (H_i - E_i)}{\sum H_i}.$$

Фильтрационное давление в откосе оказывает дополнительное влияние на оползающие массы грунта. Величина этого давления в каждом блоке определяется по формуле

$$W_{\phi} = \gamma_{в} \cdot J \cdot V,$$

где $\gamma_{в}$ – удельный вес воды, кН/м³;
 J – гидравлический градиент напора;
 V – объем блока, м³.

Направление линии действия фильтрационной силы в пределах каждого блока принимают параллельным кривой депрессии.

Коэффициент запаса устойчивости оползневого тела при учете фильтрационного давления определяется по формуле

$$k_{\text{зап}} = \frac{\sum P_i [\text{tg} \alpha_i - \text{tg}(\alpha_i - \psi_{pi})]}{\sum (P_i \cdot \text{tg} \alpha_i + W_{\phi} \cos \beta_{\phi})},$$

где β – угол, образуемый кривой депрессии с горизонтальной плоскостью в пределах каждого блока.

Задание

1. Вычертить расчетную схему к методу ППС с нанесением кривой депрессии
2. Рассчитать коэффициент устойчивости откоса.

Для расчета используются исходные данные, представленные в табл. П8.

Пример расчета

Исходные данные

1. Вариант –	26.
2. Категория дороги –	II.
3. Высота откоса, м –	8.
4. Крутизна откоса –	1:2; 1:1,5.
5. Удельный вес грунта, кН/м ³ –	18,7.
6. Сцепление грунта, кН/м ² –	20.
7. Угол внутреннего трения, град. –	12.
8. Уровень горизонта верхних вод (ГВВ), м –	5.
9. Уровень горизонта вод (ГВ), м –	2.

$$A = \frac{B}{2} J = \frac{13}{2} \cdot 0,02 = 0,13 \approx 0,2 \text{ м,}$$

где B – ширина земляного полотна, зависящая от категории дороги;

J – гидравлический градиент или средний уклон кривой депрессии, зависящий от вида грунта. Для песка среднего $J = 0,006–0,02$.

Гидравлический градиент (средний уклон линии депрессии) зависит от вида грунта и имеет следующие значения:

- для гравелистого и крупного песка – 0,003–0,006;
- песка среднего и мелкого – 0,006–0,02;
- супесей – 0,02–0,05;
- суглинков – 0,05–0,1;
- глины песчанистой – 0,1–0,15;
- глины пылеватой – 0,15–0,2;
- грунтов заторфованных – 0,02–0,12.

1.7. Проводят кривую депрессии по трем точкам:

- 1) M – точка пересечения плоскости откоса с уровнем ГВ;
- 2) N – точка пересечения осевой линии земляного полотна дороги с уровнем ГВВ;

3) A – находится на вертикальной прямой, опущенной через бровку земляного полотна путем отложения отрезка A от уровня ГВВ.

1.8. Для каждого блока проводят среднюю линию, измеряют ее и подписывают. На средней линии проставляют общую длину средней линии и отдельно по отрезкам:

- от верха земляного полотна до кривой депрессии;
- от кривой депрессии до линии скольжения.

1.9. Поскольку метод ППС применяется для откосов, сложенных из грунтов с различными физико-механическими свойствами, то угол внутреннего трения, сцепление и удельный вес грунта должны быть различными для блоков. В связи с этим производим варьирование вышеперечисленных характеристик грунта для каждого блока.

Исходные данные дают по одному из значений: удельный вес, сцепление и угол внутреннего трения.

1.9.1. Удельный вес грунта варьировать с интервалом 0,1 в большую и меньшую сторону в пределах, равных количеству блоков. Например, удельный вес 18,75 кН/м. Расписывают значения в большую сторону ($18,75 + 0,1 = 18,85$ кН/м³) и в меньшую сторону ($18,75 - 0,1 = 18,65$ кН/м³). Дальнейшее варьирование позволит получить такой ряд: 18,25; 18,35; 18,45; 18,55; 18,65; **18,75**; 18,85; 18,95; 19,05; 19,15; 19,25 (при общем числе блоков – 11).

1.9.2. Сцепление варьировать с интервалом 1,0. Например, дано сцепление 20 кН/м². Расписывают значения в большую сторону ($20 + 1 = 21$ кН/м²) и в меньшую сторону ($20 - 1 = 19$ кН/м²). Дальнейшее варьирование позволит по-

лучить следующий ряд: 15; 16; 17; 18; 19; **20**; 21; 22; 23; 24; 25 (при общем числе блоков – 11).

1.9.3. Угол внутреннего трения грунта варьируют с интервалом 1,0. Например, дан угол внутреннего трения 12° . Расписывают значения в большую сторону ($12 + 1 = 13^\circ$) и в меньшую сторону ($12 - 1 = 11^\circ$). Дальнейшее варьирование позволит получить следующий ряд: 7; 8; 9; 10; 11; **12**; 13; 14; 15; 16; 17 (при общем числе блоков – 11).

2.0. Определяют коэффициент устойчивости откоса. Результаты измерений расчетной схемы, вычисления показателей и моментов заносят в табл. 8.1. Заполняют табл. 8.1.

2.1. Из расчетной схемы переносят в данную таблицу следующие значения:

1) ширина блока (столбец 2);
2) средняя высота блока с учетом деления ее кривой депрессии на зоны сухого грунта и взвешенного в воде (столбец 3).

2.2. Рассчитывают объем блока путем умножения средней высоты на ширину. Если блок разделен кривой депрессии на две зоны – сухую и водонасыщенную, то рассчитывают зоны блока отдельно (столбец 4).

2.3. Согласно исходным данным и результатам варьирования (п. 1.9.1) заполняют столбец 5.

2.4. Удельный вес грунта, находящегося во взвешенном состоянии, определяют для каждого блока с учетом варьирования, выполненного для удельного веса сухого грунта:

$$\gamma_w^{B3} = \gamma_w - \gamma_B = 18,7 - 10 = 8,7 \text{ кН/м}^3,$$

где γ_w – удельный вес грунта, кН/м^3 (исходные данные);

γ_B – удельный вес воды (принимают равным 10 кН/м^3).

Полученные значения записывают в столбец 6.

2.5. Определяют вес отдельных частей блока с учетом состояния грунта (сухое или водонасыщенное). В расчете используют удельный вес грунта и удельный вес грунта, находящегося в водонасыщенном состоянии, рассчитанные для каждого отдельного блока. Часть блока, находящуюся в сухом состоянии умножают на удельный вес, а ту часть блока, которая находится ниже кривой депрессии, умножают на удельный вес грунта во взвешенном состоянии (ст. 7).

2.6. Определяют общий вес всего блока путем суммирования отдельных частей блока (ст. 8).

2.7. Из расчетной схемы переносят измеренные углы наклона поверхности скольжения (в градусах) в столбец 9.

2.8. Рассчитывают тангенс угла наклона поверхности скольжения (ст. 10).

2.9. С помощью линейки измеряют длину поверхности скольжения в каждом блоке и записывают в столбец 11.

№ блока	$\frac{C_w}{P_0}$	Угол внутреннего угла ϕ_w , град.	$\text{tg } \phi_w$	Тангенс угла сдвига $\text{tg } \psi_{pi}$	Угол сдвига $\text{tg } \psi_{pi}$	$\alpha_i - \psi_{pi}$	$\text{tg } (\alpha_i - \psi_{pi})$	$[\text{tg } \alpha_i - \text{tg } (\alpha_i - \psi_{pi})]$	$P_i [\text{tg } \alpha_i - \text{tg } (\alpha_i - \psi_{pi})]$	$P_i \text{tg } \alpha_i$
1	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
1	ст. 13 : ст. 12	Исх. дан.	Расчет	ст. 16 + ст. 14	Расчет	ст. 9 - ст. 18	Расчет	ст. 10 - ст. 20	ст. 8 × ст. 21	ст. 8 × ст. 10
2										
3										
...										
n										
Σ										

№ блока	Средняя линия блока фильтрации, м	Ширина блока, м	Объем блока фильтрации, V м ³	Угол β_ϕ	$\cos \beta_\phi$	Гидравлический градиент J	$W_\phi = \gamma_\phi J V$	$W_{\phi, \text{гор}} = W_\phi \cos \beta_\phi$
1	24	25	26	27	28	29	30	31
1	Расч. схема	Расч. схема	ст. 24 × ст. 25	Расч. схема	Расчет	От вида грунта	$10 \text{ кН/м}^3 \times 29 \cdot 26$	ст. 30 × ст. 28
2								
3								
...								
n								
Σ								

2.10. Определяют среднее удельное давление блока (ст. 12) по формуле

$$P_0 = \frac{P_i}{l_i},$$

где P_i – вес блока, кН;

l_i – длина плоскости скольжения в пределах блока, м;

P_0 – удельное давление (кН/м²). Этот показатель рассчитывают на толщину блока, равную 1 м.

2.11. Значение сцепления грунта записывают (ст. 13) в соответствии с результатами варьирования (п. 1.9.2).

2.12. Определяют угол сдвига

$$\operatorname{tg} \psi_{pi} = \operatorname{tg} \phi_w + \frac{C_w}{P_0},$$

где ϕ_w – угол внутреннего трения;

C – сцепление, кН/м²;

P_0 – удельное давление, кН/м².

Для расчета вышеприведенного выражения в табличной форме последовательно определяют составные части.

2.12.1. Рассчитывают частное от деления сцепления грунта на удельное давление $\frac{C_w}{P_0}$. Результат вычисления записывают в столбец 14.

2.12.2. Значение угла внутреннего трения грунта записывают (ст. 15) в соответствии с результатами варьирования (п. 1.9.3).

2.12.3. Рассчитывают тангенс угла внутреннего трения грунта и записывают в столбец 16.

2.12.4. Подставляя полученные значения, вычисляют тангенс угла сдвига (ст. 17).

2.12.5. Определяют угол сдвига, рассчитав значения $\operatorname{arc} \operatorname{tg}$ (ст. 18).

2.13. Определяют разность между углом наклона поверхности скольжения и углом сдвига

$$\alpha_i - \psi_{pi}.$$

Результат вычисления записывают в столбец 19.

2.14. Рассчитывают выражение (ст. 20)

$$\operatorname{tg} (\alpha_i - \psi_{pi}).$$

2.15. Рассчитывают выражение (ст. 21)

$$\left[\operatorname{tg} \alpha_i - \operatorname{tg}(\alpha_i - \psi_{pi}) \right].$$

2.16. Рассчитывают выражение (ст. 22)

$$P_i \left[\operatorname{tg} \alpha_i - \operatorname{tg}(\alpha_i - \psi_{pi}) \right].$$

2.17. Рассчитывают выражение (ст. 23)

$$P_i \cdot \operatorname{tg} \alpha_i.$$

2.18. Определяют длину средней линии блока, в котором имеет место фильтрационное давление. Измеряют линейкой расстояние от уровня ГВ до кривой депрессии. Ниже уровня ГВ и выше кривой депрессии отрезки средней линии в расчет не принимаются (ст. 24).

2.19. Для удобства расчета переносят ширину блока из столбика 2 в столбик 25, но только тех блоков, в которых кривая депрессии пересекает среднюю линию.

2.20. Определяют объем блока фильтрации (ст. 26).

2.21. Определяют угол β_ϕ . С помощью линейки и транспортира измеряют угол наклона кривой депрессии в пределах блока (ст. 27).

Направление линии действия фильтрационной силы W_ϕ в пределах каждого блока принимают параллельным кривой депрессии в данном блоке. Таким образом, можно определить угол β_ϕ , который образует линия действия фильтрационной силы с горизонтом.

Если средняя линия блока лежит выше кривой депрессии, то грунт данного блока сухой, фильтрации воды в нем нет. В таких блоках в столбцах 24, 25 и 26 проставляют нули или прочерки.

2.22. Рассчитывают косинус угла β_ϕ (ст. 28).

2.23. Градиент гидравлического напора принимают в соответствии с видом грунта (п. 1.6) и записывают в столбец 29. Значение градиента ставят только в блоки, в которых кривая депрессии пересекает среднюю линию. Если блок лежит выше или ниже кривой депрессии, то в таких блоках градиент не ставят.

2.24. Определяют величину фильтрационного давления (ст. 30) по формуле К. Терцаги

$$W_\phi = \gamma_v \cdot J \cdot V,$$

где γ_v – удельный вес воды, равный 10 кН/м^3 ;

J – гидравлический градиент;

V – объем блока фильтрации, м^3 .

2.25. Определяют горизонтальную фильтрационную силу, действующую на вертикальную стенку грунта в пределах фильтрационного блока, по формуле (ст. 31)

$$W_{\text{ф.гор}} = W_{\text{ф}} \cdot \cos \beta.$$

2.26. Определяют коэффициент устойчивости откоса с учетом фильтрационного давления

$$K_y = \frac{\sum P_i [\operatorname{tg} \alpha_i - \operatorname{tg}(\alpha_i - \psi_{pi})]}{\sum (P_i \operatorname{tg} \alpha_i + W_{\text{ф.гор}})},$$

где числитель – суммарное значение 22-го столбца;
знаменатель – сумма 23-го и 26-го столбцов.

Если коэффициент устойчивости откоса равен или больше 1,3, откос считается устойчивым.

Заключение

Построена расчетная схема для метода плоских поверхностей скольжения с нанесением кривой депрессии и разбивкой средних линий блоков на отрезки, характеризующие сухой и водонасыщенный грунт.

Выполнен расчет определения коэффициента запаса устойчивости по методу ПШС с учетом фильтрационного давления.

Практическая работа № 9

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОПРОТИВЛЯЕМОСТИ СДВИГУ СКРЫТОПЛАСТИЧНЫХ ГЛИНИСТЫХ ГРУНТОВ

Введение

В зоне контакта двух минеральных частиц действует система напряжений, которая в плоской задаче включает нормальные, действующие перпендикулярно плоскости контакта, и касательные, действующие в плоскости контакта. При наличии двух напряжений можно получить результирующее напряжение, которое является диагональю параллелограмма. Эта диагональ отклонена от нормали под углом Θ . Если угол Θ больше угла внутреннего трения φ , то в грунте возникают сдвиговые деформации.

Сопротивление возникновению сдвиговых деформаций может быть вызвано сцеплением, появившимся между частицами за счет наличия пленки воды и пылевато-глинистых частиц, либо силами внутреннего трения между частицами.

Любой массив грунта считается устойчивым, пока сдвигающие напряжения не вызовут в нем смещения частиц, т.е. должно выполняться условие

$$\tau \leq f(\sigma).$$

Соппротивление грунтов сдвигу выражается зависимостью Закона Кулона

$$\tau = \sigma \operatorname{tg}\varphi + C, \text{ МПа,}$$

где τ – сдвигающее напряжение, МПа;

φ – угол внутреннего трения, град;

σ – нормальное напряжение, МПа;

$\operatorname{tg}\varphi$ – коэффициент внутреннего трения.

Величины φ и C являются основными характеристиками прочности грунта на сдвиг. В зависимости от содержания воды в связном грунте, он может приобретать различную консистенцию (табл. 9.1).

Таблица 9.1

Значение угла внутреннего трения φ , град, и сцепление C МПа, для связных грунтов в условиях естественного залегания

Состояние глинистого грунта	Значение показателей					
	Глина		Суглинок		Супесь	
	φ	C	φ	C	φ	C
Твердое	22	0,10	25	0,06	28	0,02
Полутвердое	20	0,06	23	0,04	26	0,015
Тугопластичное	18	0,04	21	0,025	24	0,01
Мягкопластичное	14	0,02	17	0,015	20	0,005
Текучепластичное	8	0,01	13	0,01	18	0,002
Текучее	6	0,005	10	0,005	14	0

Соппротивление грунтов срезу экспериментальным путем может быть определено двумя методами:

- консолидированного среза;
- неконсолидированного среза.

Метод консолидированного среза – это испытание на срез грунта, предварительно уплотненного вертикальной нагрузкой, проводимое в условиях дренирования путем повышения срезающей нагрузки с такой скоростью, при которой обеспечивается полная консолидация грунта.

Метод неконсолидированного среза – испытание на срез грунта без предварительного уплотнения, проводимое в условиях отсутствия дренирования

путем приложения вертикальной и срезающей нагрузок с такой скоростью, при которой обеспечивается практическая неизменность начальных значений плотности и влажности грунта.

Уплотнения грунта во времени под действием постоянной нагрузкой до полного окончания процесса деформации называется консолидацией.

Если учитывать, что сцепление грунта возникает с учетом жестких связей между частицами, которые характеризуются жестким структурным сцеплением C_c и связности C_w , имеющей водно-коллоидную природу, то глинистые грунта подразделяются на: жесткие, скрытопластичные и пластичные.

Для скрытопластичных глинистых грунтов характерно наличие сил внутреннего трения и сцепления, которые в значительной степени влияют на их свойства. Что касается структурного сцепления, то оно в меньшей степени влияет на прочность глинистого грунта. Скрытопластичные глинистые грунты характеризуются сопротивляемостью сдвигу, которая определяется по формуле Н.Н. Маслова:

$$S_p = \sigma \operatorname{tg} \varphi + C_c + C_w .$$

Сопротивляемость сдвигу скрытопластичных глинистых грунтов происходит по методу незавершенной консолидации как от вертикальной, так и от горизонтальной нагрузки.

Задание

1. Построить график зависимости касательного напряжения от влажности при постоянном нормальном напряжении.
2. Построить график зависимости касательного напряжения от нормального напряжения при постоянной влажности глинистого грунта.
3. Построить график зависимости угла внутреннего трения и сцепления от влажности.
4. Определить прочностные характеристики грунта методом неконсолидированного сдвига.

Для расчета используются исходные данные, представленные в табл. П9.

Пример расчета

Исходные данные

1. Вариант – 26.
2. Нормальное давление, сопротивляемость грунта сдвигу, влажность грунта представлены в табл. 9.2.

Нормальное давление					
$P_1 = 0,1$ МПа		$P_2 = 0,2$ МПа		$P_3 = 0,3$ МПа	
Влажность после сдвига $w, \%$	Сопротивляемость сдвигу $S_p, \text{МПа}$	Влажность после сдвига $w, \%$	Сопротивляемость сдвигу $S_p, \text{МПа}$	Влажность после сдвига $w, \%$	Сопротивляемость сдвигу $S_p, \text{МПа}$
22	0,125	22	0,142	22	0,161
30	0,100	30	0,113	30	0,124
34	0,092	34	0,101	34	0,112

Порядок расчета

1. Строят график зависимости касательного напряжения от влажности при постоянном нормальном напряжении (рис. 9.1).

1.1. На отдельном листе формата А-4 строят графики. Ориентируют страницу вдоль большего размера и разбивают на три равные части по длине. В каждом из полученных прямоугольников строят три графика зависимости:

1) касательного напряжения от влажности при постоянных значениях нормального напряжения

$$\tau = f(W) \quad \text{при} \quad P = \text{const};$$

2) касательного напряжения от нормального напряжения при постоянных значениях влажности

$$\tau = f(P) \quad \text{при} \quad W = \text{const};$$

3) угла внутреннего трения и сцепления от влажности

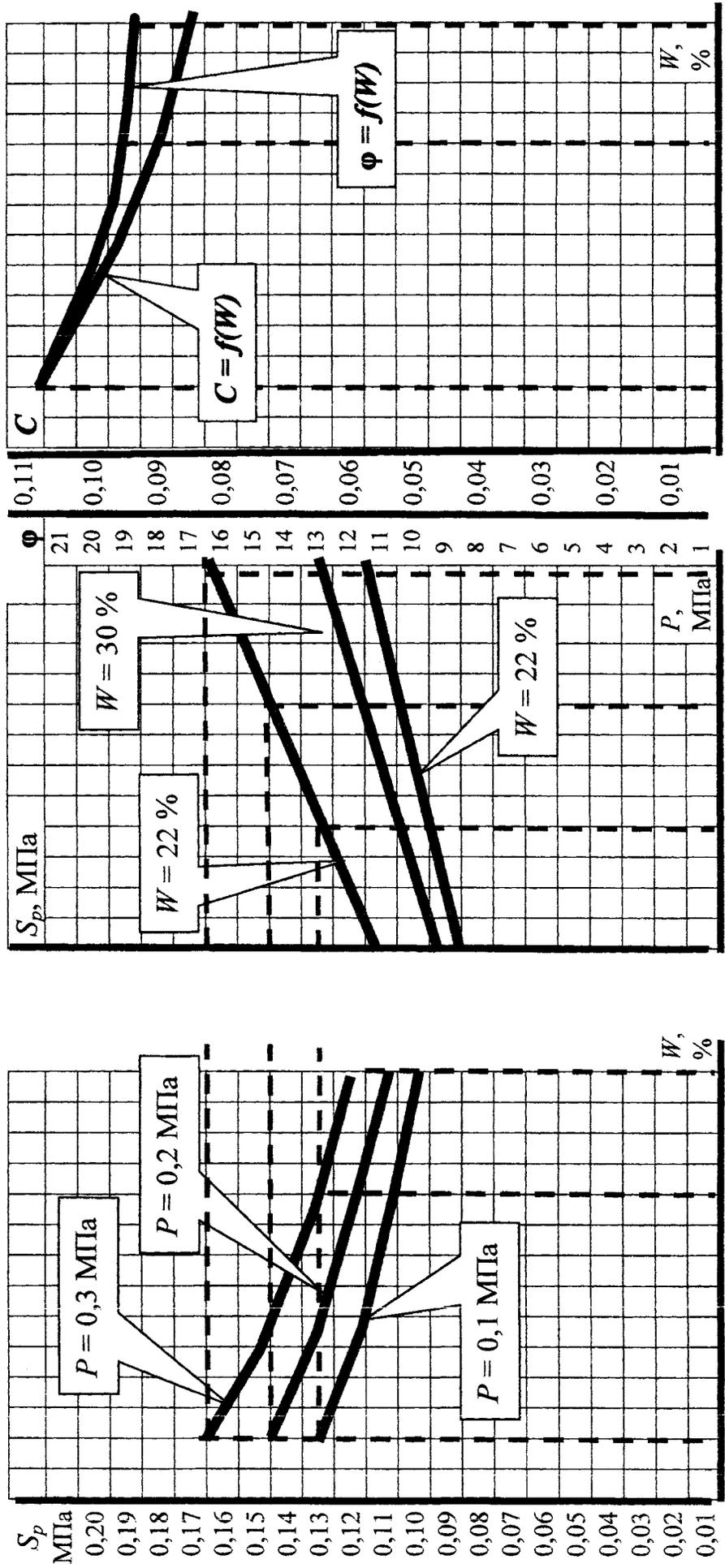
$$C = f(W) \quad \text{и} \quad \varphi = f(W).$$

Первые два графика имеют одинаковую вертикальную ось с общими значениями касательного напряжения.

1.2. В первом квадрате проводят прямоугольную систему координат в следующем масштабе:

по вертикали – τ – 0,01 МПа – 5 мм;

по горизонтали – W – 1 % – 5 мм (наименьшее значение влажности помещают в начало координат).



а б в

Рис. 9.1. График зависимости сопротивляемости сдвигу скрытопластичных глинистых грунтов

1.3. На координатных осях в соответствии с исходными данными строят три зависимости касательного напряжения от влажности при $P = 0,1$ МПа, $P = 0,2$ МПа, $P = 0,3$ МПа.

Графики имеют убывающую тенденцию касательного напряжения при увеличении влажности грунта.

2. Строят график зависимости касательного напряжения от нормального напряжения при постоянных значениях влажности.

2.1. На основании графика a (или по исходным данным) снимают значения касательного напряжения при влажности $W = 22 \%$, $W = 30 \%$, $W = 34 \%$. Получают прямолинейные зависимости, которые соответствуют закону Кулона для связных грунтов. Эти прямые характеризуются углом наклона к горизонтальной проекции и отрезком, отсекаемым от оси ординат.

3. Строят график, который имеет две вертикальные оси:

- ось угла внутреннего трения φ ;
- ось сцепления C .

3.1. Ось угла внутреннего трения проводят в масштабе $1^\circ = 5$ мм.

Ось сцепления проводят в масштабе $0,01$ МПа = 10 мм.

Горизонтальная ось выполняется в том же масштабе, что и график a : 1% $W = 5$ мм.

3.2. Строят кривую зависимости угла внутреннего трения от влажности.

Транспортиром измеряют углы наклона кривых на втором графике: для влажности $W = 22 \%$; $W = 30 \%$, $W = 34 \%$. Кривая характеризуется уменьшением угла внутреннего трения при возрастании влажности грунта.

3.3. Строят кривую зависимость сцепления от влажности.

Измеряют отрезки на втором графике, отсекаемые прямыми линиями от оси ординат, и переносят эти значения на третий график. Кривая характеризуется уменьшением сцепления при возрастании влажности грунта.

3.4. Из табл. 9.1. делаем вывод, что консистенция глинистого грунта изменяется от полутвердой до тугопластичной.

Заключение

Построен график зависимости касательного напряжения от влажности при постоянном нормальном напряжении. На основании этого графика построен график зависимости касательного напряжения от нормального давления, на котором измерены углы внутреннего трения грунта и сцепления. По полученным значениям построен график изменения угла внутреннего трения и сцепления в зависимости от влажности.

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ

Практическая работа № 10

РАЗРАБОТКА ТЕХНИЧЕСКИ ОБОСНОВАННЫХ НОРМ РАСХОДА МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ

Введение

Производственная деятельность проектных, строительных и эксплуатационных организаций дорожной отрасли неразрывно связана с экономическими проблемами народного хозяйства республики. Каждое техническое и организационное решение требует экономического обоснования, оценки и сопоставления с общими процессами и показателями, которые действуют в данный момент в экономике государства.

В Республике Беларусь разработана и функционирует система экономического анализа, базирующаяся на законах государства и научных разработках применительно к дорожной отрасли.

Разработка проектно-сметной документации, подсчет фактических материальных, трудовых и финансовых затрат по каждому виду деятельности предприятия базируется на действующих нормативах, директивных решениях и указаниях.

В настоящее время при проектировании и строительстве автомобильных дорог применяются:

технические кодексы установившейся практики (ТКП):

ТКП 45–3.03–19–2006: «Автомобильные дороги. Нормы проектирования» (введен с отменой на территории Республики Беларусь СНиП 2.05.02–85);

ТКП 059–2007: «Автомобильные дороги. Правила устройства» (введен с отменой на территории Республики Беларусь СНиП 3.06.03–85);

ТКП 035–2006: «Приемка в эксплуатацию автомобильных дорог и искусственных сооружений, законченных строительством, реконструкцией и капитальным ремонтом»;

ТКП 028–2006: «Автомобильные дороги. Основания из материалов, укрепленных неорганическими вяжущими»;

ТКП 094–2007: «Автомобильные дороги. Правила устройства асфальтобетонных покрытий и защитных слоев» и др.;

пособия:

пособие П12–2000 к СНБ 5.01.01–99: «Контроль степени уплотнения грунтов при возведении земляных сооружений»;

пособие П2–01 к СНиП 2.05.02–85: «Проектирование земляного полотна автомобильных дорог»;

пособие П2–02 к СНиП 3.06.03–85: «Устройство земляного полотна автомобильных дорог»;

пособие П1–98 к СНиП 3.06.03–85: «Строительство цементобетонных оснований и покрытий автомобильных дорог»;

пособие П1–01 к СНиП 2.05.02–85: «Проектирование местных автомобильных дорог низших категорий» и др.;

руководящие документы:

РД 0219.1.14–99: «Руководство по контролю качества минеральных материалов для дорожных работ»;

РД 0219.1.02–90: «Приемка работ при капитальном ремонте автомобильных дорог и искусственных сооружений»;

РД 0219.1.13–99: «Приемка работ при содержании и текущем ремонте автомобильных дорог»;

РД 0219.1.07–2002: «Устройство и ремонт поверхностной обработки покрытий автомобильных дорог»;

РД 0219.1.09–99: «Дорожные технологии на основе катионных эмульсий»;

РД 0219.1.23–2002: «Устройство защитных слоев износа покрытий автомобильных дорог по мембранной технологии»;

РД 0219.1.33–2004: «Классификация и состав работ по ремонту и содержанию автомобильных дорог» и др.;

методические рекомендации (ДМД – дорожный методический документ):

ДМД 02191.2.005–2006: «Методические рекомендации по ремонту цементобетонных покрытий автомобильных дорог» и др.;

Стандарты Республики Беларусь:

СТБ 943–2007: «Грунты. Классификация»;

СТБ 1033–2004: «Смеси асфальтобетонные дорожные, аэродромные и асфальтобетон. Технические условия»;

СТБ 1257–2001: «Смеси битумно-минеральные горячие, литые и литой асфальт. Технические условия»;

СТБ 1566–2005: «Дороги автомобильные. Методы испытаний» и др.;

Межгосударственные стандарты:

«Смеси органоминеральные и укрепленные органическими вяжущими грунты для дорожного и аэродромного строительства» и др.

Техническое нормирование – это система применения нормативных документов, определяющих наиболее рациональное использование в строительстве трудовых, денежных и материальных ресурсов.

Техническое нормирование включает в себя методы исследования затрат труда, времени, материалов, заработной платы и других ресурсов с целью обоснования производственных норм и повышения эффективности строительного производства.

Нормативные документы – это технические нормы затрат труда, материалов, работы строительных и дорожных машин, механизмов, времени и финансов на строительство различных объектов.

В дорожном строительстве применяют различные технические нормы. Это ресурсно-сметные нормы на строительные конструкции и работы (РСН) (сб. 1.

«Земляные работы для строительства в сельской местности»: СНБ 8.03.101–2000; сб. 27. «Автомобильные дороги для строительства в сельской местности»: СНБ 8.03.127–2000), единые нормы и расценки на строительные, монтажные и ремонтно-строительные работы (ЕНиР) (например, сб. 2. «Земляные работы». Вып. 1. «Механизированные и ручные земляные работы»), различные ценники на материалы, машины, оборудование, технические условия (ТУ) и государственные стандарты (ГОСТ).

Ресурсно-сметные нормы на строительные конструкции и работы включают нормы и расценки на выполнение работ по сооружению новых и реконструкции существующих автомобильных дорог общего пользования, лесовозных дорог, временных автомобильных дорог.

РСН к СНБ 8.03.127 состоят из сорока разделов, основными из которых являются:

01. «Основания и покрытия из грунтов, укрепляемых органическими вяжущими материалами»;

02. «Основания и покрытия из грунтов, укрепляемых неорганическими вяжущими материалами»;

04. «Подстилающие и выравнивающие слои основания»;

06. «Основания и покрытия из песчано-гравийных смесей оптимального состава»;

07. «Основания и покрытия из щебеночных материалов»;

13. «Цементобетонные основания и покрытия»;

14. «Поверхностная обработка покрытия органическими вяжущими материалами»;

19. «Покрытия из горячих асфальтобетонных смесей»;

24. «Приготовление асфальтобетонных смесей на асфальтобетонных заводах в построечных условиях»;

28. «Цементобетонные покрытия, устраиваемые машинами высокопроизводительного бетоноукладочного комплекса со скользящими формами».

При проектировании состава асфальтобетонной смеси применяют нормы расхода составляющих компонентов, приведенные в расценках Е27-67-1–Е27-67-22. Техническое нормирование расхода материалов – это определение нормативной потребности в материалах на единицу продукции.

Техническая норма расхода материала – это количество основных и вспомогательных материалов, установленное методами технического нормирования, необходимое для производства единицы доброкачественной продукции.

Существуют три метода нормирования материалов: производственный, расчетно-аналитический и лабораторный.

При определении потребности в машинах и механизмах применяют нормы расхода в маш.-ч, приведенные в расценках Е27-53-1–Е27-53-14.

Заработная плата рабочих, занятых на приготовлении асфальтобетонной смеси и укладке покрытия, и заработная плата машинистов принимаются по вышеперечисленным расценкам.

Задание

1. Определить потребность в материалах при устройстве верхнего слоя асфальтобетонного покрытия
2. Определить потребность в механизмах.
3. Определить потребность в трудозатратах.
4. Определить потребность в заработной плате машинистов и рабочих, занятых на приготовлении асфальтобетонной смеси и укладке ее в покрытие.

Для расчета используются исходные данные, представленные в табл. П10.

Пример расчета

Исходные данные

1. Вариант –	26.
2. Категория дороги –	II.
3. Длина участка, км –	5.
4. Толщина слоя, см –	6.
5. Зернистость смеси, ее тип, плотность каменные материалы – плотная мелкозернистая смесь, тип А, 2,8 т/м ³ .	
6. Срок строительства, смен –	20.

Порядок расчета

1. Определяют потребность в материалах при устройстве верхнего слоя асфальтобетонного покрытия.

1.1. Определяют объем работ по формуле

$$V = L \cdot (B + 2b) = 5000 \cdot (7 + 2 \cdot 0,75) = 42500 \text{ м}^2,$$

где L – длина строящегося участка (исходные данные), км;

B – ширина проезжей части, принимается по табл. 10.1;

b – ширина укрепленной полосы обочины, принимается по табл. 10.1.

1.2. Определяют потребность в материалах. Расчет ведут в табличной форме (табл. 10.2).

1.2.1. Согласно исходным данным на расчетной площади необходимо устроить асфальтобетонное покрытие из плотной мелкозернистой смеси типа А с плотностью каменного материала 2,8 т/м³ и толщиной 6 см.

По содержанию щебня в процентах от общей массы горячие плотные асфальтобетонные смеси подразделяют:

- на тип А – щебня от 50 до 60 %;
- тип Б – щебня от 35 до 50 %;
- тип В – щебня от 20 до 35 %.

Основные параметры поперечного профиля дорожного полотна

Наименование параметра поперечного профиля	Значение параметра поперечного профиля				
	Категории				
	I б, I в	II	III	IV	V
1. Число полос движения	4, 6	2	2	2	2
2. Ширина полосы движения, м	3,5	3,5	3,5	3,0	2,75
3. Ширина проезжей части, м	7 × 2 10,5 × 2	7	7	6	5,5
4. Ширина обочины, в т.ч.:	3,0	3,0	2,5	2,0	1,25
укрепленной полосы	0,5	0,75	0,5	0,5	–
остановочной полосы	2,5	–	–	–	–
5. Ширина земляного полотна	22	13	12	10	8

Таблица 10.2

Результаты расчета потребности в материалах

Основание	Наименование показателей	Ед. изм. кол-во единиц	Потребность в материалах				
			А/б, т	Щ, м ³	П, м ³	МП, т	Б, т
РСН Сборник 27 СНБ 8.03.127–2000 Е27-53-1 Е27-54-1	Покрытие толщиной 6 см из горячей плотной мелкозернистой смеси типа А с плотностью каменных материалов 2,8 т/м ³	$\frac{1000 \text{ м}^2}{42,5}$	$\frac{148,2}{6299}$	–	–	–	–
Е27-67-1	Расход материала на 100 т асфальтобетонной смеси	$\frac{100 \text{ т}}{62,99}$	–	$\frac{38,1}{2400}$	$\frac{22,8}{1437}$	$\frac{6,68}{421}$	$\frac{5,61}{354}$

Норма расхода по Е27-53-1 для асфальтобетонной смеси составляет 98,8 т для толщины 4 см. При изменении толщины на 0,5 см добавляют норму расхода 12,35 т.

Общая норма составит

$$98,8 + (12,35 \cdot 4) = 148,2 \text{ т.}$$

1.2.2. Определяют расход материала по расценке Е27-67-1 (асфальтобетонная смесь типа А плотной, мелкозернистой с плотностью каменных материалов 2,5–2,9 т/м³, из фракционного щебня для горячей укладки из расчета на 100 т смеси:

- щебень – 38,1 м³;
- песок – 22,8 м³;

- минеральный порошок – 6,68 т;
- битум вязкий – 5,61 т.

Полное количество компонентов определяем путем умножения полученных данных на количество единиц.

2. Определяют потребность в механизмах при укладке асфальтобетонного покрытия.

2.1. При устройстве покрытия из горячих асфальтобетонных смесей выполняют следующие работы:

- очищают основание от пыли и грязи;
- укладывают асфальтобетонную смесь с обрубкой краев, устранением дефектов, трамбованием мест, недоступных укатке;
- укатывают;
- вырубают образцы и заделывают вырубку.

На этих работах задействованы следующие машины:

- каток дорожный самоходный гладкий весом 8 т;
- каток дорожный самоходный гладкий весом 13 т;
- укладчик асфальтобетона;
- средства малой механизации.

Приготавливают смесь на асфальтобетонном заводе с дистанционным управлением производительностью 50 т/ч.

Потребность в машинах определяют по формуле

$$N_M = \frac{P_{\text{маш.-ч}}}{T_{\text{см}} \cdot n_{\text{см}}} = \frac{187}{8 \cdot 20} = 1,2 \approx 2,$$

где $P_{\text{маш.-ч}}$ – потребность в маш.-ч;

$T_{\text{см}}$ – продолжительность смены, ч;

$n_{\text{см}}$ – срок строительства в сменах.

Результаты расчетов заносят в табл. 10.3.

Таблица 10.3

Результаты расчета потребности в механизмах

Основание	Наименование механизмов	Ед. измерения Кол-во ед.	Потребность в маш.-ч	Потребность в механизмах
E27-53-1	Укладчик асфальтобетона	$\frac{1000 \text{ м}^2}{42,5}$	$\frac{4,4}{187}$	$\frac{187}{8 \cdot 20} = 1,2$ (2)
E27-53-1	Каток дорожный самоходный гладкий 8 т	$\frac{1000 \text{ м}^2}{42,5}$	$\frac{5,45}{232}$	$\frac{232}{8 \cdot 20} = 1,5$ (2)
E27-53-1	Каток дорожный самоходный гладкий 13 т	$\frac{1000 \text{ м}^2}{42,5}$	$\frac{15,86}{674}$	$\frac{674}{8 \cdot 20} = 4,2$ (5)
E27-67-1	Завод асфальтобетонный с дистанционным управлением 50 т/ч	$\frac{100 \text{ т}}{62,99}$	$\frac{3,24}{204}$	$\frac{204}{8 \cdot 20} = 1,3$ (2)

3. Определяют потребность в трудовых затратах.

3.1. На устройстве покрытия из горячей асфальтобетонной смеси и приготовления этой смеси заняты рабочие-строители и машинисты на укладчике и катках. Трудозатраты в человеко-часах рассчитывают в табличной форме (табл. 10.4).

Таблица 10.4

Определение потребности в трудовых затратах

Основание	Наименование показателей	Ед. измерения кол-во единиц	Трудозатраты, чел.-ч
E27-53-1	Затраты труда рабочих-строителей, занятых на устройстве покрытия	$\frac{1000 \text{ м}^2}{42,5}$	$\frac{52,75}{2242}$
E27-53-1	Затраты машинистов: укладчика асфальтобетона	$\frac{1000 \text{ м}^2}{42,5}$	$\frac{27,74}{1179}$
E27-53-1	катка гладкого 8 т	$\frac{1000 \text{ м}^2}{42,5}$	$\frac{27,74}{1179}$
E27-53-1	катка гладкого 13 т	$\frac{1000 \text{ м}^2}{42,5}$	$\frac{27,74}{1179}$
E27-67-1	Затраты труда рабочих-строителей, занятых на приготовлении смеси	$\frac{100 \text{ т}}{62,99}$	$\frac{21,1}{1329}$
E27-67-1	Затраты машиниста асфальтобетонного завода	$\frac{100 \text{ т}}{62,99}$	$\frac{45,36}{2858}$
Итого			9966

3.2. Определяют численность рабочих

$$N_p = \frac{P_{\text{чел.-ч}}}{T_{\text{см}} \cdot n_{\text{см}}} = \frac{9966}{8 \cdot 20} = 63 \text{ чел.}$$

4. Определяют потребность в заработной плате.

4.1. Расчет заработной платы осуществляется аналогично расчету трудозатрат. Результаты сводят в табл. 10.5.

Таблица 10.5

Расчет потребности в заработной плате

Основание	Наименование показателей	Ед. измерения кол-во единиц	Трудозатраты, чел.-ч
1	2	3	4
E27-53-1	Заработная плата рабочих-строителей, занятых на устройстве покрытия	$\frac{1000 \text{ м}^2}{42,5}$	$\frac{99,17}{4215}$
E27-53-1	Заработная плата машинистов: укладчика асфальтобетона	$\frac{1000 \text{ м}^2}{42,5}$	$\frac{55,5}{2359}$

1	2	3	4
E27-53-1	катка гладкого 8 т	$\frac{1000 \text{ м}^2}{42,5}$	$\frac{55,5}{2359}$
E27-53-1	катка гладкого 13 т	$\frac{1000 \text{ м}^2}{42,5}$	$\frac{55,5}{2359}$
E27-67-1	Заработная плата рабочих-строителей, занятых на приготовлении смеси	$\frac{100 \text{ т}}{62,99}$	$\frac{36,42}{2294}$
E27-67-1	Заработная плата машиниста асфальтобетонного завода	$\frac{100 \text{ т}}{62,99}$	$\frac{61,59}{3880}$
Итого			17466

Заключение

Для устройства верхнего слоя асфальтобетонного покрытия на автомобильной дороге II категории протяженностью 5 км требуется 6299 т асфальтобетона, на приготовление которого необходимо:

- 2400 м³ щебня;
- 1437 м³ песка;
- 421 т минерального порошка;
- 354 т вязкого битума.

Для укладки асфальтобетонного покрытия необходимы:

- 2 укладчика асфальтобетона;
- 2 катка самоходных, гладких весом 8 т;
- 5 катков самоходных, гладких весом 13 т;
- 2 завода асфальтобетонных с дистанционным управление производительностью 50 т/ч.

Весь объем работ будет выполнен 63 рабочими-строителями и машинистами. Общий фонд заработной платы составит 17466 руб.

Практическая работа № 11

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЧИСЛА СМЕН ДЛЯ ОТДЕЛЬНЫХ ВИДОВ РАБОТ И РАСЧЕТ СКОРОСТИ ДОРОЖНО-СТРОИТЕЛЬНОГО ПОТОКА

Введение

Выполнение отдельных видов работ при строительстве автомобильной дороги связано с использованием современной техники, оборудования, применением прогрессивных технологий и способов, привлечением к работе квалифицированных специалистов. Все это влияет на продолжительность выполнения каждого вида работ, а в сумме это составляет срок строительства объекта или

дороги в целом. Расчет рабочего времени производится исходя из количества рабочих смен в неделю, количества часов в рабочую смену, количества выходных и праздничных дней, количества рабочих смен. Эксплуатация техники включает не только работу на объекте, но и техническое обслуживание механизмов, проведение ремонтных и профилактических работ.

При расчете продолжительности строительства необходимо учитывать положения Трудового кодекса Республики Беларусь, а также Закона Республики Беларусь от 20.07.2007 г. № 272-З, внесшего значительные изменения в Трудовой кодекс.

Для определения числа смен полезной работы, в течение которых должен быть построен объект, необходимо учесть выходные и праздничные дни, дни простоев по непредвиденным и климатическим обстоятельствам, простоев машин во время ремонта и технического обслуживания.

Расчет проводят в соответствии с «Методическими указаниями Госстроя СССР по определению годовых режимов работы и эксплуатационной производительности строительных машин».

Комплекс работ по строительству автомобильной дороги включает следующие основные виды, которые имеют определенный коэффициент значимости:

- подготовительные работы (коэффициент значимости – 0,5);
- возведение земляного полотна (1,0);
- строительство искусственных сооружений (0,9);
- строительство оснований дорожных одежд (0,9);
- строительство дорожных одежд (1,0);
- строительство зданий и сооружений дорожной и автотранспортной службы (0,6);
- обустройство дороги (0,7).

Подготовительными называются работы, осуществляемые перед возведением земляного полотна и заключающиеся в выполнении таких работ, как: восстановление и закрепление трассы, расчистка полосы отвода, разбивка элементов земляного полотна, устройство временных дорог и объездов, постройка временных сооружений, осушение местности, снятие и складирование плодородного слоя.

В то же время перед любым видом работ производится подготовка, заключающаяся в создании условий, необходимых для проведения основных работ. Подготовка к строительству каждого объекта предусматривает изучение инженерно-технической документации и ознакомление с условиями строительства, разработку проектов производства работ, получение разрешения на выполнение работ.

Земляное полотно – это сооружение из грунта правильной формы в виде насыпи или выемки, служащее основанием для возведения конструктивных слоев дорожной одежды, обеспечивающее продольные и поперечные уклоны проезжей части дороги и поддерживающее необходимый влажностный режим конструкции.

Искусственные транспортные сооружения – это инженерные конструкции, располагаемые над окружающей местностью и поднимающие проезжую часть на необходимую высоту (мосты, путепроводы, трубы) или внутри горного массива (тоннель), естественного залегания грунта (метро), обеспечивающие пропуск воды, людей, транспортных средств, скота, устраиваемые при пересечении дороги с другой дорогой, а также с водными преградами, оврагами.

Дорожная одежда – это многослойная конструкция, состоящая из отдельных слоев дорожно-строительных материалов с использованием минеральных и органических вяжущих, предназначенная для перераспределения давления на грунт земляного полотна или естественного залегания от действия транспортной нагрузки, обеспечивающая расчетный срок службы и транспортно-эксплуатационные показатели автомобильной дороги.

Обустройство дороги – это комплекс дорожных сооружений, обеспечивающих эксплуатационную сохранность дороги, защиту окружающей среды от шума, выбросов, регулирование транспортных потоков, технического обслуживания автомобилей и сервисного обслуживания участников дорожного движения и предназначенных для организации безопасного дорожного движения.

Задание

1. Определить количество рабочих смен по каждому отдельному месяцу в течение всего срока строительства.
2. Определить число смен полезной работы за расчетный период.
3. Определить число смен полезной работы на подготовительных работах и при сооружении дорожной одежды.
4. Рассчитать скорость дорожно-строительного потока.

Для расчета используются исходные данные, представленные в табл. П11.

Пример расчета

Исходные данные

1. Вариант –	26.
2. Продолжительность строительства –	12 мес.
3. Начало строительства –	апрель.
4. Длина участка строительства, км –	15.
5. Время на развертывание потока, смен –	10.
6. Объем земляных работ, м ³ :	
грейдерных –	1150;
бульдозерных –	1797;
скреперных –	3591;
экскаваторных –	20744;
выторфовывание экскаватором –	8550.

Порядок расчета

1. Определить количество рабочих смен по каждому отдельному месяцу в течение всего срока строительства.

1.1. Определяют количество дождливых дней, праздничных и выходных, приходящихся на один день месяца, в каждом месяце строительства по следующей формуле:

$$D = D_1 \left(1 - \frac{D_2}{D_k} \right),$$

где D – количество нерабочих дней;

D_1 – количество дождливых дней:

для I кв. – 0,6 или по 0,2 на месяц;

для II кв. – 3,9 или по 1,3 на месяц;

для III кв. – 4,8 или по 1,6 на месяц;

для IV кв. – 1,8 или по 0,6 на месяц;

D_2 – количество выходных и праздничных дней в месяце;

D_k – число календарных дней в месяце.

$$D = 1,3 \left(1 - \frac{8}{30} \right) = 0,95.$$

1.2. Определяют затраты на проведение ТО и ремонта

$$D_{\text{рем}} = \frac{(D_k - D_{\text{п}}) K_{\text{см}} \Pi_{\text{см}} P_2}{1 + K_{\text{см}} \Pi_{\text{см}} P_2},$$

где D_k – число календарных дней;

$D_{\text{п}} = D_1 + D_2 + D_{\text{н}}$, т.е. сумма дней простоев по всем причинам, кроме ТО и ремонта;

$D_{\text{н}}$ – число дней простоев машин по непредвиденным причинам, принимаем равным 3 % от календарного времени, за вычетом выходных и праздничных дней;

$K_{\text{см}}$ – коэффициент сменности, принимаемым:

для I и IV кв. $K_{\text{см}} = 1,0$;

для II и III кв. $K_{\text{см}} = 2,0$;

$\Pi_{\text{см}}$ – продолжительность смены равна 8 ч;

P_2 – количество дней нахождения машин в ремонте, приходящихся на 1 ч работы машин, принимаем равным 0,0138.

$$D_{\text{рем}} = \frac{(30 - 9,96) \cdot 2 \cdot 8,0 \cdot 0,0138}{1 + 2 \cdot 8,0 \cdot 0,0138} = 3,62;$$

$$D_{\text{п}} = 1,3 + 8 + (30 - 8) \cdot 0,03 = 9,96.$$

1.3. Определяют количество рабочих дней по каждому отдельному месяцу

$$D_p = D_k - (D + D_2 + D_n + D_{\text{рем}}),$$

где D_k – число календарных дней в месяце;

D – количество дождливых, праздничных и выходных дней, приходящиеся на один день месяца;

D_2 – количество выходных и праздничных дней в месяце;

D_n – число дней простоев машин по непредвиденным причинам;

$D_{\text{рем}}$ – затраты на проведение ТО и ремонта.

$$D_p = 30 - (0,95 + 8 + (30 - 8) \cdot 0,03 + 3,62) = 16,77.$$

2. Определить число смен полезной работы за расчетный период.

2.1. Определяют количество рабочих смен в месяце

$$D_{\text{рс}} = D_p \cdot K_{\text{см}};$$

$$D_{\text{рс}} = 16,77 \cdot 2 = 33,54 \approx 34.$$

2.2. Результаты расчета по каждому месяцу заносят в табл. 11.1.

Таблица 11.1

Результаты расчета числа смен полезной работы

Месяц	D_k	D_1	D_2	D_n	D	D_n	$K_{\text{см}}$	$D_{\text{рем}}$	D_p	$D_{\text{рс}}$
4	30	1,3	8	0,66	0,95	9,96	2,0	3,62	16,77	34
5	31	1,3	10	0,63	0,88	11,93	2,0	3,45	16,92	34
6	30	1,3	8	0,66	0,95	9,96	2,0	3,63	17,71	36
7	31	1,6	10	0,63	1,083	12,23	2,0	3,40	16,97	34
8	31	1,6	8	0,69	1,187	10,29	2,0	3,75	18,56	38
9	30	1,6	8	0,66	1,173	10,26	2,0	3,57	17,76	36
10	31	0,6	10	0,63	0,406	11,23	1,0	1,97	18,40	19
11	30	0,6	9	0,63	0,42	10,23	1,0	1,97	18,40	19
12	31	0,6	9	0,66	0,425	10,26	1,0	2,06	19,28	20
1	31	0,2	11	0,6	0,13	11,8	1,0	1,91	17,36	18
2	29	0,2	8	0,6	0,14	8,8	1,0	2,01	18,25	19
3	31	0,2	9	0,66	0,142	9,86	1,0	2,10	19,09	20
Итого										327

3. Определяют число смен полезной работы на подготовительных работах и при сооружении дорожной одежды.

3.1. Определяют число смен для подготовительных работ. Продолжительность устанавливают с таким расчетом, чтобы они опережали работы по устройству труб и возведению земляного полотна. Продолжительность (в сменах) подготовительных работ назначается исходя из формулы

$$D_{рс пр} = D_{рс} \cdot (0,06 - 0,1) = 327 \cdot 0,08 = 27 \text{ см.}$$

3.2. Определяют количество рабочих смен, в течение которых выполняются земляные работы.

3.2.1. Определяют полный объем земляных работ на основании исходных данных с учетом объемов грейдерных, бульдозерных, скреперных, экскаваторных, а также работ по выторфовыванию.

3.2.2. Рассчитывают процент каждого вида работ в составе общего объема.

3.2.3. Определяют количество смен каждого вида земляных работ с учетом того, что на 1 % вида работ приходится 1,5 смены.

3.2.4. Определяют количество рабочих смен, в течение которых выполняются земляные работы. Результаты расчетов заносят в табл. 11.2.

Таблица 11.2

Определение количества смен для выполнения земляных работ

Вид работ	Объем работ	Процент каждого вида, %	Количество рабочих смен в период строительства
Грейдерные	1150	6	9
Бульдозерные	1797	11	17
Скреперные	3591	61	92
Экскаваторные	20744	20	30
Выторфовывание экскаватором	8550	2	3
Всего	35777	100	151

На основании расчета $D_{рс зр} = 151$ смена.

3.3. Определяют количество рабочих смен, необходимых для сооружения дорожной одежды в расчетный период строительства по следующей формуле:

$$D_{рс до} = D_{рс} - D_{пр} - D_{рс зр}.$$

$$D_{рс до} = 327 - 27 - 151 = 149 \text{ см.}$$

3.4. Определяют скорость дорожно-строительного потока

$$V_{\text{п}} = \frac{L}{\sum D_{\text{рс до}} - t_{\text{р}}} \text{ м/смену,}$$

где L – длина участка дороги, м;

$D_{\text{рс до}}$ – количество рабочих смен на сооружение дорожной одежды;

$t_{\text{р}}$ – время на развертывание потока.

$$V_{\text{п}} = \frac{15000}{149-10} = 107,9 \text{ м/смену.}$$

Принимаем скорость потока равной 108 м в смену.

Заключение

В результате выполненных расчетов определено количество рабочих смен по каждому отдельному месяцу в течение 12 месяцев строительства.

Количество смен полезной работы за 12 месяцев составило 327 смены.

Подготовительные работы должны быть закончены в течение 27 смен, а строительство дорожной одежды выполнено за 149 смен.

Скорость дорожно-строительного потока составляет 108 м в смену.

ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫЕ РАБОТЫ

Практическая работа № 12

РАСЧЕТ ОБЪЕМОВ И РЕСУРСОВ ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫХ РАБОТ

Введение

К подготовительным работам, которые должны быть выполнены до начала возведения земляного полотна относят:

- восстановление и закрепление трассы;
- расчистку полосы отвода;
- удаление растительного слоя;
- разбивочные работы;
- устройство временных дорог;
- постройку временных сооружений, линий связи, линий электропередач и т.д.

Трасса – это линия (геометрическая ось дороги), определяющая положение на местности.

Восстановление и закрепление трассы осуществляется:

- прочно забитыми кольями и высокими вехами (3–4 м) с выносами за пределы зоны работ землеройно-транспортных машин;

– вкопанными столбами (высотой 0,5–0,7 м) для обозначения углов поворота и полосы отвода;

– колышками для обозначения водоотводных каналов и резервов.

Очистка дорожной полосы от леса и кустарника производится после восстановления трассы. При значительном количестве деревьев и большом их диаметре вначале производится спиливание дерева с помощью электромоторных или бензомоторных пил. Деревья очищают от сучьев и транспортируют на промежуточный склад трелевочными тракторами (рис. 12.1).

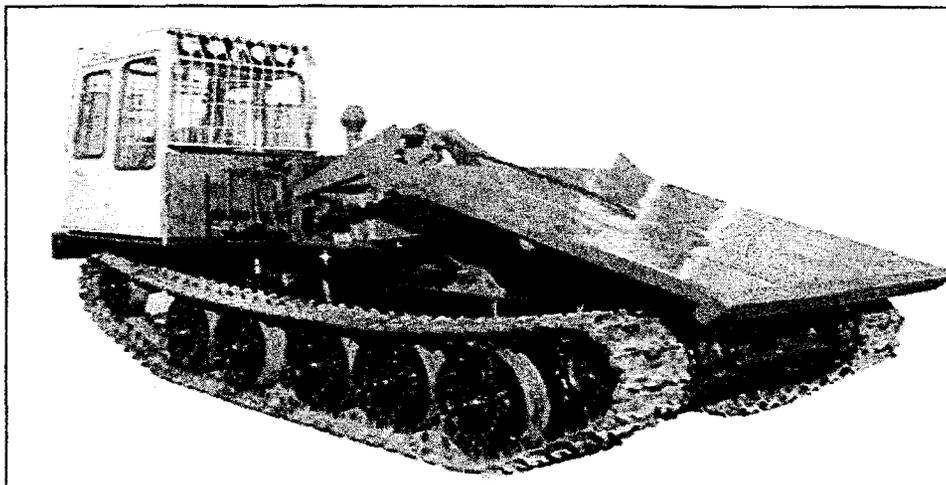


Рис.12.1. Трелевочный трактор

После валки деревьев необходимо выкорчевать пни. Корчевка пней выполняется во всех случаях, когда насыпь земляного полотна не превышает 1,5 м. При насыпях от 1,5 до 2,0 м пни могут быть оставлены, однако они должны быть срезаны вровень с землей, а при насыпях более 2,0 – на высоте 10 см от земли. Пни убирают корчевателями-собираателями (рис. 12.2), а при небольших объемах – бульдозерами. Остающиеся ямы после корчевки пней засыпают грунтом.

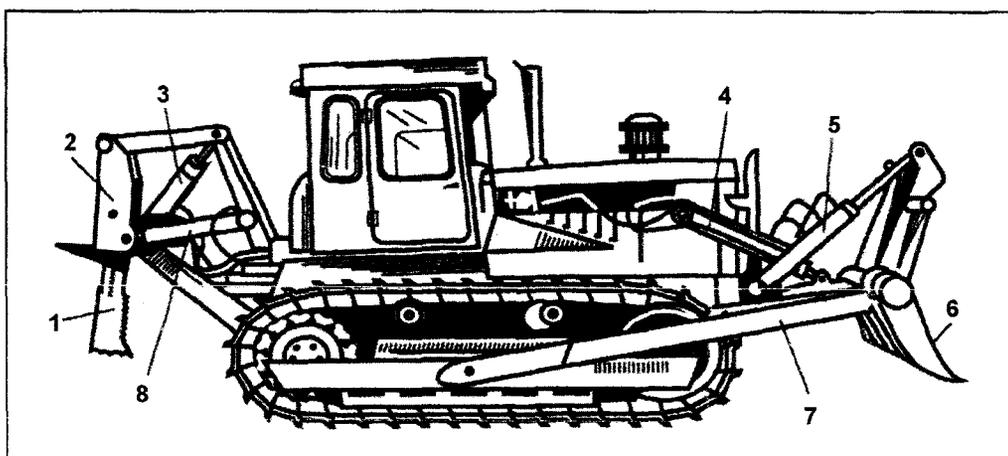


Рис.12.2. Корчеватель-собираатель:

1 – задний корчеватель; 2 – балка; 3, 4, 5, 8 – гидроцилиндры;
6 – сменные зубья; 7 – рама

Кустарник удаляют с помощью бульдозеров или кусторезов (рис. 12.3). Срезанный кустарник сгребают корчевателями-собираателями или кустарниковыми граблями в валик.

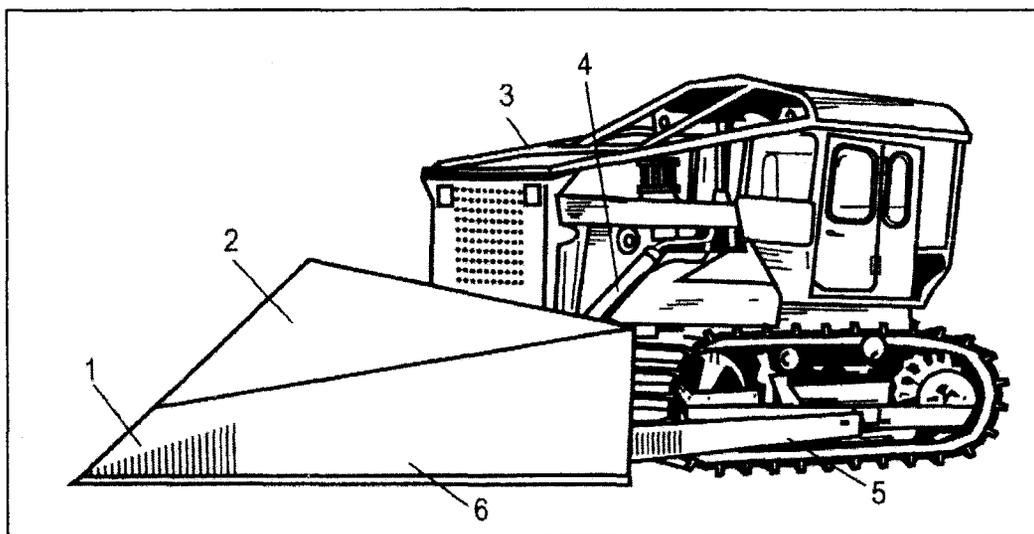


Рис. 12.3. Кусторез с пассивным рабочим органом:
1 – носовой лист; 2 – клинообразный отвал; 3 – защитное ограждение;
4 – гидроцилиндр; 5 – рама; 6 – пилообразные ножи

Растительный слой снимают по всей площади, отведенной для строительства дороги, и укладывают в отвалы для последующего использования. Работу выполняют с помощью бульдозеров и скреперов. Толщина снимаемого слоя составляет:

- на задернованных участках – 8–12 см;
- на пахотных землях – 15–18 см;
- на залесенных участках – 15–20 см.

Разбивка земляного полотна состоит в нанесении и закреплении на местности основных точек, определяющих поперечные размеры будущих насыпей (границы их подошвы) и верхние бровки выемок с учетом уклона местности, толщины снимаемого растительного слоя и расположения боковых канав и резервов. Эти границы отмечают кольями, забитыми через 25–50 м или бороздами, вырезанными автогрейдером.

В соответствии с перечисленными работами, относящимися к подготовительным, объемы рассчитываются для:

- рубки леса и валки деревьев;
- их разделки и трелевки;
- корчевания пней и засыпки ям;
- очистки от кустарников и мелколесья;
- снятия плодородного слоя с площади, отведенной под строительство автомобильной дороги.

Лес и кустарник удаляют с площади полосы отвода. Ширина полосы отвода принимается в соответствии с категорией дороги в следующих размерах:

I категория – по 32 метра от оси дороги в обе стороны;

II категория – по 16 метров от оси дороги;

III – по 14 метров от оси дороги;

IV – по 13 метров от оси дороги;

V – по 12 метров от оси дороги.

Объемы работ по валке леса устанавливаются в соответствии с СНБ 8.03.101. Согласно строительным нормам объем древесины, получаемый с 1 га леса, принимают в зависимости от крупности леса, диаметра ствола и пня, густоты леса (табл. 12.1).

Таблица 12.1

Характеристика леса в зависимости от крупности и диаметра ствола

Крупность леса	Диаметр, см		Густота леса	Число деревьев на 1 га
	Ствола	Пня		
Крупный	Более 32	Более 34	Густой	300
			Средней густоты	190
			Редкий	70
Средней густоты	До 32	До 34	Густой	530
			Средней густоты	350
			Редкий	170
Мелкий	До 24	До 26	Густой	960
			Средней густоты	600
			Редкий	420
Очень мелкий	До 16	До 18	Густой	1550
			Средней густоты	1000
			Редкий	570

Задание

1. Составить ведомость объемов по валке леса, корчевке пней, засыпке ям после корчевки и срезки кустарника.
2. Определить ширину подошвы насыпи земляного полотна.
3. Составить ведомость объема удаления растительного слоя грунта.
4. Произвести расчет ресурсов для выполнения подготовительных работ.
5. Скомплектовать специализированные звенья.

Для расчета используются исходные данные, представленные в табл. П12.

Пример расчета

Исходные данные

1. Вариант –	26.
2. Категория дороги –	II.
3. Крупность леса –	средняя.
4. Диаметр ствола, см –	31.
5. Диаметр пня, см –	33.
6. Густота леса –	средняя.
7. Длина участка, занятого лесом, км –	900.
8. Длина участка, занятого кустарником, км –	400.
9. Длина участка, занятого пашней, выгоном, лугом, неудобием, м –	600.
10. Высота насыпи без дорожной одежды, м –	0,7.
11. Заложение откоса, 1 : m –	1,5.
12. Толщина дорожной одежды с учетом дополнительного слоя основания, м –	0,8.
13. Группа грунта в зависимости от трудности разработки –	2.

Порядок расчета

1. Составляют ведомость объемов: по валке леса, корчевке пней, засыпке ям после корчевки и срезки кустарника.

1.1. Заполняют табл. 12.2 с учетом исходных данных.

Таблица 12.2

Ведомость объемов подготовительных работ

№ п/п	Характеристика полосы отвода	Длина участка, м	Ширина полосы отвода, м	Площадь, га	Число деревьев на 1 га, шт.	Кол-во деревьев, шт.
1	2	3	4	5	6	7
1	Лес средней крупности средней густоты	900	32	2,88	350	1008
2	Корчевка пней	900	32	2,88	350	1008
3	Засыпка ям после корчевки	900	32	2,88	–	1008
4	Кустарник	400	32	1,28	–	–
5	Удаление растительного слоя	600	17,5	1,05	–	–

- 1.1.1. Длину участка переносят из исходных данных.
 - 1.1.2. Ширину полосы отвода назначают в соответствии с категорией дороги.
 - 1.1.3. Площадь в квадратных метрах определяют путем умножения длины на ширину участка. Перевод квадратных метров в гектары производят путем деления на 10000.
 - 1.1.4. Число деревьев на 1 га определяют по табл. 12.1.
 - 1.1.5. Количество деревьев, подлежащих валке, определяют путем умножения числа деревьев на 1 га на площадь (в га).
 - 1.1.6. Объемы корчевки пней и засыпки ям после корчевки определяют аналогично объемам валки леса.
 - 1.1.7. При срезке кустарника и мелколесья затраты труда машинистов (в чел.-ч) и механизмов (в маш.-ч) принимаются в зависимости от площади (га) и объемов расчистки трассы.
2. Определяют ширину подошвы насыпи земляного полотна.
 - 2.1. Вычерчивают поперечный профиль дорожного полотна и обозначают его ширину, высоту насыпи, заложение откоса (рис. 12.4).

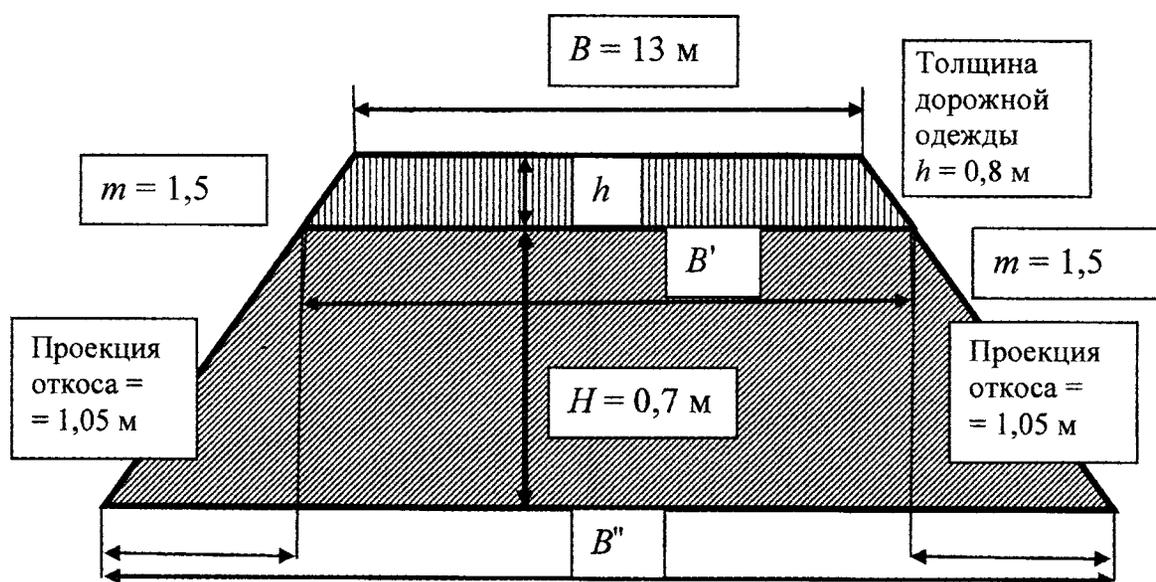


Рис. 12.4. Расчетная схема подошвы дорожного полотна

- 2.1.1. Ширину дорожного полотна назначают в зависимости от категории дороги (табл. 12.3).

Таблица 12.3

Ширина дорожного полотна

Категория	I-а	I-б, I-в	II	III	IV	V	VI-а	VI-б
Ширина, м	24,5	22	13	12	10	8	6,5	4,5

2.1.2. Определяют ширину основания дорожной одежды. На дорогах с покрытиями капитального типа ширина основания дорожной одежды больше проектной ширины дорожного полотна на величину, определяемую по следующей формуле:

$$B' = B + 2 \cdot h \cdot m = 13 + 2 \cdot 0,8 \cdot 1,5 = 15,4 \text{ м.}$$

2.1.3. Ширину подошвы дорожного полотна определяют с учетом заложения откоса по формуле

$$B'' = B' + 2 \cdot H \cdot m = 15,4 + 2 \cdot 0,7 \cdot 1,5 = 17,5 \text{ м.}$$

3. Заполняют ведомость объема удаления растительного слоя грунта.

3.1. Растительный грунт удаляют с пашни, выгона, луга и неудобья. Принимают длину участка в соответствии с исходными данными и заполняют табл. 12.2.

3.2. Определяют площадь, с которой удаляется растительный грунт

$$F_{\text{раст.гр}} = (L_{\text{раст.гр}} \cdot B'') : 10000 = (600 \cdot 17,5) : 10000 = 1,05 \text{ га.}$$

Расчетное значение площади вносят в табл. 12.2.

3.3. Определяют объем работ при удалении растительного слоя. Растительный грунт удаляют с полосы, которая равна ширине насыпи понизу, толщиной 0,12–0,25 м. Принимаем толщину снимаемого слоя 0,2 м. Объем работ определяем по формуле

$$V_{\text{раст.гр}} = F_{\text{раст.гр}} \cdot h_{\text{раст.гр}} = 10500 \cdot 0,2 = 2100 \text{ м}^3.$$

Поскольку объем работ измеряется в 100 м^3 , определяют расчетные единицы:

$$2100 : 100 = 21.$$

4. Производят расчет ресурсов для выполнения подготовительных работ. Заполняют табл. 12.4.

4.1. Расчет необходимых ресурсов для выполнения подготовительных работ производят по «Ресурсно-сметным нормам на строительные конструкции и работы» (сб. 1 «Земляные работы для строительства в сельской местности»: СНБ 8.03.101–2000).

Расчет ведется по следующей схеме.

4.1.1. Определяют нормы времени в машино-часах и человеко-часах по каждому виду работ.

07. «Подготовительные работы, связанные с валкой леса и расчисткой площадей и трасс»:

- валка деревьев с корня – расценки Е 1-191-1–Е 1-191-6 (с. 553–555);
- трелевка древесины на расстояние до 300 м тракторами мощностью 59 и 79 кВт – расценки Е 1-192-1–Е 1-192-6 (с. 556–559);
- разделка древесины, полученной от валки леса мягких пород – расценки Е 1-193-1–Е 1-193-7 (с. 560–563);
- корчевка пней в грунтах естественного залегания корчевателями-собирающими на тракторе мощностью 79 кВт с перемещением пней до 5 м – расценки Е 1-197-1–Е 1-197-3 (с. 577–579);
- расчистка трассы от кустарника. Срезка кустарника и мелколесья в грунтах естественного залегания кусторезами на тракторе мощностью 79 и 118 кВт – расценки Е 1-203-1–Е 1-203-6 (с. 588, 589).
- сгребание срезанного или выкорчеванного кустарника и мелколесья кустарниковыми граблями на тракторе мощностью 79 кВт с перемещением до 20 м – расценки Е 1-207-1–Е 1-207-9 (с. 596–599);
- засыпка ям после корчевки бульдозером мощностью 79 кВт – расценки Е 1-199-3 (с. 583); мощностью 118 кВт – расценки Е 1-199-4;
- удаление растительного слоя. Разработка грунта бульдозером мощностью 96 кВт – расценки Е 1-25-1–Е 1-25-12 (с. 111–114).

Распределение грунтов на группы в зависимости от трудности их разработки осуществляют в соответствии с табл. 1 СНБ 8.03.101–2000 (сборник № 1 «Земляные работы»). Грунт растительного слоя при разработке бульдозером подразделяется на группы, приведенные в табл. 12.5.

Таблица 12.5

Распределение грунтов на группы в зависимости от трудности их разработки

Наименование грунта	Средняя плотность в естественном залегании, кг/м ³	Группа трудности при разработке бульдозером
Грунт растительного слоя:		
а) без корней кустарника и деревьев	1200	1
б) с корнями кустарника и деревьев	1200	2
в) с примесью щебня, гравия или строительного мусора	1400	2

4.1.2. Определяют общую трудоемкость работ, измеряемую в чел.-ч или маш.-ч, путем умножения объемов работ на нормы времени (столбец 4 × столбец 6 или столбец 4 × столбец 9).

4.1.3. Определяют продолжительность подготовительных работ

$$D_{pc} (0,06-0,1) = 327 \cdot 0,06 = 19,6 = 20 \text{ см,}$$

где D_{pc} – количество рабочих смен, в течение которых выполняются земляные работы (практическая работа № 11).

4.1.4. Определяют количество рабочих-строителей, выполняющих отдельные операции, или количество машин, задействованных при выполнении данного вида работ, путем деления общей трудоемкости на количество смен и продолжительность смены:

$$N_{\text{чел.маш.}} = \frac{\text{Требуется (чел. - ч или маш. - ч)}}{\text{Кол - во смен} \cdot \text{продолжит. смены}} = \frac{229,6}{20 \cdot 8} = 1,44.$$

5. Выполняют комплектование специализированных звеньев. На основании списка выполненных работ и произведенных расчетов комплектуют специализированные звенья, состав которых учитывает особенности технологии производства и полную загрузку машин и механизмов. Состав специализированных звеньев представлен в табличной форме (табл. 12.6).

Таблица 12.6

Комплектование специализированных звеньев

Звено	Операции	Наименование работ	Кол-во маш.	Обслуживающий персонал		
				Профессия	Разряд	Кол-во чел.
1	2	3	4	5	6	7
I	1	Валка леса с корня	1	Моторист-вальщик	V	1
	2	Трелевка древесины	2	Дор. рабочий	III	3
				Тракторист	V	2
				Чокеровщик	III	2
	3	Разделка древесины	1	Моторист	V	1
				Дор. рабочий	III	4
		Итого	4			13
II	4	Корчевка пней	1	Тракторист	V	1
		Итого	1			1
III	5	Расчистка полосы отвода от кустарника и мелколесья	3	Тракторист	V	3
		Итого	3			3
IV	6	Разработка и перемещение растительного грунта	3	Тракторист-бульдозерист	V	3
		Итого	3			3
		Всего в бригаде	11			20

Определены объемы по валке леса, корчевке пней, засыпке ям после корчевки, срезки кустарника и удаления растительного слоя с подошвы основания насыпи земляного полотна.

Составлена ведомость ресурсов для выполнения подготовительных работ. Произведено комплектование специализированных звеньев.

Практическая работа № 13

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СРЕДНЕЙ ДАЛЬНОСТИ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ГРУНТА

Введение

Земляные работы включают в себя разработку выемок и отсыпку насыпей. Такие работы выполняются бульдозером, скрепером, грейдером, экскаватором. Процесс включает срезку грунта, его перемещение, распределение ровным слоем и уплотнение. При возведении насыпи земляного полотна автомобильной дороги грунт, доставленный автосамосвалом, скрепером или бульдозером, укладывается на место строительства насыпи в определенном порядке в зависимости от рельефа местности. В местах перехода автомобильной дороги из насыпи в выемку выполняют земляные работы, связанные с перемещением грунта из выемки в насыпь, в объемах обеспечивающих равенство выработанного грунта в выемке и уложенного в насыпь на определенном участке.

При разравнивании грунта на слабопересеченной местности его перемещают из возвышенных мест (холмистого участка) в места, находящиеся ниже уровня проектируемой поверхности (в пониженные места) (рис. 13.1).



Рис. 13.1. Схема разработки выемки при продольном перемещении грунта

Нулевой баланс земляных масс представляет собой равенство объемов грунта, выработанных из мест с высокими отметками относительно условной нулевой плоскости (из насыпи или из выемки – при сооружении земляного полотна в выемке), в места с отметками ниже этой плоскости (ямы, овраги, насыпь земляного полотна). Для выбора и обоснования ведущей машины для выполнения земляных работ необходимо знать среднюю дальность перемещения грунта, для этого нужно учитывать расстояние между центрами тяжести объемов грунта выемки и насыпи, разграниченных линией нулевых работ. Исходными данными являются объемы выемок и насыпей по элементарным участкам.

Аналитический метод (метод статических моментов) сводится к нахождению координат центров тяжести объемов выемки и насыпи относительно осей координат. Суммарные статические моменты объемов выемки и насыпи определяются как сумма моментов, полученных умножением объемов работ в каждом из элементарных участков на расстояние от оси координат до центра тяжести объема работ в пределах участка.

Умножив величины объемов элементарных участков на расстояние от центров тяжести фигур до соответствующих осей, определяют статические моменты для каждой фигуры элементарного объема.

Моменты насыпи и выемки относительно осей X и Y определяются из выражений

$$\begin{aligned} M_{H_X} &= V_H \cdot l_X; & M_{H_Y} &= V_H \cdot l_Y; \\ M_{B_X} &= V_B \cdot l_X; & M_{B_Y} &= V_B \cdot l_Y, \end{aligned}$$

где V_H – объем насыпи, m^3 ;

V_B – объем выемки, m^3 ;

l_X – расстояние от центра тяжести до оси X ;

l_Y – расстояние от центра тяжести до оси Y .

Разделив полученные суммы моментов от каждого элементарного участка на суммарные объемы насыпи и выемки, определяют координаты приведенных центров тяжести объемов выемки и насыпи по формулам

$$\begin{aligned} L_{H_X} &= \frac{\sum M_{H_X}}{\sum V_H}; & L_{H_Y} &= \frac{\sum M_{H_Y}}{\sum V_H}; \\ L_{B_X} &= \frac{\sum M_{B_X}}{\sum V_B}; & L_{B_Y} &= \frac{\sum M_{B_Y}}{\sum V_B}. \end{aligned} \tag{13.1}$$

Среднюю дальность перемещения грунта определяют по формуле

$$L_{cp} = \sqrt{(L_{B_X} - L_{H_X})^2 + (L_{B_Y} - L_{H_Y})^2}. \tag{13.2}$$

Данный метод довольно трудоемкий, но дает высокую точность определения результатов.

Задание

Строительная площадка расположена на пересеченной местности. Проведены геодезические работы, определена нулевая линия, относительно которой грунт перемещают из выемки в насыпь. Нулевой баланс земляных масс может быть обеспечен только при условии дополнительной доставки грунта из карьера и укладки его в насыпь.

1. Определить координаты центров тяжести геометрических фигур, входящих в области выемки и насыпи.
2. Определить статические моменты объемов выемки и насыпи.
3. Определить координаты приведенных центров тяжести выемки и насыпи.
4. Определить среднюю дальность перемещения грунта.
5. Обосновать выбор ведущей землеройно-транспортной машины.

Для расчета используются исходные данные, представленные в табл. П13.

Пример расчета

Исходные данные

1. Вариант – 26.
2. Размер строительной площадки, м – 160×120 .
3. Размер разбивочного квадрата, м – 40×40 .
4. Объемы перерабатываемого грунта в квадратах в табл. 13.1.
5. Размеры площади, засыпаемой привозным грунтом, определяют на основании расчета разности объемов грунта в выемке и насыпи.

Таблица 13.1

Объем разрабатываемого грунта по квадратам

№ квадрата	Объем грунта, тыс. м ³	№ квадрата	Объем грунта, тыс. м ³	№ квадрата	Объем грунта, тыс. м ³	№ квадрата	Объем грунта, тыс. м ³
1	2,1	4	3,2	7а	2,0	10	2,5
2	3,0	5	6,2	8	4,0	10а	3,5
3	5,2	6	4,0	9	3,0	11	4,1
3 а	1,0	7	2,0	9а	3,1	12	4,4

Порядок расчета

1. Определяем количество привозного грунта, необходимого для засыпки недостающей части строительной площадки.

1.1. Исходные данные располагают в виде таблицы и определяют количество грунта в насыпи и выемке (табл. 13.2).

Таблица 13.2

Расчет баланса земляных масс

№ квадрата	Объем разрабатываемого грунта, тыс. м ³		№ квадрата	Объем разрабатываемого грунта, тыс. м ³	
	Выемка	Насыпь		Выемка	Насыпь
1		2,1	7а	2,0	
2		3,0	8	4,0	
3		5,2	9		3,0
3а	1,0		9а	3,1	
4	3,2		10		2,5
5		6,2	10а	3,5	
6		4,0	11	4,1	
7		2,0	12	4,4	
			Итого	25,3	28,0

1.2. Определяют количество привозного грунта, необходимого для обеспечения нулевого баланса, по формуле

$$V_{\text{пр}} = V_{\text{н}} - V_{\text{в}} = 28,0 - 25,3 = 2,7 \text{ тыс. м}^3.$$

Вычисленный объем грунта распределяют на площадке, указанной на схеме (заштрихованная область), площадь которой составляет $60 \cdot 20 = 1200 \text{ м}^2$.

1.3. Определяют толщину слоя, отсыпаемого из привозного грунта карьера:

$$\frac{2700}{(40 + 20) \cdot 20} = 2,25 \text{ м.}$$

1.4. Для доставки грунта из карьера на строительную площадку используют автосамосвалы грузоподъемностью 10 т. Определяют вес грунта при насыпной плотности $1,6 \text{ т/м}^3$:

$$2700 \cdot 1,6 = 4320 \text{ т.}$$

1.5. Определяют количество рейсов, необходимых для выполнения данной работы десятью автомобилями-самосвалами грузоподъемностью 10 т:

$$\frac{4320}{10 \cdot 10} = 43,2 \approx 44 \text{ рейса.}$$

2. Определяют координаты центра тяжести для выемки.

2.1. Вычерчивают схему строительной площадки с обозначением габаритных размеров и размера квадрата (рис. 13.2).

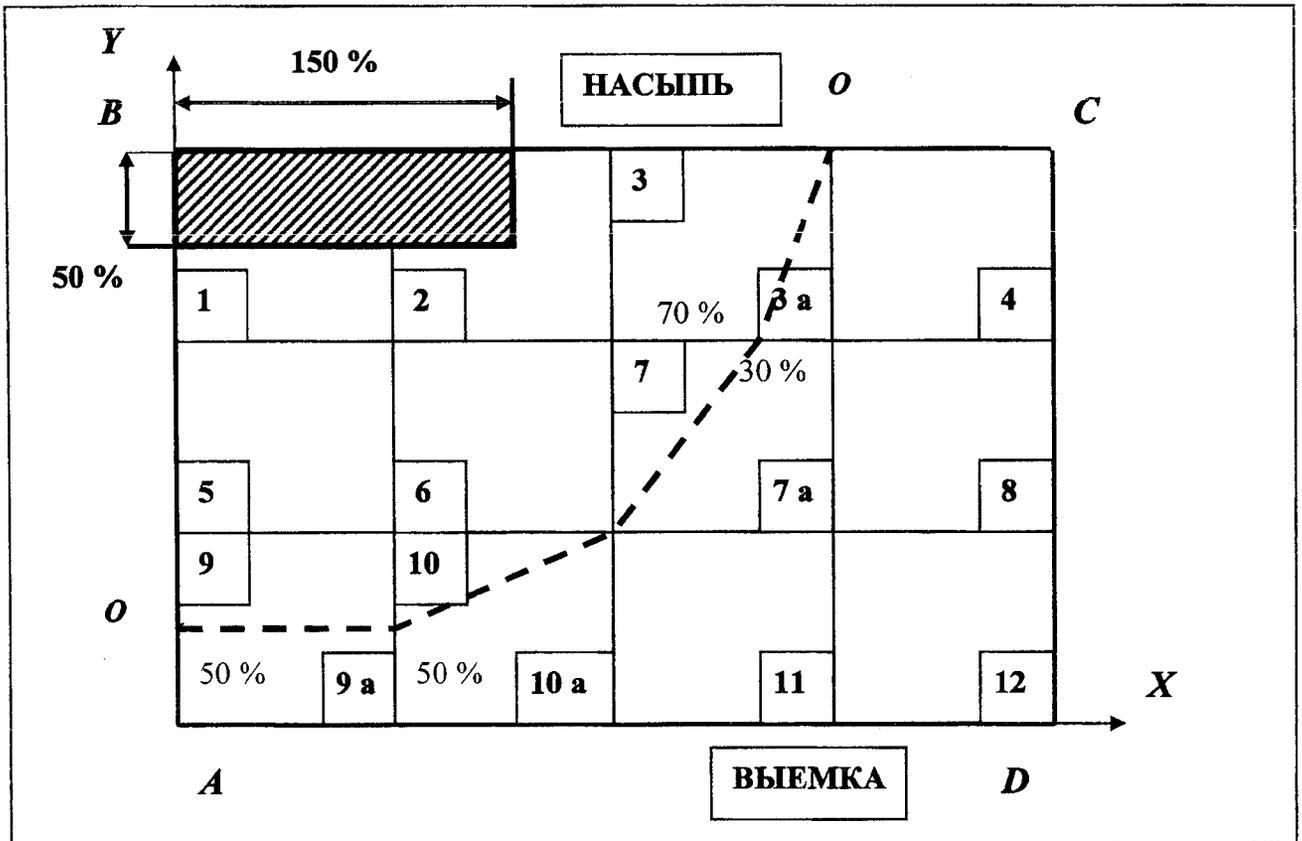


Рис. 13.2. Схема строительной площадки

2.2. Наносят площадку для распределения привозного грунта из карьера (заштрихованная область), обозначают ее длину и ширину с учетом пропорций, указанных на схеме. При расчете центра тяжести квадратов 1 и 2 площадь принимают без учета заштрихованной области, т.е. 40×40 м.

2.3. Обозначают нулевую линию, относительно которой производят перемещение грунта. Нулевая линия разделяет квадраты 3, 7, 9 и 10 на геометрические фигуры (треугольник, трапецию, прямоугольник).

2.4. Точку А принимают за начало координат и проводят координатные оси X и Y.

2.5. Последовательно определяют координаты центра тяжести геометрических фигур и их удаленность относительно осей X и Y. Центр тяжести отдельных фигур лежит на пересечении [52]:

- диагоналей – в прямоугольнике;
- медиан – в треугольнике;
- прямых линий, соединяющих середины сторон – в трапеции.

2.6. Результаты вычислений заносят в табл. 13.3.

Результаты определения центра тяжести выемки

№ участка	Координаты центра тяжести		Объем грунта, тыс. м ³	Статические моменты		Координаты приведенных центров тяжести	
	X	Y		M _{BX}	M _{BY}	L _{BX}	L _{BY}
3 а	115,5	93,4	1,0	115,5	93,4		
4							
7 а	105,75	63,6	2,0	211,5	127,2		
8							
9 а							
10 а							
11							
12							
Итого			Σ	Σ	Σ	L _{BX}	L _{BY}

Например. Определяют координаты центра тяжести фигуры 3 а. Эта фигура представляет собой прямоугольный треугольник, центр тяжести которого лежит на пересечении медиан – прямой линии, соединяющей любой угол с серединой противоположной стороны (рис. 13.3).

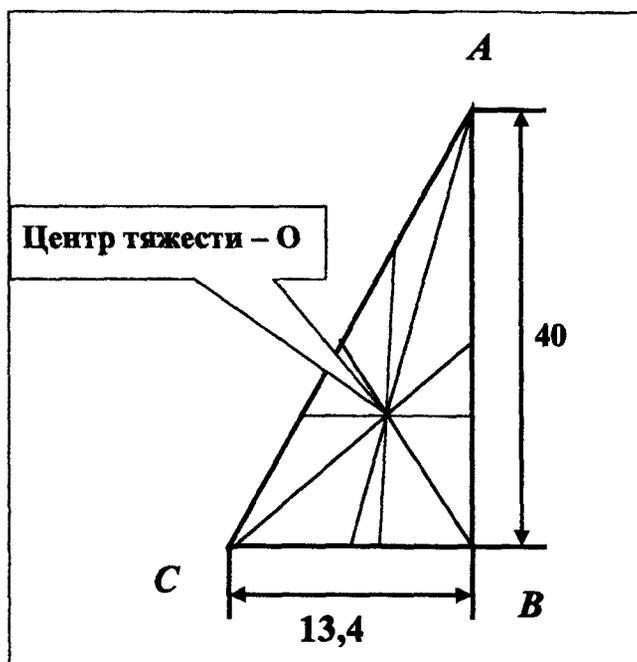


Рис. 13.3. Расчетная схема определения центра тяжести треугольника

Пересечение медиан делит катеты прямоугольного треугольника в соотношении 1/3. Следовательно, координаты центра тяжести по стороне *CB* составляют $\frac{13,4}{3} = 4,5$, по стороне *AB* – $\frac{40}{3} = 13,4$.

Относительно осей XU центр тяжести треугольника имеет координаты

$$X = (40 \cdot 3) - 4,5 = 115,5 \text{ м};$$

$$Y = (40 \cdot 2) + 13,4 = 93,4 \text{ м}.$$

Определяют координаты центра тяжести фигуры 7 а. Эта фигура представляет собой трапецию, центр тяжести которой лежит на прямой линии, соединяющей середины оснований, и на расстоянии h_a от основания a (рис. 13.4), определяемого по формуле

$$h_a = \frac{h}{3} \cdot \frac{a+2b}{a+b} = \frac{40}{3} \cdot \frac{20+2 \cdot 6}{20+6} = 16,4.$$

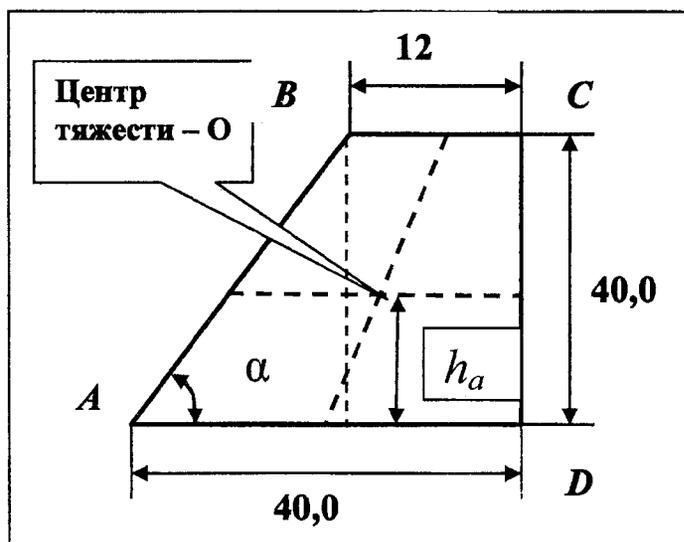


Рис. 13.4. Расчетная схема определения центра тяжести трапеции

Определяют тангенс угла α :

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{40}{40 - 12} = 1,4285.$$

Тот же угол α с учетом h_a определяют по формуле

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{16,4}{X}; \quad 1,4285 = \frac{16,4}{X}; \quad X = \frac{16,4}{1,4285} = 11,5.$$

Определяют длину горизонтальной линии, на которой находится центр тяжести фигуры, и горизонтальную координату центра тяжести:

$$40 - 11,5 = 28,5; \quad \frac{28,5}{2} = 14,25 \text{ м}.$$

Относительно осей XU центр тяжести трапеции имеет координаты

$$X = (40 \cdot 3) - 14,25 = 105,75 \text{ м};$$

$$Y = (40 \cdot 2) - 16,4 = 63,6 \text{ м}.$$

2.7. Определив статические моменты для каждой фигуры, относящейся к выемке, рассчитывают сумму моментов относительно осей X и Y .

2.8. Определяют координаты приведенных центров тяжести выемки по формуле (13.1).

3. Определяют координаты центра тяжести для насыпи. Результаты расчета заносят в табл. 13.4.

Таблица 13.4

Результаты определения центра тяжести насыпи

№ участка	Координаты центра тяжести		Объем грунта, тыс. м ³	Статические моменты		Координаты приведенных центров тяжести	
	X	Y		$M_{нX}$	$M_{нY}$	$L_{нX}$	$L_{нY}$
1							
2							
3							
5							
6							
7							
9							
10							
Итого			Σ	Σ	Σ	$L_{нX}$	$L_{нY}$

3.1. Определив статические моменты для каждой фигуры, относящейся к насыпи, рассчитывают сумму моментов относительно осей X и Y .

3.2. Определяют координаты приведенных центров тяжести насыпи по формуле (13.1).

4. Определяют среднюю дальность перемещения грунта по формуле (13.2).

5. Обосновать выбор ведущей землеройно-транспортной машины с учетом того, что бульдозер применяют при перемещении грунта на расстояние не более 100 м. При высоте насыпи более 1,5 м и расстоянии продольного перемещения грунта более 100 м эффективнее применять скреперы. При перемещении грунта свыше 600 м рациональнее применять экскаваторы с погрузкой грунта в кузов автосамосвала.

При планировке грунта относительно условной нулевой плоскости из выемки в насыпь определены координаты приведенных центров тяжести объемов выемки и насыпи. Определено расстояние между этими центрами, которое характеризует среднюю дальность перемещения грунта.

С учетом средней дальности обоснован выбор ведущей землеройно-транспортной машины, выполняющей основной объем земляных работ.

Учитывая, что часть грунта должна быть доставлена из карьера, определено количество автомобилей и число рейсов, в течение которых должен быть выполнен необходимый объема работ.

Практическая работа № 14

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМОВ ЛИНЕЙНО-ПРОТЯЖЕННЫХ СООРУЖЕНИЙ И РАБОТ ПО РЕКУЛЬТИВАЦИИ КАРЬЕРОВ

Введение

Земляное полотно – это дорожное сооружение, служащее основанием для размещения конструктивных слоев дорожной одежды и других элементов дороги. Земляное полотно строят в виде насыпей или выемок, а на косогоре – в виде полунасыпи-полувыемки. В состав земляного полотна входят также система поверхностного водоотвода (лотки, кюветы, канавы) и различного типа специальные удерживающие сооружения, предназначенные для обеспечения устойчивости самого земляного полотна или склонов, на которых оно располагается.

Земляное полотно возводят по типовым поперечным профилям. При наличии неблагоприятных условий земляное полотно возводят по индивидуальным проектам. К таким условия относят: насыпи высотой более 12 м и выемки глубиной более 12 м, наличие слабых грунтов в основании насыпей, болота глубиной более 4 м, оползневые склоны и т.д.

Геометрический профиль насыпи земляного полотна имеет вид трапеции (равнобочной – при устройстве на равнине, неравнобочной – при устройстве на слабопересеченной местности) и сложной фигуры, состоящей из трапеции и треугольника, при устройстве на косогоре и сильно пересеченной местности.

Геометрический профиль выемки представляет собой перевернутую трапецию, большим основание кверху. На нижнем, меньшем, основании выемки сооружают дорожную одежду в виде приподнятой проезжей части, отделенной от откосов выемки кюветом.

При подсчете объемов земляных работ допускают, что тело земляного полотна ограничено равными плоскостями, и отдельные неровности его фактической поверхности не оказывают значительного влияния на величину объема.

В практике строительства приходится определять объемы линейно-протяженных сооружений: насыпи и выемки земляного полотна автомобильной дороги, траншеи, котлована и других конструкций.

Исходными данными для подсчета объемов земляных работ служат продольные и поперечные профили сооружений. Основным принципом определения объемов работ является разбивка земляного полотна на элементарные площадки, в пределах которых определяются объемы геометрических фигур по известным математическим выражениям. В характерных точках продольного профиля дороги, местах изменения уклона местности или проектной (красной) линии сооружение разбивается вертикальными плоскостями на участки, в пределах которых получаются геометрические тела-призматойды (рис. 14.1). Высота призматойда равна длине участка между сечениями, а основаниями служат профили сооружения в местах сечений. Этот способ называется способом поперечных профилей.

Общий объем сооружения определяется как сумма объемов призматойдов. При поперечных уклонах местности, не превышающих 0,1 объем призматойда может быть определен по формуле Ф.Ф. Мурзо

$$V = \left[F_0 + \frac{m(H_1 - H_2)^2}{12} \right] L,$$

где $F_0 = \frac{F_1 + F_2}{2}$;

F_1, F_2, F_0 – площади поперечного сечения в начале, конце и середине сечения, м²;

H_1, H_2 – рабочие отметки в начале и конце участка, м;

m – коэффициент заложения откоса;

L – длина участка, м

При $L \leq 50$ и $(H_1 - H_2) \leq 0,5$ м можно пользоваться упрощенными формулами:

$$V = F_0 \cdot L \text{ (дает заниженный результат);}$$

$$V = \frac{F_1 + F_2}{2} L \text{ (дает завышенный результат).}$$

Рекультивацией называют процесс восстановления земель, временно занимаемых при строительстве дороги, в состояние, пригодное для сельскохозяйственного использования. По окончании работ по строительству автомобильной дороги должны быть выполнены работы по рекультивации всех временно занимаемых земель, нарушенных при земляных работах, в том числе площадей:

- выработанных боковых и сосредоточенных резервов грунта;
- временных земельных и объездных дорог;
- участков, нарушенных размещением стоянок и маневрированием в процессе работы землеройных машин и транспортных средств;
- участка временного размещения жилых и хозяйственных сооружений личного состава производственных подразделений.

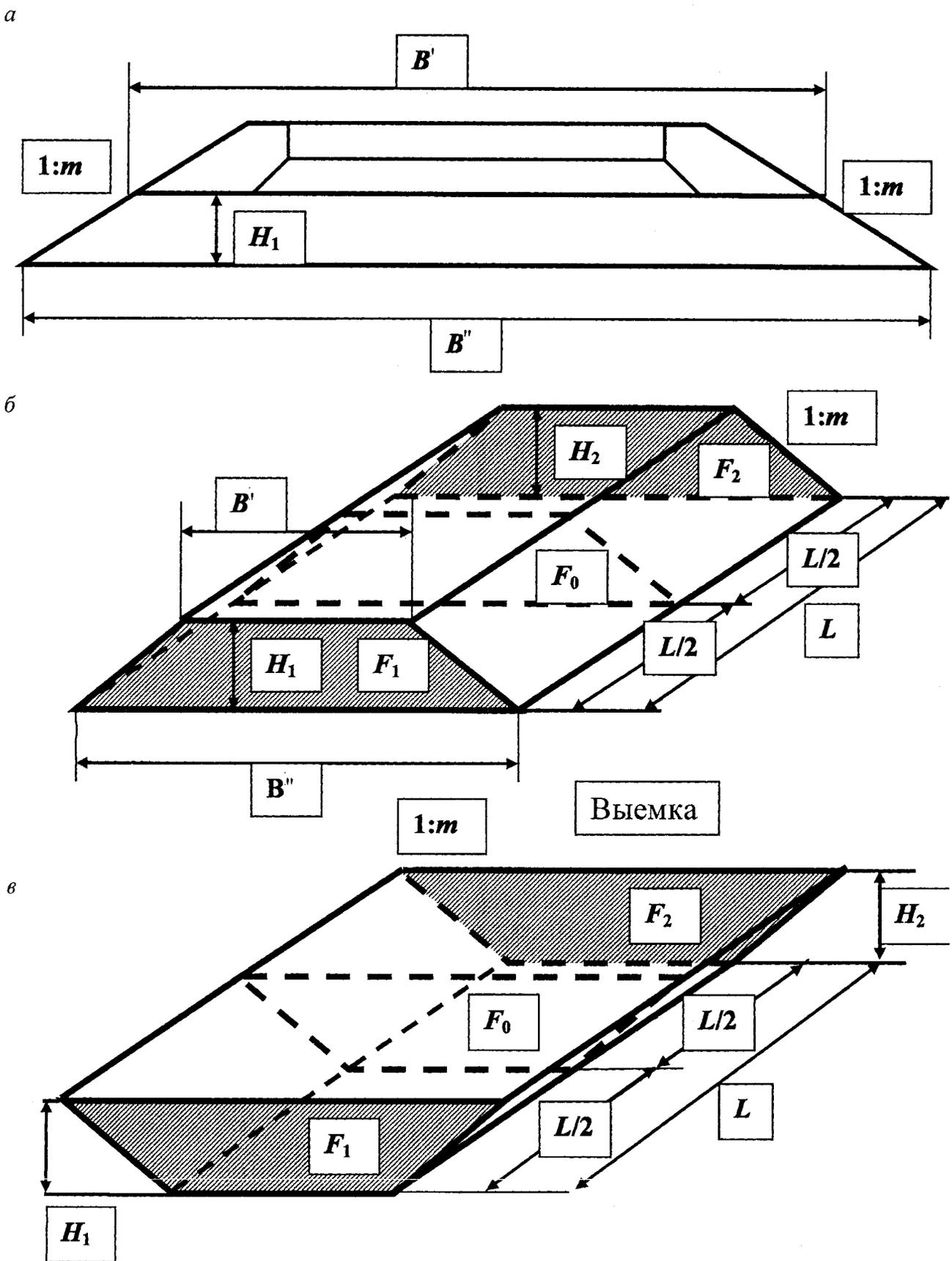


Рис. 14.1. Схемы расчета объемов земляных работ:
a – поперечный профиль земляного полотна с дорожной одеждой автомобильной дороги;
б – призмаотид насыпи; *в* – призмаотид выемки

Восстановление нарушенных земель для сельскохозяйственного использования предусматривает выполнение двух этапов:

1) технического, состоящего из приведения нарушенных площадей в порядок с приданием им требуемых уклонов, планировки, нанесения требуемого слоя плодородного растительного грунта;

2) биологического, состоящего из восстановления структуры и плодородия почвы посредством организации правильной обработки, культивации почвенного слоя и правильного севооборота.

Котлованы с постоянными откосами по всему периметру на площадке с уклоном не более 0,01 называются обелисками. Объем котлована определяют по формуле

$$V_K = 0,5H(F_1 + F_2),$$

где H – средняя глубина котлована, м;

F_1, F_2 – соответственно площади нижнего и верхнего оснований котлована.

Объем котлована может быть определен из выражения

$$V_K = \frac{H}{6} [(2a + a_1)b + (2a_1 + a)b_1],$$

где a и b – длина сторон котлована понизу;

$$a = a'' + 0,5 \cdot 2; \quad b = b'' + 0,5 \cdot 2,$$

где a'', b'' – размеры фундамента с рабочим зазором 0,5 с каждой стороны;

a_1, b_1 – длина сторон котлована поверху;

$$a_1 = a + 2Hm; \quad b_1 = b + 2Hm,$$

где H – средняя глубина котлована, м;

m – коэффициент откоса.

При рекультивации земель, отведенных под сосредоточенные резервы, производят уполаживание откосов с заложением 1 : 6 (рис. 14.2). Для расчета количества растительного грунта необходимо определить боковые площади резерва с уполаженными откосами и площадь котлована понизу.

Задание

1. Определить объемы насыпи и выемки на участке строительства.
2. Определить количество растительного грунта, необходимого для рекультивации сосредоточенного резерва.
3. Определить продолжительность выполнения работ по перевозке растительного грунта скрепером при рекультивации земель.

Для расчета используются исходные данные, представленные в табл. П14.

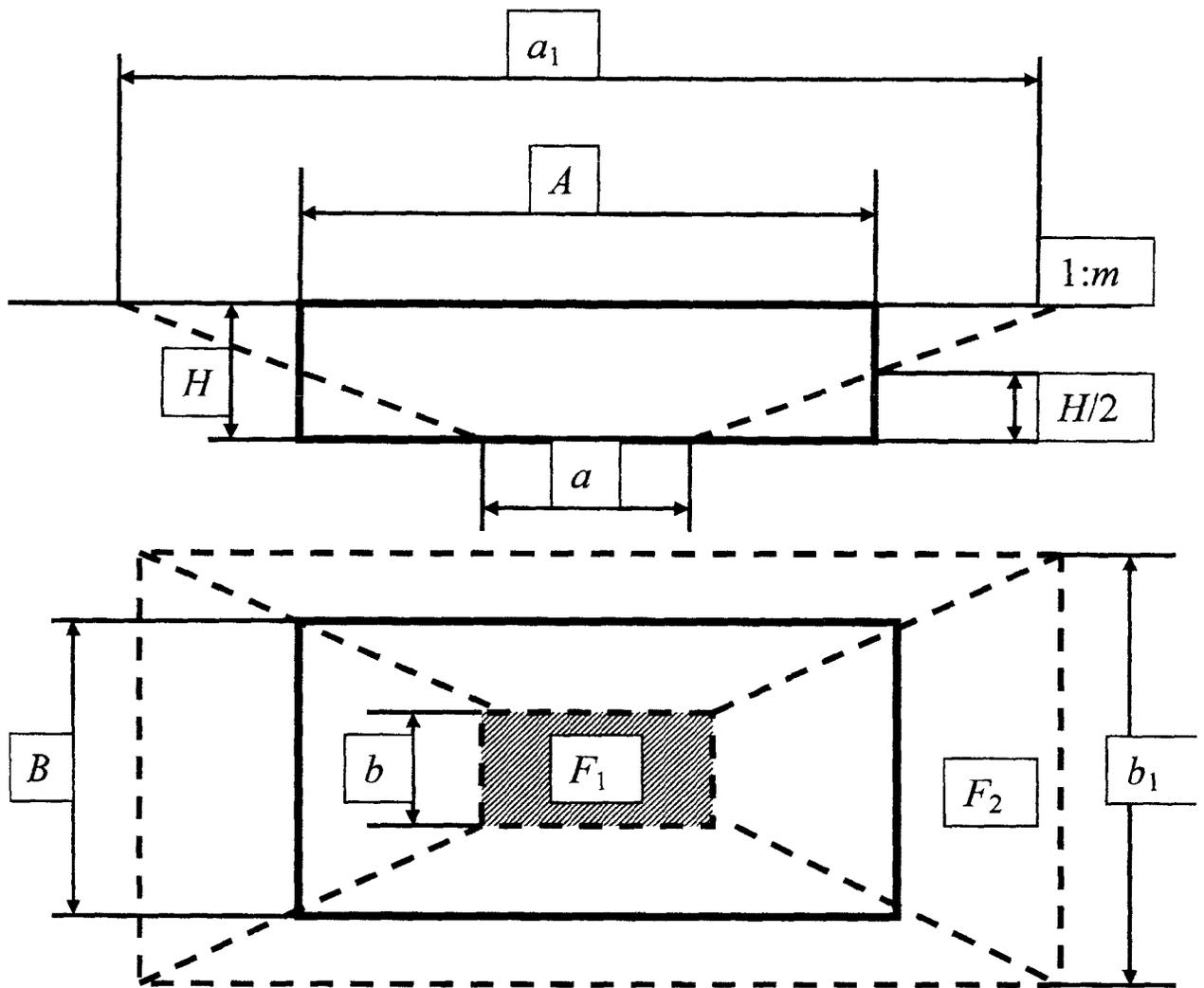


Рис. 14.2. Схема упрочивания откосов карьера при рекультивации земель

Пример расчета

Исходные данные

1. Вариант – 26.
2. Категория дороги – II.
3. Толщина дорожной одежды, м – 0,6 м.
4. Рабочие отметки участка дороги приведены в табл. 14.1 и табл. П14.

Таблица 14.1

Рабочие отметки дороги

№ пикета	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Рабочая отметка, м	1,5	2,7	3,0	2,5	2,4	2,3	0,8	0,5	-1,0	-1,3	-1,4

Порядок расчета

1. Определяют площадь поперечного сечения в начале участка (нулевой пикет).

1.1. Определяют верх земляного полотна дороги с учетом толщины дорожной одежды

$$B' = B + 2 h m = 13 + 2 \cdot 0,6 \cdot 1,5 = 14,8 \text{ м},$$

где B – ширина дорожного полотна в зависимости от категории дороги (для II категории $B = 13$ м);

h – толщина дорожной одежды (исходные данные);

m – заложение откоса (принимается равным 1,5).

1.2. Определяют ширину насыпи понижу с учетом рабочей отметки

$$B'' = B' + 2 H m = 14,8 + 2 \cdot 1,5 \cdot 1,5 = 19,3 \text{ м},$$

где H – рабочая отметка насыпи дорожного полотна в начале участка, м.

1.3. Определяют площадь поперечного сечения на нулевом пикете

$$F_1 = \frac{(B' + B'')}{2} \cdot H = \frac{(14,8 + 19,3)}{2} \cdot 1,5 = 25,6 \text{ м}^2.$$

2. Определяют площадь поперечного сечения в конце участка (первый пикет).

2.1. Определяют ширину насыпи понижу с учетом рабочей отметки

$$B'' = B' + 2 H m = 14,8 + 2 \cdot 2,7 \cdot 1,5 = 22,9 \text{ м},$$

где H – рабочая отметка насыпи дорожного полотна в конце участка, м.

2.2. Определяют площадь поперечного сечения на первом пикете

$$F_1 = \frac{B' + B''}{2} \cdot H = \frac{(14,8 + 22,9)}{2} \cdot 2,7 = 50,9 \text{ м}^2.$$

3. Определяют среднюю площадь призматоида

$$F_0 = \frac{F_1 + F_2}{2} = \frac{25,6 + 50,9}{2} = 38,25 \text{ м}^2.$$

4. Определяют объем насыпи от нулевого до первого пикета по формуле Ф.Ф. Мурзо

$$V = \left[F_0 + \frac{m(H_1 - H_2)^2}{12} \right] L = \left[38,25 + \frac{1,5(1,5 + 2,7)^2}{12} \right] 100 = 4046 \text{ м}^3.$$

Результаты расчетов объема грунта в насыпи заносят в табл. 14.2.

5. Определяют расстояние от начала участка до точки перехода от насыпи к выемке на основании подобия треугольников (рис. 14.3) по формуле

$$\frac{H_1}{l} = \frac{H_2}{(100-l)},$$

где l – расстояние от начала участка до точки перехода, м.

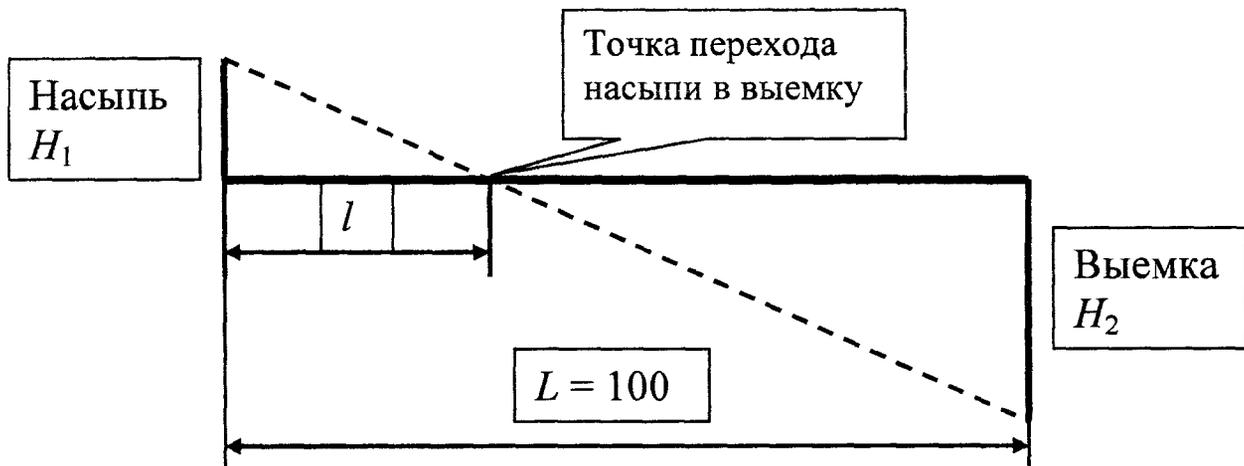


Рис. 14.3. Расчетная схема определения перехода насыпи в выемку

Таблица 14.2

Результаты расчета грунта в насыпи

№ ПК	Рабочая отметка		Площадь в начале участка			Площадь в конце участка			F_0	m	L	V
	H_1	H_2	B'	B''	F_1	B'	B''	F_2				
0	1,5		14,8	19,3	25,6				38,25	1,5	100	4046
1		2,7				14,8	22,9	50,9				
1	2,7		14,8	22,9	50,9							
2		3,0										
2												
3												
3												
4												
4												
5												
5												
6												
6												
7												
7												
N												

6. Аналогичным путем определяют объемы грунта в выемке и записывают в табл. 14.3.

Таблица 14.3

Результаты расчета грунта в выемке

№ ПК	Рабочая отметка		Площадь в начале участка			Площадь в конце участка			F_0	m	L	V
	H_1	H_2	B'	B''	F_1	B'	B''	F_2				
N												
8												
8												
9												
9												
10												

7. Определяют объем привозного грунта, необходимый для отсыпки насыпи, с учетом перемещения части грунта из выемки в насыпь по формуле

$$V_{\text{пр}} = V_{\text{н}} - V_{\text{в}}, \text{ м}^3.$$

8. На основании полученного объема определяют размеры сосредоточенного резерва.

Глубину резерва принимают равной 2,5–3,0 м.

Соотношение длины и ширины принимают равной ($A : B = 2 : 1$) (см. рис. 14.2).

9. Определяют количество растительного грунта, необходимого для рекультивации сосредоточенного резерва.

9.1. Определяют длину откосной части сосредоточенного резерва после придания откосу требуемого уклона

$$l_{\text{отк}} = H_{\text{рез}} \sqrt{1 + m^2} = 3 \sqrt{1 + 6^2} = 18,3 \text{ м},$$

где $H_{\text{рез}}$ – средняя глубина сосредоточенного резерва (2,5–3,0), м;

m – заложение откоса после придания ему требуемого уклона (принимаем $m = 6$).

9.2. Определяют площадь откосной части

$$S_{\text{отк}} = 2(A + B)l_{\text{отк}}, \text{ м}^2,$$

где A – длина сосредоточенного резерва, м;

B – ширина сосредоточенного резерва, м.

9.3. Определяют площадь котлована понизу

$$S_{\text{дна}} = (A - H_{\text{рез}}m) \cdot (B - H_{\text{рез}}m), \text{ м}^2,$$

9.4. Определяют общую площадь рекультивации

$$S_{\text{общ}} = S_{\text{отк}} + S_{\text{дна}}, \text{ м}^2.$$

9.5. Определяют объем растительного грунта, необходимый для распределения по откосной поверхности и дну сосредоточенного резерва:

$$V_{\text{раст.гр}} = S_{\text{общ}} \cdot h_{\text{раст.гр}},$$

где $h_{\text{раст.гр}}$ – толщина слоя растительного грунта (составляет 10–20 см).

10. Определяют продолжительность выполнения работ по перевозке растительного грунта скрепером при рекультивации земель. Вместимость ковша скрепера приведена в табл. 14.4.

Таблица 14.4

Технические характеристики скреперов

Показатель	Самоходные						Прицепные					
	ДЗ-87-1	ДЗ-11П	ДЗ-13Б	ДЗ-115А	ДЗ-107	ДЗ-155-1	ДЗ-111А	ДЗ-77А	ДЗ-79	ДЗ-137	ДЗ-149-5	ДЗ-161
Вместимость ковша, м ³	4,5	8	16	15	25	15	4,5	8,8	15,6	25	8,8	16
Грузоподъемность, т	9	15	30	30	50,4	30	9	16	27	45	16,5	30

10.1. Определяют объем грунта, перевозимого скрепером за одну смену:

$$V_{\text{скр}} = V_{\text{ковша}} \cdot n,$$

где n – количество рейсов в смену.

10.2. Определяют количество смен, необходимых для доставки растительного грунта, на рекультивацию сосредоточенного резерва

$$T = \frac{V_{\text{раст.гр}}}{V_{\text{скр}}}.$$

Заключение

По формуле Ф.Ф. Мурзо рассчитаны объемы насыпи и выемки на строящемся участке дороги. Определен объем растительного грунта, необходимый для рекультивации земель.

УЛУЧШЕНИЕ СВОЙСТВ ГРАВИЙНЫХ И ГРАВИЙНО-ПЕСЧАНЫХ СМЕСЕЙ

Введение

Выбор технологической схемы переработки гравийно-песчаного материала зависит от промываемости и зернового состава исходной горной массы, ассортимента выпускаемой продукции, способа добычи. Схемы переработки могут быть разнообразными:

- для легкопромываемой гравийно-песчаной массы с сортировкой на товарные сорта на грохотах (если необходимо, с промывкой);
- легкопромываемой гравийно-песчаной массы с дроблением крупного гравия и валунов, перед сортировкой на товарные сорта или после предварительного отсева песка в схему включают промывку в промышленных машинах;
- труднопромываемой гравийно-песчаной массы с дроблением крупного гравия и валунов, промывкой щебня и гравия.

Месторождения песка характеризуются значительными колебаниями зернового состава и загрязненности:

- с массовой долей гравийно-валунного материала не выше 50 %, включающего до 10–12 % средне- и труднопромываемой глины, предел прочности валунов при сжатии – не выше 150 МПа;
- с массовой долей гравийно-валунного материала не более 5 % предел прочности валунов при сжатии – выше 150 МПа.

Обычно камнедробильно-сортировочные заводы перерабатывают сырье с содержанием 90–95 % песка крупностью 0–5 мм и 5–10 % гравия наибольшей крупностью 70–100 мм.

Сортировка – одна из основных операций технологии переработки камня и гравийно-песчаных материалов. В зависимости от назначения различают сортировку подготовительную, классификационную, контрольную и избирательную. Сортировку производят на грохотах.

Подготовительная сортировка – удаление на данной стадии из поступающего в дробилку материала тех размеров, которые не дробятся.

Классификационная сортировка – разделение щебня (гравия) на товарные сорта, направляемые потребителям.

Контрольную сортировку применяют перед отгрузкой щебня (гравия), долго хранившегося на открытых складах.

Избирательная сортировка позволяет выбрать из потока компонент, отличающийся от основного материала по физическим или механическим свойствам.

Дробление – процесс разрушения крупных гранулометрических элементов горных пород на более мелкие. Чтобы получить больше щебня мелких размеров,

породу дробят последовательно в нескольких дробилках, отсортировывая на грохотах необходимые размеры после каждого дробления. Дробление осуществляют с помощью щековых, конусных и роторных дробилок ударного действия.

Промывка щебня, гравия, песка – простой способ получения качественного материала. Представляет собой отделение от основного материала пылевато-глинистых фракций, снижающих адгезионные свойства щебня, гравия, песка. Для промывки применяют машины: барабанные (скрубберы), цилиндрические гравиемойки, вибрационные, корытные.

Улучшение грунтов – это повышение физико-механических свойств грунтов путем улучшения их гранулометрического состава (создание оптимальных грунтовых смесей, обладающих наименьшей пористостью и наибольшей прочностью), а также введение скелетных добавок.

Кроме дробления, сортировки и промывки существуют специальные способы улучшения материалов:

- обогащение по прочности;
- обогащение щебня (гравия) в тяжелых средах;
- получение щебня кубовидной формы;
- классификация песков;
- обогащение песков.

Обогащение по прочности производят в отсадочных машинах. Отсадка – это процесс разделения зерен, имеющих различную плотность, на грохотах в попеременно восходящем и нисходящем потоках воды.

Обогащение в тяжелых средах основывается на том, что скорость движения зерна под воздействием силы тяжести в жидкостях с незначительным коэффициентом вязкости определяется величиной и формой этого зерна, эффективной плотностью (разностью в плотности жидкости и зерна). Суспензия представляет собой грубодисперсную взвесь, состоящую из воды и тонкоизмельченного вещества.

Щебень, имеющий форму зерен близкую к тетраэдрической или кубовидной, способствует лучшей удобоукладываемости, подвижности бетонных смесей и более рациональному расходу вяжущего вещества.

Следует учитывать разницу в определении отдельных гранулометрических элементов, относящихся к щебню, гравию и песку. Каждая из этих единиц может быть представлена, как частичка грунта и как элемент дорожно-строительного материала.

Щебень как грунт – это неокатанная частица размером от 10 до 200 мм.

Щебень как дорожно-строительный материал – это неокатанная частица размером от 5 до 70 мм.

Гравий как грунт – это окатанная частица размером от 2 до 10 мм.

Гравий как дорожно-строительный материал – это окатанная частица размером от 5 до 70 мм.

Песок как грунт – это частицы различной степени окатанности размером от 0,05 до 2 мм.

Песок как дорожно-строительный материал – это частицы различной степени окатанности и формы (частицы после дробления – остроугольные) размером от 0,05 до 5 мм.

Таким образом, между щебнем и гравием как грунтовыми частицами различие существует не только в окатанности поверхности, но и в размере. А как элементы дорожно-строительного материала они отличаются друг от друга только видом поверхности.

Песок как дорожно-строительный материал имеет более высокую границу размера (5 мм). Это вызвано тем, что при просеивании частиц через грохоты с отверстиями 5 мм получение песчаных фракций происходит значительно быстрее и производительнее, чем через грохоты с отверстием ячеек 2 мм. Кроме того, гравийные частицы размером от 2 до 5 мм, добавленные в песок, улучшают его качество, а те же частицы, удаленные из гравия, улучшают физические и механические свойства гравия.

В зависимости от содержания в гравийных смесях зерен размером более 5 мм различают смеси, представленные в табл. 15.1.

Таблица 15.1

Песчано-гравийные смеси

Наличие зерен крупнее 5 мм	Наименование
Менее 5 %	Песчаная смесь
5–20 %	Песчано-гравийная смесь
20–50 %	Гравийно-песчаная смесь
50–80 %	Гравийная смесь
Более 80 %	Гравий

Полные просевы гравийных и гравийно-песчаных смесей, применяемые для устройства оснований, должны удовлетворять следующим пределам (табл. 15.2).

Таблица 15.2

Зерновой состав гравийной и гравийно-песчаной смеси для необработанных оснований

Назначение смеси	Номер смеси	Количество частиц (% по массе), проходящих через сито с отверстиями							
		70	40	20	10	5	2,5	0,63	меньше 0,63
Для основания	1	100	40–60	20–40	20–35	15–25	10–15	5–10	0–3
	2	100	60–80	40–60	35–50	20–35	15–20	5–15	0–5

Примечание: 1 – гравийная смесь; 2 – гравийно-песчаная смесь

Зерновой состав нефракционированного гравия, который предполагается использовать в строительстве, должен входить в пределы оптимальных кривых. Если зерновой состав не входит в пределы, то этот материал необходимо улучшить.

Существуют следующие способы улучшения свойств гравийных и гравийно-песчаных смесей.

1. Гравийный материал, используемый для улучшения свойств, не лежит в пределах оптимальных кривых. Материал, требующий улучшения, также не лежит в области оптимальных смесей, и в зависимости от того, в какой области он лежит (крупного или мелкого материала), гравийный материал, используемый для улучшения, принимается из противоположной области.

2. Улучшаемый материал просеивают и отбрасывают крупные частицы.

3. В улучшаемый материал добавляют крупные частицы, отсеянные от других смесей.

Задание

1. Определить область нахождения материалов.

2. Произвести расчет содержания крупного и мелкого заполнителя в смеси, соответствующей пределам гравийной или гравийно-песчаной смеси.

3. Определить полные просевы для искусственно составленной смеси.

4. Определить расхождение полных просевов искусственно составленной смеси с требуемыми пределами.

Для расчета используются исходные данные, представленные в табл. П15.

Пример расчета

Исходные данные

1. Вариант – 26.

2. Номер смеси – 1.

3. Полные просевы (ПП) исходного и добавляемого материалов представлены в табл. 15.3 и табл. П15.

Таблица 15.3

Исходные данные для расчета

Материал	Полные просевы на ситах, %							
	70	40	20	10	5	2,5	0,63	менее 0,05
Исходный	100	35	15	10	5	0	0	0
Применяемый для улучшения	100	100	100	95	90	75	30	2

Порядок расчета

1. Определяют область нахождения материалов.

1.1. Производят построение суммарной кривой гранулометрического состава по исходным данным. Суммарная кривая отражает не отдельные фракции, а сумму фракций частиц менее определенного диаметра (рис. 15.1).

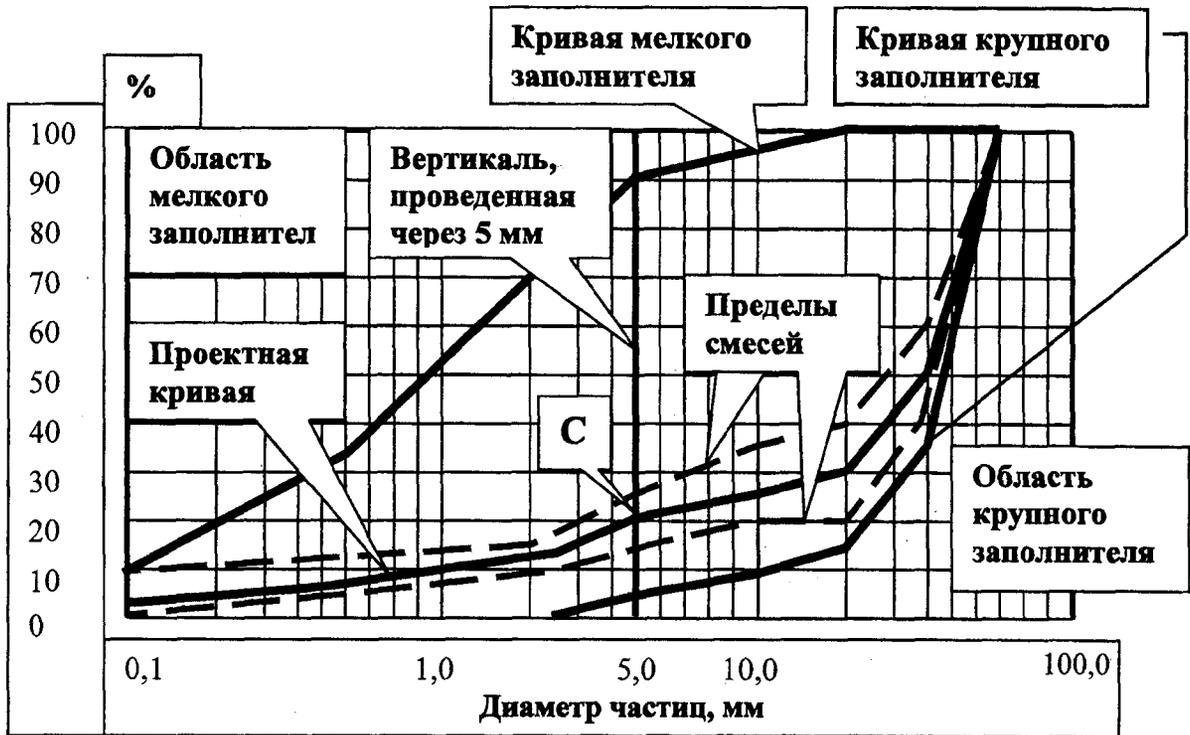


Рис. 15.1. График полных просевов

1.1.1. Строят прямоугольную систему координат: по оси абсцисс откладывают размеры отверстий сит от 0,1 мм до 100 мм; по оси ординат – процентное содержание фракций по совокупности (%). Подписывают оси.

По оси абсцисс откладывают три отрезка одинаковой длины (рекомендуют длину одного отрезка принимать равной 5 см). В начале координат ставят цифру 0,1, в конце первого отрезка – 1,0, в конце второго отрезка – цифру 10,0, в конце третьего – 100,0.

По оси ординат откладывают десять отрезков одинаковой длины (рекомендуют длину одного отрезка принимать равной 1 см). Напротив каждого отрезка ставят цифры от 0 до 100 с шагом через 10.

Каждый отрезок по оси абсцисс разбивают на отрезки, соответствующие логарифмам чисел от 2 до 9, умноженные на длину отрезка (в нашем примере равном 5 см). Например:

$$\lg 2 \cdot 5 = 0,301 \cdot 5 = 1,5 \text{ см};$$

$$\lg 3 \cdot 5 = 0,477 \cdot 5 = 2,4 \text{ см};$$

$$\lg 4 \cdot 5 = 0,602 \cdot 5 = 3,0 \text{ см};$$

$$\lg 5 \cdot 5 = 0,699 \cdot 5 = 3,5 \text{ см};$$

$$\lg 6 \cdot 5 = 0,778 \cdot 5 = 3,9 \text{ см};$$

$$\lg 7 \cdot 5 = 0,845 \cdot 5 = 4,2 \text{ см};$$

$$\lg 8 \cdot 5 = 0,903 \cdot 5 = 4,5 \text{ см};$$

$$\lg 9 \cdot 5 = 0,954 \cdot 5 = 4,8 \text{ см}.$$

От начала координат, последовательно, откладываются полученные отрезки, из которых проводят вертикальные линии. Аналогичным образом разбивают второй и третий отрезки. Каждая вертикальная линия соответствует значениям отверстий в сите в данном диапазоне. Например, на первом отрезке – 0,2; 0,3; 0,4; 0,5 и т.д.

1.1.2. Строят кривые, соответствующие зерновому составу смеси, в соответствии с заданием (кривая 1 или 2).

На полученную систему координат наносят точки, соответствующие полным просевам на данных ситах.

По исходным данным (см. табл. 15.3) аналогичным образом строят суммарные кривые гранулометрических составов исходного материала и материала, применяемого для улучшения исходного.

1.1.3. Определяют принадлежность материала к крупному и мелкому заполнителю.

Если суммарная кривая расположена выше нанесенных пределов, то материал относится к мелкому заполнителю.

Если суммарная кривая расположена ниже нанесенных пределов, то материал относится к крупному заполнителю.

2. Рассчитывают содержание крупного и мелкого заполнителя в смеси, соответствующей пределам гравийной или гравийно-песчаной смеси.

Расчет производят с использованием графоаналитического метода.

2.1. Проводят вертикальную линию через сито с отверстием равным 5 мм. Обозначают точки пересечения этой линии с кривой мелкого заполнителя (верхняя суммарная кривая), крупного заполнителя (нижняя суммарная кривая).

2.2. На проведенной вертикальной линии выбирают точку (например С) посередине кривых, обозначающих полные просевы гравийных и гравийно-песчаных смесей, применяемых для устройства необработанных оснований.

2.3. Определяют содержание добавки мелкого заполнителя

$$P_1 = \frac{g_2 - g_0}{g_2 - g_1} 100 = \frac{90 - 20}{90 - 5} 100 = 82 \%,$$

где g_2 – полный просев на сите (5) мелкого материала;

g_1 – полный просев на том же сите крупного материала;

g_0 – полный просев смеси первого и второго материалов (точка С).

2.4. Определяют содержание добавки крупного заполнителя

$$P_2 = \frac{g_0 - g_1}{g_2 - g_1} 100 = \frac{20 - 5}{90 - 5} 100 = 18 \%.$$

3. Определяют полные просевы для искусственно составленной смеси.

3.1. Полные просевы определяют по формуле

$$g_i = g_1 \frac{P_1}{100} + g_2 \frac{P_2}{100}.$$

3.2. Результаты расчета полных просевов на каждом сите заносят в табл. 15.4.

Таблица 15.4

Результаты расчета

Размеры сит, мм	Требуемые пределы полных просевов	Полные просевы для материалов, %		Полные просевы для материалов при их содержании в смеси, %		Сумма полных просевов для смеси, %
		Песка g_1	Гравия g_2	Песка $P_1 = 82\%$	Гравия $P_2 = 18\%$	
70	100	100	100	$82 \cdot \frac{100}{100} = 82$	$18 \cdot \frac{100}{100} = 18$	$82 + 18 = 100$
40	40–60	35	100	28,7	18	46,7
20	20–40	15	100	12,3	18	30,3
10	20–35	10	95	8,2	17,1	25,3
5	15–25	5	90	4,1	16,2	20,3
2,5	10–15	0	75	–	13,5	13,5
0,63	5–10	0	30	–	5,4	5,4
меньше 0,05	0–3	0	2	–	0,3	0,3
				$g_1 \frac{P_1}{100}$	$g_2 \frac{P_2}{100}$	g_i

4. Определяют расхождение полных просевов искусственно составленной смеси с требуемыми пределами.

4.1. Результаты расчета (столбец 7) переносят на суммарную кривую granulометрического состава.

Данные искусственно составленной смеси должны входить в требуемые пределы. Расхождение допускается до 5 %.

Если проектная кривая лежит вне требуемых пределов более чем на 5 %, предусматриваются следующие коррективы в расчете.

1. Проектная кривая выходит за требуемые пределы в нижней части графика, т.е. в область крупного заполнителя.

Точку С поднимают немного выше ее среднего положения.

2. Проектная кривая выходит за требуемые пределы в верхней части графика, т.е. в область мелкого заполнителя.

Точку С опускают немного ниже ее среднего положения.

Заключение

Результаты расчета свидетельствуют о том, что для улучшения исходного материала, лежащего в области мелкого заполнителя, необходимо создать искусственную смесь, состоящую из 82 % песка и 18 % гравия.

Практическая работа № 16

ВЫБОР ЗЕМЛЕРОЙНЫХ МАШИН ПО ТЕХНИЧЕСКИМ И ЭКОНОМИЧЕСКИМ ПОКАЗАТЕЛЯМ

Введение

Для возведения земляного полотна автомобильной дороги используют землеройные машины: бульдозеры, скреперы, экскаваторы, автогрейдеры. Выбор ведущего типа машины зависит от высоты насыпи, глубины выемки, типа грунта и дальности его перемещения.

Землеройно-транспортными называют машины с ножевым рабочим органом, выполняющие одновременно послойное отделение от массива и перемещение грунта к месту укладки при своем поступательном движении.

Бульдозер представляет собой навесное оборудование на базовый гусеничный или пневмоколесный трактор, включающее отвал с ножами, толкающее устройство в виде брусьев или рамы и гидравлическую систему управления отвалом (рис. 16.1).

По типу привода рабочего оборудования различают бульдозеры с гидравлическим и с канатно-блочным управлением.

По классу, который означает номинальную силу тяги базового трактора, различают бульдозеры следующих видов:

- малогабаритные – класса до 0,9 мощностью 18,5–37 кВт;
- легкие – класса 1,4–4 мощностью 37–96 кВт;
- средние – класса 6–15 мощностью 103–154 кВт;
- тяжелые – классов 25–35 мощностью 220–405 кВт;
- сверхтяжелые – классов 50–100 мощностью 510–880 кВт.

По тяговому классу строится типоразмерный ряд гусеничных бульдозеров: 4; 6; 10; 25; 35; при соответствующей мощности двигателя 55; 96; 129; 243–272; 250–342 кВт. Техническая характеристика гусеничных бульдозеров представлена в табл. 16.1.

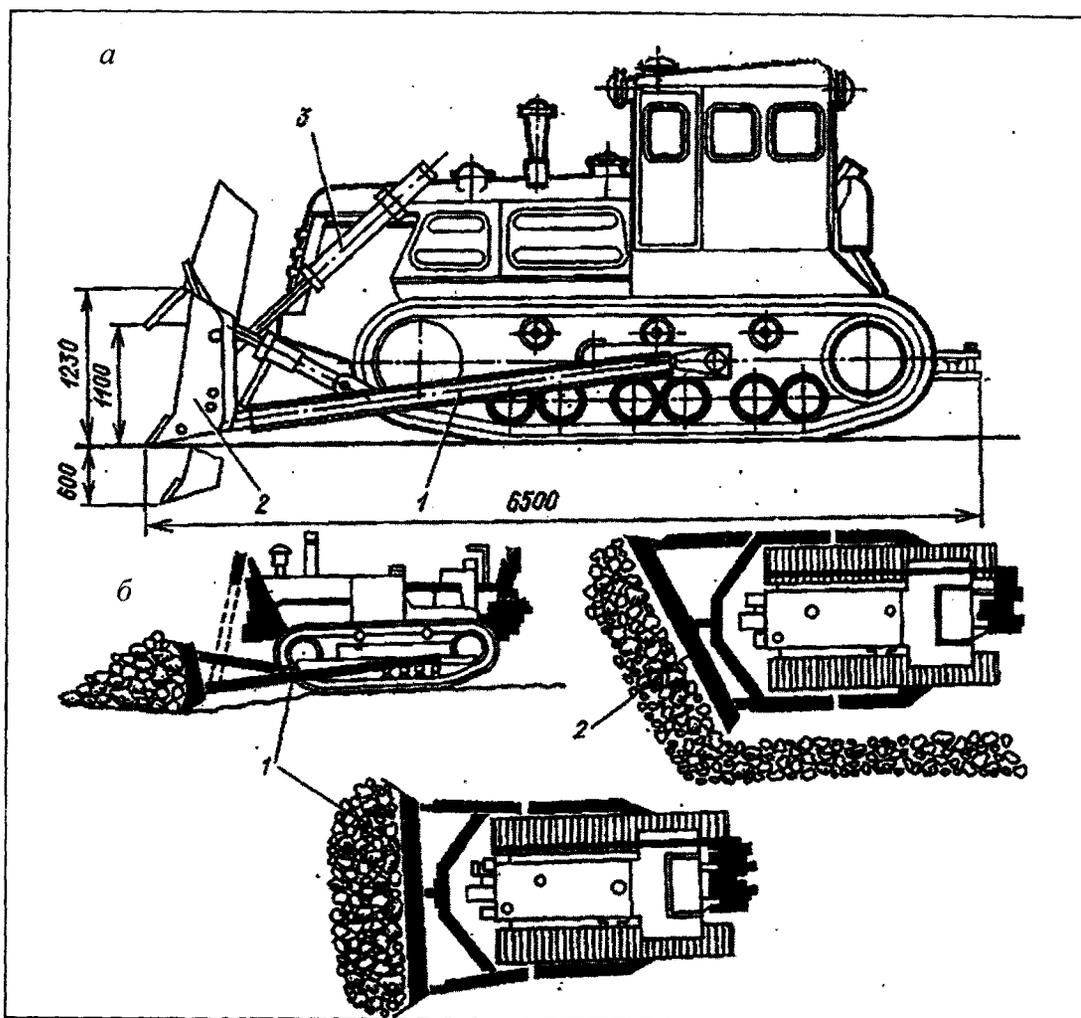


Рис. 16.1. Бульдозер с гидравлической системой управления;
a – схема бульдозера: 1 – рама; 2 – отвал; 3 – гидроцилиндр управления отвала;
б – схема работы бульдозера с поворотным отвалом; 1 – установка отвала при разработке грунта; 2 – установка отвала при засыпке траншеи

Таблица 16.1

Техническая характеристика гусеничных бульдозеров

Показатели	ДЗ-110В	ДЗ-109Б	ДЗ-118	ДЗ-132-2	ДЗ-158	ДЗ-59ХЛ	ДЗ-124ХЛ
Базовый трактор	Т-130МГ-1		ДЭТ-250М	ДЭТ-259М2	Т-25.01	Т-330	
Тяговый класс	10		25	25	25	35	
Ширина отвала, мм	3220	4120	4310	4590–4550	4200 (4320)	4730	4860
Высота отвала, мм	1300	1140	1550	1700	1700	1750	1880
Масса эксплуатационная, кг	17740	18000	38781	40810 (41090)	42455	53276–50725	53532

Рабочий цикл бульдозера:

- при движении машины вперед отвал с помощью системы управления заглубляется в грунт, срезает ножами слой грунта и перемещает впереди себя образовавшуюся грунтовую призму волоком по поверхности земли к месту разгрузки;
- после отсыпки грунта отвал поднимается в транспортное положение, машина возвращается к месту набора грунта, после чего цикл повторяется.

Резание грунта производится на скорости 2,5–4,5 км/ч, перемещение грунта – на скорости 4,5–6 км/ч. Промышленность серийно выпускает широкую номенклатуру бульдозеров с тяговым усилием 13,7–247 кН мощностью 37–405 кВт.

Для послойной разработки и перемещения грунтов применяют бульдозеры I–IV категорий. Области применения бульдозера:

- возведение земляного полотна из выемки в насыпь, из боковых резервов в насыпь высотой до 1–1,5 м;
- землеройно-планировочные работы: планировка площадок, послойное разравнивание привозного грунта и перемещение его к голове насыпи;
- снятие растительного слоя грунта, перемещение грунта на небольшие расстояния (10–30 м);
- сооружение полувыемки-полунасыпи на косогоре;
- окучивание материалов при выполнении складских операций;
- уборка валунов и пней, корчевка и валка мелколесья;
- вспомогательные работы.

Скрепер является самоходной, прицепной или полуприцепной землеройно-транспортной машиной, рабочим органом которой служит ковш на пневмоколесах, снабженный в нижней части ножами для срезания грунта (рис. 16.2). Скреперы предназначены для послойного копания, транспортирования, послойной отсыпки, разравнивания и частичного уплотнения грунтов I–IV категорий.

Рабочий цикл скрепера состоит из следующих последовательно выполняемых операций:

- резание грунта и наполнение ковша, при этом нож ковша опущен в грунт, а подвижная заслонка находится в приподнятом состоянии. Скорость движения скрепера при наполнении ковша составляет 2–4 км/ч;
- наполненный грунтом ковш на ходу поднимается в транспортное положение, а подвижная заслонка опускается, препятствуя высыпанию грунта из ковша. Скорость при транспортном передвижении составляет 0,5–0,8 от максимальной скорости трактора или тягача;
- транспортирование грунта в ковше к месту укладки;
- выгрузка и укладка грунта. При разгрузке подвижная заслонка вновь поднимается, а грунт вытесняется принудительно из приспущенного ковша выдвигаемой вперед задней стенкой ковша, причем регулируемый зазор между режущей кромкой ковша и поверхностью земли определяет толщину укладываемого слоя грунта;
- обратный (холостой) ход машины в забой.

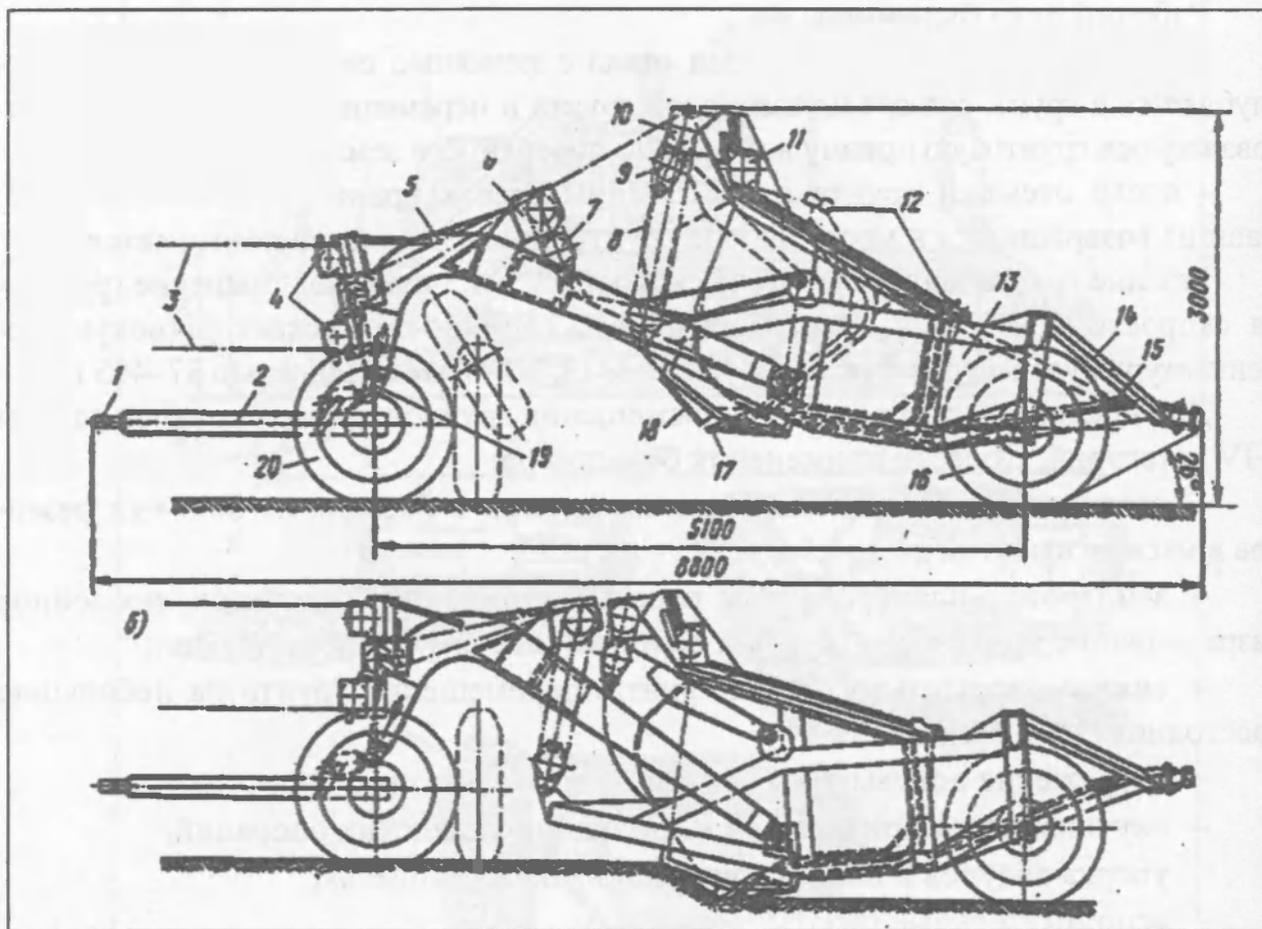


Рис. 16.2. Прицепной скрепер:

а – транспортное положение скрепера; *б* – положение скрепера при резании грунта и загрузке ковша: 1 – сцепная серьга; 2 – дышло; 3 – канаты управления; 4 – флюгерные блоки; 5 – передок; 6 – обойма подъема ковша; 7 – обойма ковша; 8 – заслонка в двух положениях; 9 – обойма заслонки; 10 – обойма подъема заслонки; 11 – блоки и полиспасты опрокидывания днища; 12 – днище в двух положениях; 13 – ковш; 14 – буфер; 15 – обратная пружина днища; 16 – заднее колесо; 17 – подножная плита и ножи; 18 – боковые ножи; 19 – универсальный шкворень; 20 – переднее колесо

Главным параметром скрепера является геометрическая вместимость (объем) ковша. В настоящее время выпускают скреперы с емкостью ковша 3; 4,5; 8(7); 10; 15; 25; 40 м³. Техническая характеристика скреперов представлена в табл. 16.2.

Таблица 16.2

Техническая характеристика скреперов

Показатели	Самоходные					
	ДЗ-87-1	ДЗ-11П	ДЗ13Б	ДЗ115А	ДЗ107	ДЗ155-1
1	2	3	4	5	6	7
Вместимость ковша, м ³ : геометрическая	4,5	8	16	15	25	15
номинальная (с шапкой)	6	11	23	21	33,6	20

1	2	3	4	5	6	7
Грузоподъемность, т	9	15	30	30	50,4	30
Ширина резания, мм	2430	2700	3430	3200	3796	3430
Заглубление, мм	135	150	200	200	410	200
Толщина слоя отсыпки, мм	415	450	510	450	600	500
Тягач	T-150K	MoA3-546П	БелАЗ-7422	БелАЗ-531	–	БелАЗ-7422
	Прицепные					
Марка	ДЗ-111А	ДЗ-77А	ДЗ-79	ДЗ-137	ДЗ-149-5	ДЗ-161
Вместимость ковша, м ³ : геометрическая	4,5	8,8	15,6	25	8,8	16
номинальная (с шапкой)	6	11	20,5	33,6	11	23
Грузоподъемность, т	9	16	27	45	16,5	30
Ширина резания, мм	2430	2754	3040	3550	2850	3430
Заглубление, мм	125	225	200	250	150	200
Толщина слоя отсыпки, мм	400	400	500	550	400	500
Буксирующий базовый трактор	T-4АП2	T-130М	T-330	T-500	K-701	T-25

Скреперы классифицируют на машины с малой (до 3 м³), средней (3–10 м³) и большой (свыше 10 м³) вместимостью ковша. Их применяют для доставки грунта из выемок или резервов в насыпь.

Автогрейдеры представляют собой самоходные планировочно-профилировочные машины, основным рабочим органом которых служит полноповоротный отвал с ножами, размещенный между передним и задним мостами пневмоколесного ходового оборудования рис. 16.3.

Автогрейдеры применяют:

– для послышной разработки и перемещения на расстояние до 100 м грунтов I–III категорий при планировочных и профилировочных работах на строительстве земляного полотна;

- сооружения невысоких насыпей и профильных выемок;
- засыпки траншей, канав;
- очистки дорог от снега в зимнее время года.

Автогрейдеры разделяют по массе:

- легкие – до 9 т мощностью 55–65 кВт;
- средние – 9–13 т мощностью 65–110 кВт;
- тяжелые – 13–19 т мощностью 110–185 кВт.

Колесная схема определяется формулой А × Б × В (где А – число осей с управляемыми колесами; Б – число осей с ведущими колесами и В – общее число осей). Колесная схема отечественных автогрейдеров легкого и среднего

типов $1 \times 2 \times 3$, тяжелого типа $1 \times 3 \times 3$. Легкие автогрейдеры обеспечивают наибольшую глубину резания до 0,2 м, средние – до 0,25 м, тяжелые – до 0,5 м. Техническая характеристика автогрейдеров представлена в табл. 16.3.

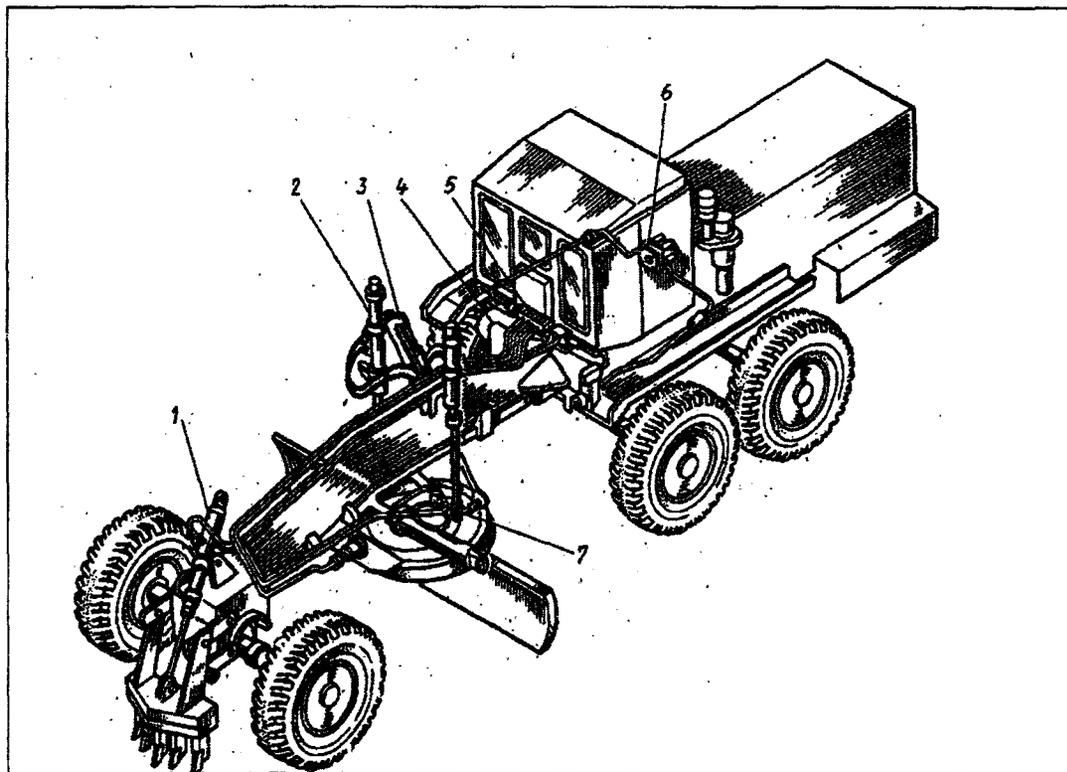


Рис. 16.3. Автогрейдер:

1, 2, 3 – гидродвигатели управления кирковщиком, наклоном и поворотом отвала;
4 – базовый тягач; 5 – распределитель; 6 – насос; 7 – поворотная колонка

Таблица 16.3

Техническая характеристика автогрейдеров

Показатели	ДЗ-99А	ДЗ-143	ДЗ-122А	ДЗ-98А	ДЗ-140
Мощность, кВт	66,2	99,4	99,4	184	220
Длина отвала, мм	3040	3740	3724	4250	4830
Высота отвала, мм	500	620	620	720	800
Бульдозерный отвал: длина, мм	2235	2475	2480	–	2475
масса, кг	9500	13500	14370	19500	26600

Кроме основного рабочего отвала автогрейдер снабжается дополнительным сменным оборудованием:

– удлинителем и уширителем отвала для перемещения и планирования грунтов;

– откосниками (укрепляемыми на отвале) для планирования откосов насыпей (выемок) и очистки канав;

- кирковщиком с шириной захвата 930–1400 мм для взлома дорожных покрытий и рыхления плотных грунтов на глубину до 0,25 м;
- бульдозерным отвалом;
- двухотвальным снегоочистителем, который устанавливается спереди машины и управляется гидроцилиндром.

Экскаваторы – это самоходные землеройные машины с ковшовым оборудованием, предназначенные для разработки грунтов I–IV категорий с перемещением их на сравнительно небольшие расстояния в отвал или в транспортное средство. Профили забоев экскаваторов с различным рабочим органом представлены на рис. 16.4.

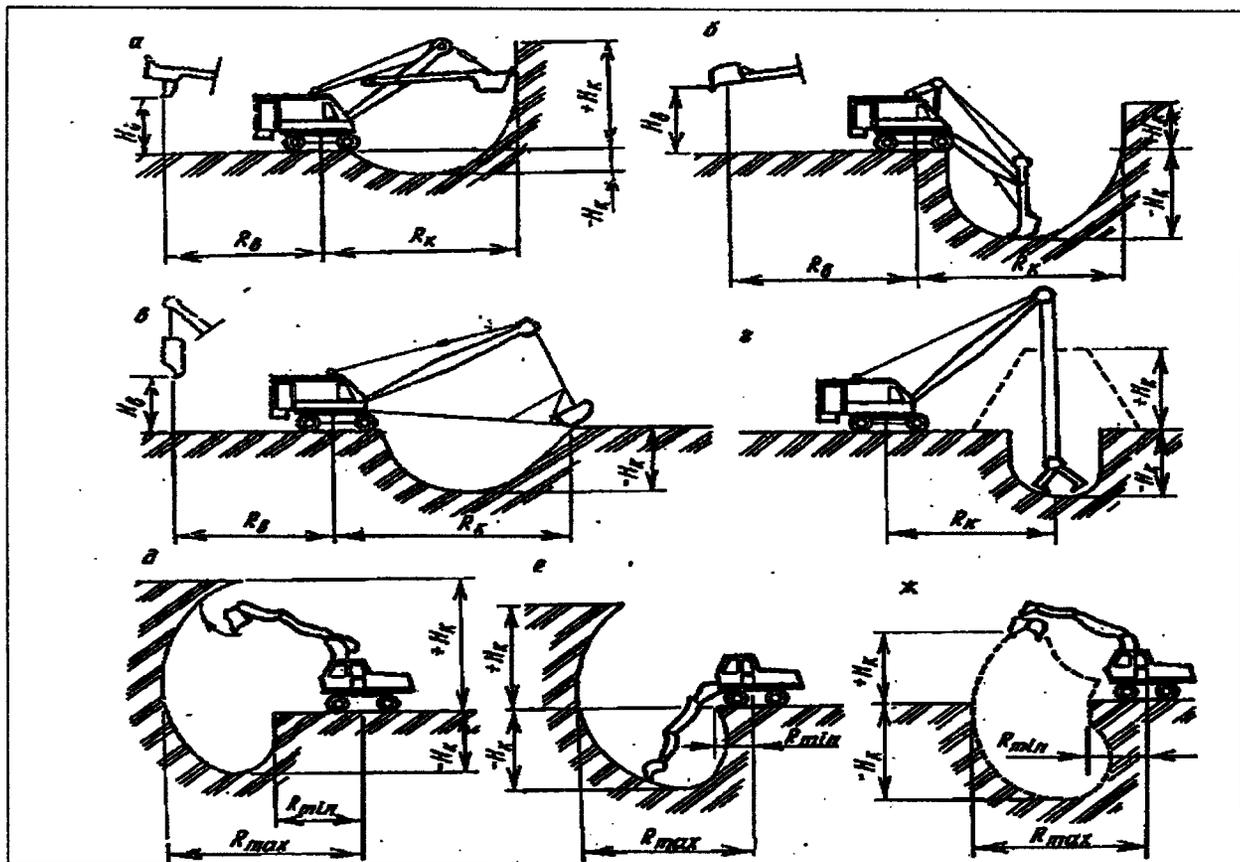


Рис. 16.4. Профили забоев экскаваторов с различным рабочим органом:
 а – экскаватор «Прямая лопата» с канатным приводом рабочего органа; б – экскаватор «Обратная лопата» с канатным приводом рабочего органа; в – драглайн; г – экскаватор с грейферным рабочим органом; д – полноповоротный гидравлический экскаватор «Прямая лопата»; е – полноповоротный гидравлический экскаватор «Обратная лопата»; ж – полноповоротный гидравлический экскаватор с грейферным ковшом

По ходовому оборудованию экскаваторы разделяются:

- на гусеничные – вместимость ковша 0,4–16 м³;
- пневмоколесные – 0,4–0,65 м³;
- шасси автомобилей и тракторов – 0,15–0,65;
- шагающие – до 100 м³.

Технические характеристики экскаваторов представлены в табл. 16.4.

Таблица 16.4

Техническая характеристика одноковшовых экскаваторов

Показатели	Гидравлические					Канатные							
	Амко-дор 702, ТО-49	ЭО-3323	ЭО-5124 (ЭО-5124-2)	ЭО-6123 (ЭО-6123-1)	ЭО-3122	ЭО-3221	ЭО-4321В	ЭО-4124	ЭО-4125	ЭО-3311Е	ЭО-3211Е	ЭО-4112 (ЭО-4112Г)	ЭО-5111Б
Эксплуатационная масса с оборудованием обратной лопаты, т	6,3	14,0	39,0 (38,0)	67,5 (61,2)	14,3	14,0	19,5	25,0	25,6	12,4	12,7	24,5 (22,3)	32,0
Вместимость основного ковша «обратной лопаты», м ³	0,28	0,63	1,6	2,5	0,63	0,63	0,8	1,0	1,0	0,4	0,4	0,65	1,0
Мощность двигателя, кВт	57,4	55,0	125	75 × 2	55,0	55,0	73,6	95,6	95,6	36,8	36,8	60	103
Наибольший угол подъема, град.	13	-	20	20	22	22	22	22	22	22	22	22	20
Вместимость сменных ковшей, м ³	-	0,25-1,2	1,0-3,0	1,6-5,0	0,25-1,2	0,25-0,8	0,5-1,25	0,3-2,0	0,3-2,0	0,4	0,4	0,65	1,0
Ход	ПН	ПН	ГС	ГС	ГС	ГС	ПН	ГС	ГС	ПН	ГС	ГС	ГС

Примечание: ход: ПН – пневмокошесный; ГС – гусеничный.

Рабочий цикл одноковшового экскаватора при разработке грунтов состоит из следующих последовательно выполняемых операций:

- копание грунта (заполнение ковша грунтом);
- подъем ковша с грунтом из забоя;
- поворот ковша к месту разгрузки;
- разгрузка грунта из ковша в отвал или транспортное средство;
- поворот порожнего ковша к забою и опускание его в исходное положение для следующей операции копания.

Экскаватор с рабочим оборудованием прямой лопаты разрабатывает грунт в забое, расположенном выше уровня стоянки машины. Экскаватор с оборудованием обратной лопаты предназначается для рытья траншей и небольших котлованов, расположенных ниже уровня его стоянки. Экскаватор с оборудованием драглайна разрабатывает грунт ниже уровня своей стоянки и применяется для рытья котлованов, водоемов и траншей, а также для разработки различных выемок под водой. Ковш драглайна выполнен совкового типа и связан со стрелой системой тросов. По вместимости ковша экскаваторы подразделяются на восемь групп: 1-я – 0,15 м³; 2-я – 0,25 м³; 3-я – 0,4 м³; 4-я – 0,65 м³; 5-я – 1,0 м³; 6-я – 1,6 м³; 7-я – 2,5 м³; 8-я – 4,0 м³.

Одноковшовые экскаваторы применяют при производстве сосредоточенных земляных работ:

- отсыпке насыпи из отдельных резервов;
- выторфовывании;
- разработке глубоких выемок;
- работе в карьерах;
- рытье котлована под трубу.

Производительность одноковшового экскаватора снижается по мере увеличения плотности грунта. Кроме того, она зависит от способа разработки грунта (при работе «на вымет» производительность повышается, при погрузке на транспортные средства – снижается), вместимости ковша и конструктивного решения кромки ковша. Производительность экскаватора можно повысить, уменьшив угол поворота стрелы и увеличив вместимость ковша. Для этого необходимо максимально заполнять ковш грунтом (с шапкой), а также совмещать процесс резания грунта с поворотом стрелы.

Производительность одноковшового экскаватора определяют по формуле

$$П_3 = 60 T g n k_{\Pi} k_B, \quad (16.1)$$

где $П_3$ – часовая эксплуатационная производительность, м³/ч;

T – продолжительность смены, ч;

g – геометрическая емкость ковша, м³;

$k_{\Pi} = \frac{k_H}{k_P}$ – коэффициент наполнения ковша грунтом в плотном теле;

k_H – коэффициент наполнения ковша рыхлым грунтом;

k_p – коэффициент, учитывающий разрыхление грунта;

$n = \frac{60}{t_{ц}}$ – число рабочих циклов в мин;

$t_{ц}$ – рабочая длительность цикла, с;

k_b – коэффициент использования сменного времени: при загрузке автомобилей-самосвалов в боковом забое $k_b = 0,73-0,74$; в лобовом – $k_b = 0,68$.

Эффективность применения комплектов землеройных и землеройно-транспортных машин заключается в анализе и сравнении изменения критерия эффективности в зависимости от основных факторов, характеризующих объекты строительства. Сравнительную эффективность определяют по критерию суммарных приведенных затрат на 1 м^3 готового земляного сооружения из выражения

$$Z_y = \frac{\sum E}{V} + \frac{\Gamma + E_n \cdot K}{\Pi_{ч} \Phi} + \frac{\sum C_{\text{маш.-ч}}}{\Pi_{ч}} + \frac{З}{1000} + \mathcal{E}_{\text{рем}} + \mathcal{E}_{\text{тр}}, \quad (16.2)$$

где $\sum E$ – единовременные затраты на перебазировку и организацию работы всех машин комплекта, руб.;

V – объем работ на объекте, м^3 ;

Γ – годовые затраты комплекта, руб.;

E_n – нормативный коэффициент эффективности, $E_n = 0,15$;

K – инвентарно-расчетная стоимость комплекта, руб.;

$\Pi_{ч}$ – среднечасовая производительность экскаватора, $\text{м}^3/\text{ч}$;

$C_{\text{маш.-ч}}$ – себестоимость машино-часа каждой машины комплекта, руб./маш.-ч;

Φ – годовое фонд рабочего времени, маш.-ч;

$З$ – заработная плата рабочих, не занятых управлением машин, руб./ 1000 м^3 ;

$\mathcal{E}_{\text{рем}}$ – затраты на ремонт и содержание дорог, руб./ м^3 ;

$\mathcal{E}_{\text{тр}}$ – затраты на транспортировку грунта, руб./ м^3 .

Задание

1. Определить эксплуатационную производительность ведущей землеройной машины в составе каждого комплекта.
2. Определить приведенные удельные затраты комплекта машин.
3. Сравнить эффективности комплектов по критерию суммарных приведенных затрат.
4. Подобрать марки машин (ведущей и комплектующих) по обозначенной мощности.

Для расчета используются исходные данные, представленные в табл. П16.

Пример расчета

Исходные данные

1. Вариант – 26;
2. Номер комплекта – 1; 2 (табл. П16 а);
состав комплекта (табл. П16б).
3. Вид грунта – песок.
4. Объем грунта, м – $4 \times 10 \times 100$.
5. Схема работы в забое – боковым.
6. Продолжительность работы комплекта машин в течение года, дней – 250.

Порядок расчета

1. Определяют эксплуатационную производительность экскаватора по формуле (16.1).

1.1. Определяют продолжительность цикла с учетом данных табл. 16.5

$$t_{\text{ц}} = t_{\text{н}} + t_{\text{п}} + t_{\text{р}} + t_{\text{о}} = 3 + 4 + 2 + 3 = 12,$$

где $t_{\text{н}}$ – время наполнения ковша, с;

$t_{\text{п}}$ – время подъема и поворота платформы, с;

$t_{\text{р}}$ – время разгрузки ковша, с;

$t_{\text{о}}$ – время обратного поворота платформы, с.

Таблица 16.5

Продолжительность отдельных операций

Операция цикла	Время, затрачиваемое на операцию для экскаватора с емкостью ковша, м ³ (с)		
	0,65	1,0	1,6
Наполнение ковша	3	4	6
Подъем груженого ковша с поворотом платформы	4	6	6
Выгрузка грунта	2	3	3
Обратный поворот платформы	3	5	5

1.2. Определяют количество рабочих циклов в минуту

$$n = \frac{60}{t_{\text{ц}}} = \frac{60}{12} = 5.$$

1.3. Определяют коэффициент наполнения ковша грунтом в плотном теле с учетом данных табл. 16.6

$$k_{\Pi} = \frac{k_{\Pi}}{k_p} = \frac{1,0}{1,1} = 0,9,$$

где k_{Π} – коэффициент наполнения ковша рыхлым грунтом;
 k_p – коэффициент, учитывающий разрыхление грунта.

Таблица 16.6

Значение коэффициентов наполнения и разрыхления грунта

Вид грунта	Значения коэффициентов	
	k_{Π}	k_p
Песок	1,0	1,0–1,15
Супесь	1,05	1,1–1,2
Суглинок	1,0	1,2–1,4
Глина	0,9	1,2–1,3
Жирная глина	0,9	1,3–1,4

1.4. Определяют эксплуатационную производительность экскаватора в смену

$$\Pi_{Э-1} = 60 T g n k_{\Pi} k_B = 60 \cdot 7,67 \cdot 0,5 \cdot 5 \cdot 0,9 \cdot 0,73 = 756 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Аналогичным образом определяют производительность экскаватора сравняемого комплекта.

2. Определяют приведенные удельные затраты комплекта машин сравниваемых вариантов, из выражения (16.2).

2.1. Определяют объем работ, выполненных экскаватором:

$$V = 4 \cdot 10 \cdot 100 = 4000 \text{ м}^3.$$

2.2. Определяют количество времени, необходимого для выполнения работ:

$$\Phi = t_{\text{см}} T_{\Gamma} k_{\text{см}} = 7,8 \cdot 250 \cdot 1,5 = 2925 \text{ ч},$$

где $t_{\text{см}}$ – продолжительность смены на рабочей площадке, ч;

T_{Γ} – число рабочих дней в году, в течение которых должен быть выполнен объем земляных работ;

$k_{\text{см}}$ – коэффициент сменности за рабочий период, изменяется от 1,0 (для зимних месяцев) до 2,0 (для летних) (табл. 16.7).

Составляющие годового фонда времени

Машины	Коэффициент сменности за рабочий период $K_{см}$	Продолжительность смены на площадке $t_{см}$	Срок выполнения работ $T_{г}$, дни
1. Экскаватор (ведущая машина)	1,5	7,8	250

2.3. Определяют время, за которое экскаватор выполнит объем земляных работ:

$$N_{ч} = \frac{V}{\Pi_{\phi}} = \frac{4000}{756} = 5,3 \text{ ч.}$$

Аналогичным образом определяют время, необходимое для выполнения того же объема земляных работ вторым комплектом машин.

2.4. Определяют объем земляных работ, который может быть выполнен комплектом за время работы:

$$V_{г} = \frac{V \cdot \Phi}{N_{ч}} = \frac{4000 \cdot 2925}{5,3} = 2207547 \text{ м}^3.$$

2.5. Определяют приведенные удельные затраты при работе комплекта в течение обозначенного годового времени (например, 250 дней):

$$\begin{aligned} Z_{y1} &= \frac{\sum E}{V} + \frac{\Gamma + E_{н} \cdot K}{\Pi_{\phi}} + \frac{\sum C_{\text{маш.-ч}}}{\Pi_{\phi}} + \frac{3}{1000} + \mathcal{E}_{\text{рем}} + \mathcal{E}_{\text{тр}} = \\ &= \frac{174,6}{2207547} + \frac{3593,11 + (0,15 \cdot 20865)}{756 \cdot 2925} + \frac{3,18}{756} + \frac{7,64}{1000} + 0,004 + 0,16 = \\ &= 0,179 \text{ руб./м}^3. \end{aligned}$$

Аналогичным образом определяют удельные затраты для сравниваемого комплекта машин.

Например, $Z_{y2} = 0,212 \text{ руб./м}^3$.

3. Сравнивают эффективность комплектов по критерию суммарных приведенных затрат.

Вывод о выборе комплекта машин делают на основании приведенных удельных затрат и срока выполнения работы.

4. Подбирают марки машин (ведущей и комплектующих) по обозначенной мощности (см. табл. 16.1; 16.2; 16.3; 16.4). Результаты заносят в табл. 16.8.

Марки машин

Машина	Принадлежность машины	Мощность, кВт	Марка
1. Экскаватор	Ведущая		
2. Бульдозер гусеничный	Комплект.		
3. Автогрейдер	Комплект.		

Заключение

Определены производительности ведущих машин (экскаваторов) сравниваемых комплектов. Рассчитаны по комплектам приведенные удельные затраты.

Определено количество рабочего времени, необходимое для выполнения обозначенного объема работ. Выбраны марки машин.

СТРОИТЕЛЬСТВО ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА

Практическая работа № 17

**СОСТАВЛЕНИЕ ВЕДОМОСТИ ОБЪЕМОВ ЗЕМЛЯНЫХ РАБОТ
С РАЗРАБОТКОЙ ГРАФИКА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЗЕМЛЯНЫХ МАСС***Введение*

Комплекс работ по сооружению дорожного полотна регламентируется положениями, изложенными в «Пособии к строительным нормам и правилам» П2–02 к СНиП 3.06.03–85 «Устройство земляного полотна автомобильных дорог». Автомобильная дорога состоит из таких основных компонентов, как: дорожное полотно, дорожная одежда и искусственные сооружения.

Дорожное полотно – сооружение из грунта правильной формы, с помощью которого создаются условия для укладки дорожной одежды, поддерживается определенный влажностный режим дороги, регулируется продольный и поперечный уклон местности и обеспечивается безопасное движение транспортных средств.

Дорожная одежда – многослойная конструкция, предназначенная для перераспределения давления на грунт от действия транспортной нагрузки, обеспечивающая повышение сроков службы и транспортно-эксплуатационных показателей автомобильной дороги.

Искусственные сооружения – инженерные конструкции, предназначенные для плавного пересечения проезжей частью дороги водных преград, пониженных мест, других коммуникационных сооружений, горных массивов.

Автомобильная дорога на местности может проходить в насыпи или выемке.

Насыпь – инженерное земляное сооружение, устраиваемое из природных или техногенных грунтов, в пределах которых вся поверхность дорожного полотна расположена выше уровня земли.

Выемка – земляное сооружение, выполненное путем срезки естественного грунта по заданному профилю, при этом вся поверхность дорожного полотна расположена ниже уровня земли.

К земляным работам относится сооружение присыпной обочины.

Обочина – инженерное земляное сооружение между проезжей частью и бровкой дорожного полотна, предназначена для вынужденной остановки транспортного средства. Обочины могут быть грунтовые, с засевом трав, укрепленные местными материалами. Поперечный уклон обочины принимают на 20 % больше поперечного уклона проезжей части. **Присыпная обочина** – земляное сооружение из уплотненного местного или привозного грунта, устраиваемое после строительства дорожного покрытия для выравнивания поверхности дорожного полотна.

На основании данных продольного профиля (рис. 17.1) по объемам насыпей, выемок и кюветов производится распределение земляных масс.

Кювет – боковая водоотводная канава, расположенная непосредственно вдоль подошвы дорожного полотна.

Профильный объем насыпей и выемок устанавливают на основании продольного и поперечного профилей автомобильной дороги. Для отсыпки насыпи определяют возможные источники получения грунта (грунтовые карьеры, выемки, боковые резервы). При этом необходимо принимать во внимание разницу в плотности грунта в условиях естественного залегания (в резерве) и в построенной насыпи. Для этого при распределении земляных работ в расчетах следует учитывать коэффициент относительного уплотнения, представляющий собой отношение плотности сухого грунта в насыпи к плотности сухого грунта в резерве:

$$K_{\text{отн}} = \frac{\rho_{d \text{ н}}}{\rho_{d \text{ рез}}}$$

При распределении земляных работ в первую очередь используют грунт выемок для отсыпки насыпей. Недостающий объем грунта берется из притрассового или сосредоточенного резерва. По результатам распределения земляных масс составляется график. Данная схема применяется в том случае, если грунт выемок пригоден для отсыпки насыпей.

График распределения земляных масс – определение объемов земляных работ для продольной и поперечной возки грунта из резерва и выемок в насыпь или в отвал в пределах определенного строительного участка дороги. Выполняется для каждого вида землеройных машин.

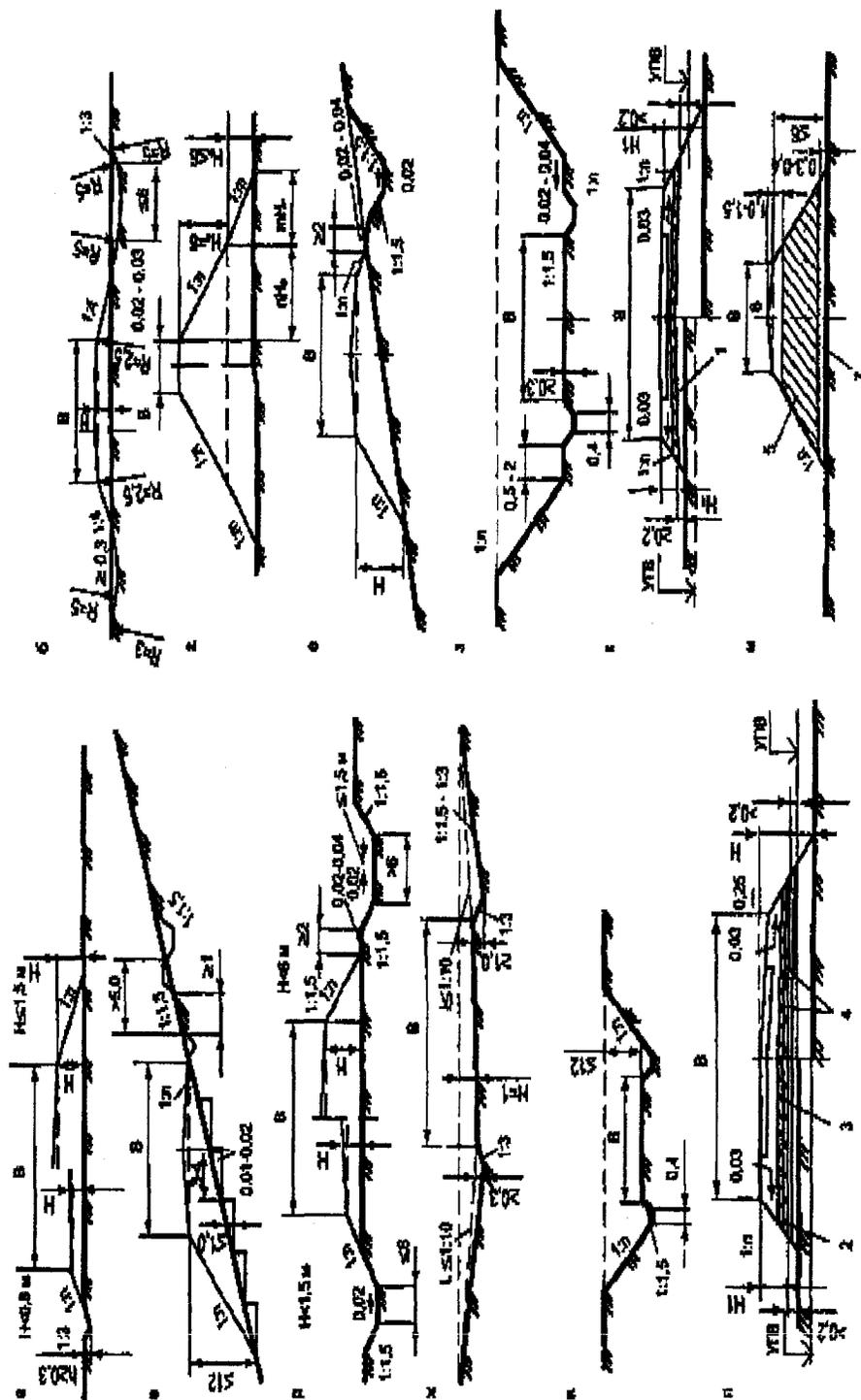


Рис. 17.1. Принципиальные схемы поперечных профилей типовых насыпей и выемок:

а – насыпь из привозных грунтов высотой до 1,5 м; б – насыпь высотой до 1,5 м в пригородных зонах и местах, подверженных снежным заносам; в – насыпь на устойчивых косогорах крутизной от 1 : 1,5 до 1 : 3; г – насыпь высотой более 6 м; д – насыпь из боковых резервов; е – насыпь из бокового резерва на косогоре крутизной от 1 : 10 до 1 : 5; ж – раскрытая выемка глубиной до 1 м; з – выемка глубиной от 2 до 12 м в легко выветривающихся скальных грунтах, переувлажненных глинистых, в пылеватых, лесовидных грунтах и лесах; и – выемка в глинистых грунтах; к – насыпь с гидроизолирующей прослойкой; л – насыпь с капилляропрерывающей прослойкой; м – насыпь из глинистого переувлажненного грунта; 1, 7 – гидроизолирующая прослойка; 2 – крупный гравий или щебень на выходе прослойки; 3 – капилляропрерывающий слой из гравия, щебня и тому подобного толщиной 15–20 см; 4 – противозаливающие слои;

5 – глинистый грунт; 6 – дренирующий грунт

При составлении графика следует определить, как будет возводиться земляное полотно по длине трассы:

– в виде насыпей из сосредоточенных резервов (этот тип характерен для линейных работ);

– в виде чередующихся насыпей и выемок различной высоты, глубины и длины;

– в виде отдельных насыпей и выемок сравнительно большой высоты и глубины (сосредоточенные работы). Такие насыпи возводят из грунтов прилегающих к ним выемок или специальных резервов. Грунт при разработке выемок используется для возведения насыпей (непригодный грунт складывается в отвал или кавальер).

На графике распределения земляных масс указывают пикетные объемы насыпи, выемки и кювета, места получения грунта для возведения насыпи и способы ведения земляных работ. Объем работ по отсыпке насыпи распределяется с учетом коэффициента относительного уплотнения при помощи выбранных землеройных механизмов. На графике указывают участки выбираемого грунта и места его выгрузки.

Выбор землеройных машин с учетом модели и мощности производят на основании технико-экономических показателей отдельно для каждого объекта земляных работ. Производительность машины можно установить в зависимости от объема работ на участке и срока их выполнения. По результатам распределения земляных масс составляют **ведомость объемов земляных работ**.

Задание

1. Определить объем присыпных обочин.
2. Определить профильный объем с учетом коэффициента относительного уплотнения.
3. Определить объем недобора.
4. Определить распределение земляных масс с учетом направления транспортирования.
5. Определить объем удаленного растительного грунта.
6. Определить объем выторфовывания.
7. Определить объем планировочных работ.
8. Составить ведомость объемов работ.

Для расчета используются исходные данные, представленные в табл. П17.

Пример расчета

Исходные данные

- | | |
|---|---------|
| 1. Вариант – | 26. |
| 2. Объемы насыпи, выемки, кювета (табл. П17). | |
| 3. Категория дороги – | II. |
| 4. Толщина дорожной одежды (ДО) – | 0,43 м. |

5. Средняя высота насыпи –	3,0 м.
6. Глубина болота –	2,5 м.
7. Расположение болота –	ПК-3.
8. Расстояние от карьера –	до 3 км.
9. Вид грунта –	супесь.

Порядок расчета

1. Составляют **ведомость распределения земляных масс (ВРЗМ)**, включающую 39 позиций по вертикали, по горизонтали количество пикетов соответствует протяженности участка (табл. 17.1). Основными объемами ведомости распределения земляных масс являются:

- профильный объем работ, м³;
- профильный объем с учетом коэффициента уплотнения, м³;
- распределение земляных масс, м³;
- грунт (растительный), м³;
- направление транспортировки и зоны обеспечения (график);
- ситуационный план трассы и расположение резервов;
- способы разработки и дальность транспортировки, м³;
- выторфовывание экскаватором в отвал, м³;
- всего оплачиваемых земляных работ, м³;
- планировка, м².

2. Заполнение ведомости распределения земляных работ осуществляется в последовательности выполнения работ, указанных в п. 1.

3. Определяют профильный объем работ.

3.1. Определяют объем насыпи (строка 1 табл. 17.1) на основании данных продольного профиля: черных и красных отметок, а также ширины дорожного полотна в зависимости от категории дороги. При решении данной задачи объем насыпи переносится из исходных данных. В конце строки выставляют суммарную цифру.

3.2. Определяют объем грунта, необходимый для устройства присыпных обочин (рис. 17.2):

$$\begin{aligned}
 V_{\text{по}} &= 2 \cdot 100 \cdot (b \cdot h + 0,5 \cdot 1,5 \cdot h^2) = \\
 &= 2 \cdot 100 \cdot (3 \cdot 0,43 + 0,5 \cdot 1,5 \cdot 0,43^2) = 284 \text{ м}^3,
 \end{aligned}$$

где 2 – количество обочин с обеих сторон дороги;

100 – из расчета на один пикет;

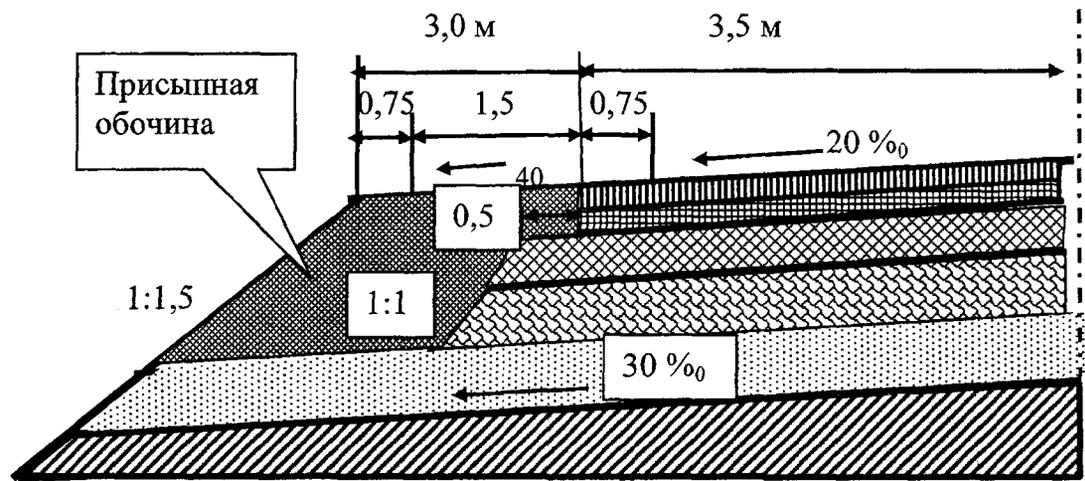
b – ширина обочины, в зависимости от категории дороги. Принимается по табл. 17.2. Для II категории ширина обочины равна 3 м;

h – толщина дорожной одежды, принимается из задания как суммарная величина до слоя песка;

1,5 – заложение откоса.

График распределения земляных масс

Про-фильный объем работ, м ³	1	1200	1432	1436	1349	1499				1110	1429	9455
	2	284	284	284	284	284	284	284	284	284	284	2840
Проф. объем с учетом коэфф. уплотн.	3						1255	1367	1142			3764
	4						260	260	260			780
Распределение земляных масс, м ³	5	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	
	6	1320	1578	1580	1484	1649				1221	1572	10404
Грунт	7	312	312	312	312	312	312	312	312	312	312	3120
	8						1255	1367	1142			3764
Направление транспортировки и зоны обеспечения	9						26	28	23			77
	10				894	1255				1142		3764
Ситуационный план трассы и расположение резервов	11				260	260				260		780
	12											
Грунт	13	1320	1578	7080	590	394				79	1572	12639
	14	312	312	312	24	26	312	312	312	29	312	2261
Грунт	15	440	440		28	26				23		77
	16			5500	440	440	440	440	440	440	440	3960
Грунт	17				1154	1515				1402		5500
	17	1632	1890	1892	642	446	312	312	312	131	1884	из выемки
Ситуационный план трассы и расположение резервов	18	0 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Грунт по трудности
	18	0 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1-я гр. 2-я гр.



Покрытие, верхний слой	Горячий щебенистый асфальтобетон мелкозернистый, тип Б, марки 1	толщина 7 см
Покрытие, нижний слой	Горячий щебенистый пористый асфальтобетон крупнозернистый	толщина 8 см
Верхний слой основания	Гравийный материал с добавкой 30 % щебня, обработанного битумной эмульсией	толщина 12 см
Нижний слой основания	Гравийно-песчаная смесь, укрепленная золой уносом	толщина 16 см
Дополнительный слой основания	Песок	толщиной 37 см

Рис. 17.2. Конструкция дорожной одежды

3.3. На пикете, где имеются одновременно выемка и насыпь, присыпная обочина для насыпи рассчитывается по формуле

$$V'_{\text{п.о}} = V_{\text{п.о}} \cdot 0,6.$$

Полученную цифру по присыпной обочине записывают в строке 2. В конце строки выставляют суммарную цифру.

3.4. Определяют профильный объем выемки (строка 3 табл. 17.1) и кювета (строка 4 табл. 17.1) на основании данных продольного профиля и ширины дорожного полотна с учетом категории дороги. При решении данной задачи объем выемки кювета переносят из исходных данных. В конце строки выставляют суммарную цифру.

Таблица 17.2

Параметры поперечного профиля автомобильных дорог

Наименование параметра поперечного профиля	Значения параметра поперечного профиля для категорий дорог							
	Ia	Iб, Iв	II	III	IV	V	VIa	VIб
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1. Ширина полосы движения	3,75	3,5	3,5	3,5	3,0	2,75	3,5	3,0

1	2	3	4	5	6	7	8	9
2. Ширина проезжей части, м	7,5 × 2 11,25 × 2	7 × 2 10,5 × 2	7	7	6	5,5	3,5	3,0
3. Ширина обочины, м, в т.ч. укрепленной обочины, остановочной полосы	3,75 — 2,5	3,0 0,5 2,5	3,0 0,75 —	2,5 0,5 —	2,0 0,5 —	1,25 — —	1,5 — —	0,75 — —
4. Ширина дорожного полотна, м	24,5 + s 32 + s	22 + s 29 + s	13	12	10	8	6,5	4,5

Примечание: s – ширина барьерного ограждения, устанавливаемого на разделительной полосе.

3.5. Определяют профильный объем с учетом коэффициента уплотнения.

3.5.1. Определяют коэффициент относительного уплотнения грунта для заданного вида грунта и требуемого коэффициента уплотнения (табл. 21.2), значение которого принимают равным 1. В данном случае необходимо учитывать, что одна и та же масса грунта в резерве (карьере), характеризуемая меньшим коэффициентом уплотнения, имеет больший объем, чем та же масса, уложенная в насыпь и уплотненная высокоэффективной техникой до большей степени уплотнения и имеющая, следовательно, меньший объем. Это неравенство регулирует коэффициент относительного уплотнения (табл. 17.3).

Таблица 17.3

Значения коэффициента относительного уплотнения

Требуемый коэффициент уплотнения грунта	Значения коэффициента относительного уплотнения для грунтов						Шлаки, отвалы перерабатывающей промышленности
	Пески, супеси, суглинки пылеватые	Суглинки, глины	Лесса и лессовидные грунты	Скальные разрабатываемые грунты при плотности, г/см ³			
				1,9–2,2	2,2–2,4	2,4–2,7	
1,00	1,10	1,05	1,30	0,95	0,89	0,84	1,26–1,47
0,95	1,05	1,00	1,15	0,90	0,85	0,80	1,20–1,40
0,90	1,00	0,95	1,10	0,85	0,80	0,76	1,13–1,33

Для песчаного грунта и требуемого коэффициента уплотнения (равного единице) коэффициент относительного уплотнения равен 1,1. Записывают это значение в строку 5 табл. 17.1.

3.5.2. Определяют профильный объем насыпи, присыпной обочины и выемки с учетом коэффициента уплотнения:

а) для насыпи по каждому пикету: строка 1 табл. $17.1 \times 1,1 =$ результат записывают в строке 6. В конце строки выставляют суммарную цифру;

б) для присыпной обочины: строка $2 \times 1,1 =$ результат записывают в строке 7. В конце строки выставляют суммарную цифру.

в) для выемки: строка $3 \times 1,0 =$ результат записывают в строку 8.

В конце строки выставляют суммарную цифру.

3.5.3. Определяют недобор. При разработке выемки экскаватором всегда на откосе остается часть грунта в виде порогов, получаемых от ковша. При окончательной планировке откосов выемки эти пороги срезаются, а грунт перевозят либо для отсыпки насыпи, либо для устройства присыпных обочин, если он соответствует требованиям.

Недобор определяют из расчета, что он составляет 2 % от объема выемки, следовательно:

$$\text{Недобор} = \text{выемка} \cdot 0,02.$$

Полученные значения записывают в строку 9. В конце строки выставляют суммарную цифру.

4. Определяют распределение земляных масс в м^3 с учетом направления транспортировки и зоны обеспечения. Для этого вначале строят график распределения земляных масс (строка 17 табл. 17.1).

4.1. Построение графика начинают с выемки, для этого выписывают из строки 8 объемы выемки по пикетам и записывают в строку 17. Полученные объемы грунта должны быть перемещены в насыпь из близлежащих пикетов.

4.2. Объем насыпи выписывают из строки 6 и переносят в строку 17. Эти объемы должны быть отсыпаны из грунта выемок, сосредоточенных резервов или кюветов. Перераспределение грунта обозначают стрелками.

4.3. Если грунта из выемки на пикете больше, чем необходимо для отсыпки насыпи на соседнем пикете, то излишек грунта перемещается на следующий пикет.

Если грунта из выемки недостаточно для возведения насыпи, то в него добавляется грунт из другого пикета выемки.

Данная технология комментируется схемой, изображенной на рис. 17.3.

4.4. После распределения грунта из выемки оставшийся грунт для возведения насыпей доставляется из сосредоточенных резервов (карьеров), притрассовых резервов и кюветов.

4.5. Грунт для устройства присыпных обочин доставляют из сосредоточенных резервов или из кюветов, если грунт соответствует предъявляемым требованиям.

Объем грунта, доставленный для отсыпки насыпи из выемки, кювета, притрассовых резервов, сосредоточенных резервов, из недобора записывают в строки табл. 17.1 соответственно 10, 11, 12, 13 и 14 по каждому пикету.

насыпь	1320	1576	1580	1484	1649					1221	1576	
	↑	↑	↑	↑							↑	
ПК	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	выемка
сосред. резерв	1320	1576	1580	590							1576	

Рис. 17.3. Направление транспортировки грунта в насыпь

В конце строк записывают суммарную цифру каждого объема.

5. Определяют количество растительного грунта, удаляемого на ширину подошвы насыпи.

5.1. Определяют ширину подошвы насыпи с учетом ширины дорожного полотна, высоты насыпи, заложения откоса

$$B' = B + 2 \cdot H \cdot m = 13 + 2 \cdot 3 \cdot 1,5 = 22 \text{ м,}$$

где B – ширина дорожного полотна (см. табл. 17.2). Для II категории $B = 13$ м;

H – высота откоса (из исходных данных $H = 3,0$ м);

m – заложение откоса (принимаяем 1 : 1,5).

5.2. Определяют площадь, с которой удаляется растительный грунт:

$$F_{\text{раст.гр}} = (L_{\text{раст.гр}} \cdot B') = (900 \cdot 22) = 19800 \text{ м}^2,$$

где $L_{\text{раст.гр}}$ – длина полосы, с которой снимается растительный грунт. Определяют по формуле

$$L_{\text{раст.гр}} = L - L_{\text{болота}} = 1000 - 100 = 900 \text{ м}^2,$$

где L – длина всего участка (принимаяем 1000 м);

$L_{\text{болота}}$ – длина заболоченного участка (принимаяем 100 м).

5.3. Определяют объем удаляемого растительного слоя. Растительный грунт удаляют на глубину 0,12–0,25 м. Принимаем толщину снимаемого слоя равную 0,2 м. Объем удаляемого грунта определяют по формуле

$$V_{\text{раст.гр}} = F_{\text{раст.гр}} \cdot h_{\text{раст.гр}} = 19800 \cdot 0,2 = 3960 \text{ м}^3.$$

Объем растительного грунта записывают в строку 15 табл. 17.1 каждого пикета, кроме заболоченного участка.

5.4. Определяют количество болотного грунта, удаляемого с участка, на котором отсыпается насыпь дорожного полотна. Объем удаляемого грунта

зависит от глубины болота и протяженности участка. Ширина полосы выторфовывания зависит от ширины насыпи понизу. Объем торфа определяют по формуле

$$V_{\text{торфа}} = B' \cdot h_{\text{болота}} \cdot L_{\text{болота}} = 22 \cdot 2,5 \cdot 100 = 5500 \text{ м}^3,$$

где B' – ширина подошвы насыпи, м;

$h_{\text{болота}}$ – глубина болота (исходные данные);

$L_{\text{болота}}$ – длина заболоченного участка (принимаем 100 м).

Результаты расчета заносят в строку 16 табл. 17.1. В конце строки выставляют суммарную цифру.

6. На график распределения земляных масс наносят ситуационный план трассы и расположение карьеров. Ситуация переносится из продольного профиля. В случае отсутствия данных о ситуации строка 18 заполняется произвольно по расположению леса, кустарника, пашни. Расположение болота указано в исходных данных.

7. Распределяют объемы земляных работ с учетом транспортировки грунта землеройными машинами или автомобилями-самосвалами и предварительного выбора ведущей машины.

При распределении объемов необходимо учитывать расстояние перемещения грунта, которое принимается с учетом технических возможностей и производительности ведущей машины.

7.1. Автогрейдер применяют для отсыпки насыпи на дорогах низких технических категорий и небольших объемов работ (высота насыпи до 0,8 м). В данном примере автогрейдер применяют при устройстве кювета. Поэтому объем грунта из строки 4 переносят на соответствующие пикеты строки 19. Все объемы грунта, перемещенные с помощью автогрейдера, складывают и определяют общий объем автогрейдерных работ.

7.2. Бульдозер в качестве ведущей машины применяют при сооружении земляного полотна из выемок в насыпь и из боковых резервов в насыпь высотой до 1–1,5 м. Расстояние перемещения грунта достигает до 100 м. Поэтому в строку 23 переносят объемы из крайних пикетов выемки (строка 8). Все объемы складывают и определяют общий объем бульдозерных работ.

7.3. Скрепер в качестве ведущей машины применяют при высоте насыпи более 1,5 м и расстоянии перемещения от 100 до 600 м. В данном примере скрепер применяют на работах по перемещению грунта из выемки в насыпь, где расстояние транспортирования грунта превышает 100 м. Объемы грунта записывают в строки 24–28. Все объемы складывают и определяют общий объем скреперных работ.

7.4. При транспортировании грунта на расстояние более 1 км в качестве ведущей машины применяют экскаватор. Грунт погружают в кузов автомобиля-самосвала и перевозят на любое расстояние.

В ситуационном плане трассы должны быть указаны места расположения карьеров и их расстояние от строящейся дороги. С учетом этого расстояния переносят объемы грунта из сосредоточенных карьеров (строка 13) в соответствующую строку 29–32.

Недобор перевозится автомобилями-самосвалами, поэтому объемы из строки 14 переносят в строку 33.

Суммарные значения всех объемов грунта, записанные в строки 19–33, помещают в конце каждой из строк. Все объемы складывают и определяют общий объем экскаваторных работ.

8. Определяют объемы торфа, удаляемого с участка в отвал при посадке основания насыпи на минеральное дно. Объемы болотного грунта переносят из строки 16 в строку 34. В конце строки выставляют суммарную цифру.

9. Определяют объем оплачиваемых земляных работ. Для этого складывают суммарные объемы, вычисленные для автогрейдерных, бульдозерных, скреперных и экскаваторных работ.

10. Определяют объем планировочных работ.

10.1. Вычерчивают схему дорожного полотна с дорожной одеждой (рис. 17.4).

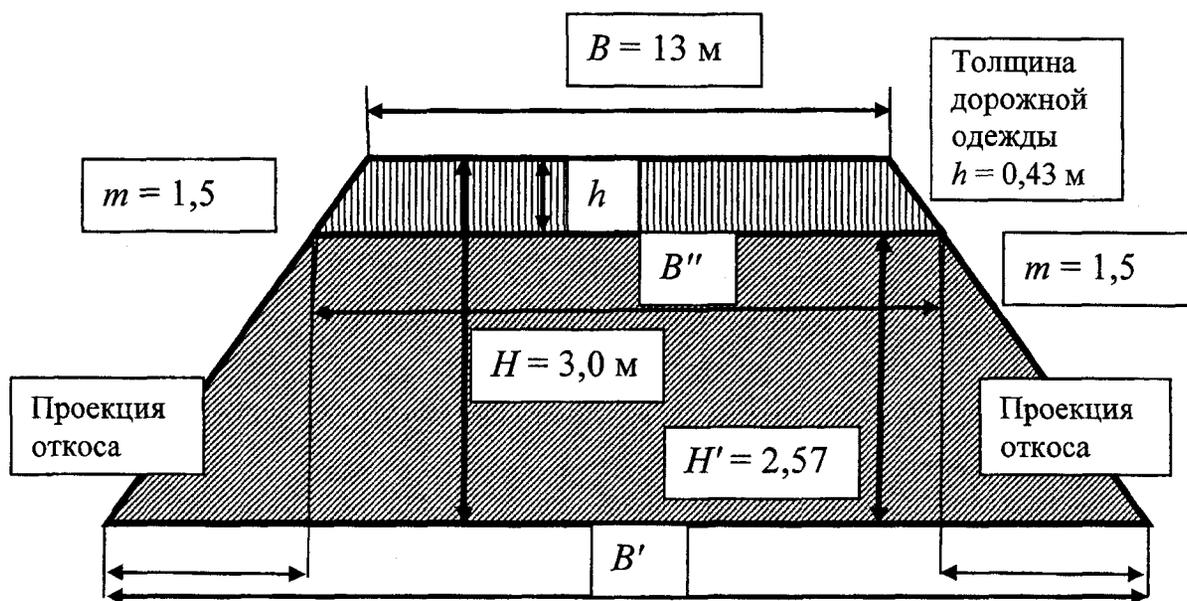


Рис. 17.4. Расчетная схема подошвы дорожного полотна

10.2. Определяют ширину подошвы дорожной одежды

$$B'' = B + 2 \cdot h \cdot m = 13 + 2 \cdot 0,43 \cdot 1,5 = 14,29 \text{ м,}$$

где B – ширина дорожного полотна, м;

h – толщина дорожной одежды равная 43 см, включающая:

верхний слой покрытия – 7 см;

нижний слой покрытия – 8 см;

верхний слой основания – 12 см;

нижний слой основания – 16 см.

Материал каждого слоя представлен на рис. 17.2.

10.3. Определяют площадь планировки верха дорожного полотна

$$F_{\text{дор.пл}} = B'' \cdot L_{\text{пк}} = 14,29 \cdot 100 = 1429 \text{ м}^2,$$

где $L_{\text{пк}}$ – длина пикета, м.

Полученное значение записывают в каждом пикете строки 36. В конце строки ставится сумма.

10.4. Определяют длину откоса

$$L_{\text{откос}} = \sqrt{(H')^2 + (1,5 \cdot H')^2} = \sqrt{2,57^2 + (1,5 \cdot 2,57)^2} = 4,63 \text{ м},$$

где H' – высота насыпи без дорожной одежды, определяемая по формуле

$$H' = H - h = 3,0 - 0,43 = 2,57 \text{ м}.$$

10.5. Определяют площадь планировки откоса

$$F_{\text{откос}} = 2 \cdot L_{\text{откос}} \cdot L_{\text{пк}} = 2 \cdot 4,63 \cdot 100 = 926 \text{ м}^2.$$

Площадь планировки откоса заносят в каждый пикет строчки 37. В конце строки проставляется сумма.

11. Составляют ведомость объемов работ по форме, представленной в табл. 17.3.

Таблица 17.3

Ведомость объемов работ

№ п/п	Наименование работ	Ссылка	Ед. изм.	Кол-во
1	2	3	4	5
1. Основные работы				
1	Разработка и поперечное перемещение грунта автогрейдером	табл. 17.1.	м ³	780
2	Бульдозерные работы: разработка грунта 2-й группы бульдозером с перемещением до 100 м	табл. 17.1.	м ³	2397
3	Скреперные работы: разработка грунта 2-й группы скрепером емкостью ковша 10 м ³ с перемещением до 200 м	табл. 17.1.	м ³	520
4	То же, до 300 м	табл. 17.1.	м ³	894
5	То же, до 400 м	табл. 17.1.	м ³	260

1	2	3	4	5
6	Экскаваторные работы: разработка грунта 2-й группы экскаватором емкостью ковша $1,0 \text{ м}^3$ с автовозкой до 3 км	табл. 17.1.	м^3	14564
7	Выторфовывание экскаватором в отвал	табл. 17.1.	м^3	5500
8	Недобор	табл. 17.1.	м^3	77
9	Уплотнение грунта с поливкой водой (50 % от общего объема)	50 % от общего объема ($19415 \times 0,5$)	м^3	9708
10	Уплотнение грунта без поливки водой	50 % от общего объема	м^3	9708
2. Отделочные работы				
11	Планирование верха земляного полотна	табл. 17.1.	м^3	14290
12	Планировка откосов	табл. 17.1.	м^3	9260

Заключение

Определен объем присыпной обочины равный 284 м^3 на одном пикете.

Профильный объем определен с учетом коэффициента относительного уплотнения равным 1,1.

Определен объем недобора из расчета 0,02 от объема выемки.

Составлен график распределения земляных масс.

Объем удаляемого растительного слоя составляет 3960 м^3 .

Объем выторфовывания составляет 5500 м^3 .

Объем планировочных работ для верха дорожного полотна равен 1429 м^3 , для откоса 514 м^3 . Составлена ведомость объемов работ.

Практическая работа № 18

РАСЧЕТ РЕСУРСОВ ДЛЯ БУЛЬДОЗЕРНЫХ И СКРЕПЕРНЫХ РАБОТ ПРИ ВОЗВЕДЕНИИ ДОРОЖНОГО ПОЛОТНА

Введение

Для возведения земляного полотна автомобильной дороги используют машины для земляных работ: автогрейдеры, бульдозеры, скреперы, экскаваторы. Выбор ведущего типа машины зависит от высоты насыпи, глубины выемки, типа грунта и дальности его перемещения. Землеройно-транспортными называют машины с ножевым рабочим органом, выполняющие одновременно послойное отделение грунта от массива и его перемещение к месту укладки при своем поступательном движении.

Бульдозер представляет собой навесное оборудование на базовом гусеничном или пневмоколесном тракторе, включающее отвал с ножами, толкающее устройство в виде брусьев или рамы и гидравлическую систему управления отвалом.

Рабочий цикл бульдозера: при движении машины вперед отвал с помощью системы управления заглубляется в грунт, срезает ножами слой грунта и перемещает впереди себя образовавшуюся грунтовую призму волоком по поверхности земли к месту разгрузки, после отсыпки грунта отвал поднимается в транспортное положение, машина возвращается к месту набора грунта, после чего цикл повторяется.

Скрепер – землеройно-транспортная машина циклического действия, предназначенная для послойного вырезания грунта с набором его в ковш, транспортирования набранного грунта и отсыпки его слоями с частичным уплотнением ходовыми колесами или гусеницами

Скреперы предназначены для послойного копания, транспортирования, послойной отсыпки, разравнивания и частичного уплотнения грунтов.

Расчет ресурсов для возведения земляного полотна заключается в определении количества ведущих и вспомогательных машин, задействованных на реализации данного объема земляных работ, а также численности рабочих, занятых на управлении машинами и обеспечивающих качественную и производительную работу техники.

При расчете ресурсов определяют нормы времени в маш.-ч и чел.-ч по каждому виду работ, общую трудоемкость работ, затраты, необходимое количество машин и рабочей силы.

Ресурсы рассчитываются отдельно для каждой ведущей машины, поэтому составляются и заполняются таблицы по бульдозерным и скреперным работам, экскаваторным работам и отдельно по выторфовыванию и планировочным работам.

Для определения нормы времени в маш.-ч и чел.-ч используют соответствующие статьи СНБ 8.03.101–2000 (сб. 1).

При расчете ресурсов бульдозерных работ перечень выполняемых операций следующий:

- устройство насыпей из грунта с перемещением на расстояние 50, 100 м;
- уплотнение грунта катками (например, прицепными) массой 25 т за 8 проходов по одному следу с разравниванием и поливкой водой;
- то же без поливки водой.

Скреперные работы включают:

- разработку и перемещение грунта на расстояние от 200 до 600 м;
- уплотнение грунта катками с разравниванием (как и в бульдозерных работах уплотнение выполняется на грунтах с добавлением воды до оптимальной влажности и без добавления).

1. Определить количество смен, необходимых для выполнения земляных работ с использованием бульдозера, скрепера, экскаватора и автогрейдера в качестве ведущей машины.

2. Определить объем работ и нормы времени для рабочей силы и механизмов на уплотнении грунта.

3. Определить количество скреперов, бульдозеров, тракторов, катков и поливочных машин, необходимых для выполнения определенного объема земляных работ.

4. Произвести комплектование машино-дорожных отрядов

Для расчета используются исходные данные, представленные в табл. П18.

Пример расчета

Исходные данные

1. Вариант –	26.
2. Мощность бульдозера –	79 кВт.
3. Группа грунта по трудности разработки –	2-я.
4. Емкость ковша скрепера прицепного –	10 м ³
5. Мощность трактора –	108 л.с.
6. Масса катка на пневмоходу –	25 т.
7. Емкость поливочной машины –	6000 л.
8. Толщина уплотняемого слоя, см –	25.
9. Объемы работ (см. табл. 17.3), выполняемые:	
– бульдозером –	2397 м ³ ;
– скрепером –	1674 м ³ ;
– экскаватором –	14564 м ³ ;
– экскаватором на выторфовывании –	5500 м ³ ;
– автогрейдером –	780 м ³ .

Порядок расчета

1. Определяют количество смен, необходимых для выполнения земляных работ с использованием бульдозера, скрепера, экскаватора и автогрейдера в качестве ведущей машины. Расчет смен осуществляют по производительности ведущей машины.

1.1. Норму расхода в маш.-ч определяют по СНБ 8.03.101–2000 (раздел 04. «Разработка грунта бульдозерами с перемещением», табл. 1-24, 1-25, 1-26). Номер расценки выбирают с учетом:

– мощности бульдозера (59, 79, 96, 121, 132, 243 кВт);

– расстояния перемещения (10 м) и добавления соответствующей расценки на каждые последующие 10 м;

– группы грунта по трудности разработки (1-я, 2-я, 3-я).

Норму времени рассчитывают путем сложения нормы для бульдозера при перемещении на 10 м и произведения добавленной нормы на каждые последующие 10 м на количество метров;

Например, при расстоянии перемещения равном 100 м грунта 2-й группы бульдозером мощностью 79 кВт норма расхода

$$N_{вр} = 17,0 (E1-24-6) + 14,28 \cdot 9 (E1-24-14) = 145,52 \text{ маш.-ч.}$$

1.2. Определяют производительность бульдозера

$$П_б = \frac{1000}{N_{вр}} T = \frac{1000 \cdot 8}{145,52} = 54,98 \text{ м}^3/\text{смену},$$

где 1000 – единица измерения для выбора нормы расхода;

T – продолжительность смены, принимаем равной 8 ч;

$N_{вр}$ – норма времени в маш.-ч, необходимая для выполнения единицы работы.

1.3. Определяют количество смен для выполнения всего объема работ одним бульдозером

$$N_{смен} = \frac{V}{П_б} = \frac{2397}{54,98} = 43,6 \approx 44 \text{ смены},$$

где V – объем работ, выполняемых бульдозером, м^3 , принимаем из табл. 17.3;

$П_б$ – производительность бульдозера, $\text{м}^3/\text{смену}$.

Следовательно, объем бульдозерных работ может быть выполнен одним бульдозером за 44 смены. Заполняем табл. 18.1.

Таблица 18.1

Определение количества смен на земляных работах

Вид работ	Объем работ, м^3	Процент каждого вида работ, %	Количество смен по ведущей машине	Принимаемое количество смен	Кол-во ведущих машин
Бульдозерные	2397	10	44	22	3
Скреперные	1674	7	9	5	2
Экскаваторные	14564	58	47	28	2
Выгорфовывание экскаватором	5500	22	23	12	6
Грейдерные	780	3	1	1	
Всего	24915	100	124	68	

1.4. Определяют норму в маш.-ч по СНБ 8.03.101–2000 (раздел 03 «Разработка грунта скреперами прицепными», табл. 1-22). Номер расценки выбирают с учетом:

- вместимости ковша (3; 4,5; 7; 8; 10; 15 м³);
- расстояния перемещения (100 м) и добавления соответствующей расценки на каждые последующие 100 м;
- группы грунта по трудности разработки – 1-я, 2-я.

Для перемещения прицепного скрепера применяют гусеничный трактор.

Например, при расстоянии перемещения 300 м грунта 2-й группы, скрепером с емкостью 10 м³ норму расхода определяют:

- для скрепера

$$N_{вр} = 2,41 (E1-22-10) + 1,09 \cdot 20 (E1-22-22) = 40,41 \text{ маш.-ч;}$$

- рабочих-строителей

$$N_{вр} = 4,83 (E1-22-10) + 0,27 \cdot 20 (E1-22-22) = 10,23 \text{ чел.-ч.}$$

1.5. Определяют производительность скрепера

$$П_б = \frac{1000}{N_{вр}} T = \frac{1000 \cdot 8}{40,41} = 198 \text{ м}^3/\text{смену.}$$

1.6. Определяют количество смен для выполнения всего объема работ одним скрепером

$$N_{смен} = \frac{V}{П_б} = \frac{1674}{198} = 8,5 \approx 9 \text{ смен.}$$

Следовательно, объем скреперных работ может быть выполнен одним скрепером с емкостью ковша 10 м³ за 9 смен. Заполняют табл. 18.1.

1.7. Определяют норму в маш.-ч по СНБ 8.03.101–2000 (раздел «Разработка грунта с погрузкой на автомобили-самосвалы экскаваторами», табл. 1-16–1-18). Номер расценки выбирают с учетом:

- вместимости ковша:

табл. 1-18 – 2,5 (1,5–3); 1,6 (1,25–1,6); 1,25 (1,25–1,5) м³;

табл. 1-17 – 1,0 (1,0–1,2); 0,65 (0,5–1); 0,5 (0,5–0,63) м³;

табл. 1-18 – 0,4 (0,35–0,45); 0,25 м³;

- группы грунта по трудности разработки (1-я, 2-я, 3-я, 4-я, 5-я, 6-я).

Например, при емкости ковша равной 1 м³ грунта 2-й группы норма расхода для экскаватора

$$N_{вр} = 25,5 (E1-17-2) \text{ маш.-ч;}$$

для рабочих-строителей

$$H_{вр} = 11,73 \text{ (E1-17-2) чел.-ч.}$$

1.8. Определяют производительность экскаватора

$$П_э = \frac{1000}{H_{вр}} T = \frac{1000 \cdot 8}{25,5} = 313,7 \text{ м}^3/\text{смену.}$$

1.9. Определяют количество смен для выполнения всего объема работ одним экскаватором

$$N_{\text{смен}} = \frac{V}{П_э} = \frac{14564}{313,7} = 46,4 \approx 47 \text{ смен.}$$

Следовательно, объем экскаваторных работ может быть выполнен одним экскаватором с емкостью ковша 1 м^3 за 47 смен. Заполняют табл. 18.1.

1.10. **Работы при выторфовывании.** Определяют норму в маш.-ч по СНБ 8.03.101–2000 (раздел «Разработка грунта в отвал экскаваторами «Драглайн» или «Обратная лопата»»), табл. 1-11). Номер расценки выбирают с учетом:

– вместимости ковша:

табл. 1-11 – 2,5 (1,5–3); 1,6 (1,25–1,6); 1,25 (1,1–1,5) м^3 ;

табл. 1-12 – 1,0 (1,0–1,2); 0,65 (0,5–1); 0,5 (0,5–0,63) м^3 ;

табл. 1-13 – 0,4 (0,3–0,45); 0,25 м^3 .

– группы грунта по трудности разработки (1-я, 2-я, 3-я, 4-я, 5-я, 6-я).

Например, при емкости ковша $0,65 \text{ м}^3$ грунта 2-й группы норма расхода для экскаватора

$$H_{вр} = 32,81 \text{ (E1-12-8) маш.-ч;}$$

рабочих-строителей

$$H_{вр} = 15,1 \text{ (E1-12-8) чел.-ч.}$$

1.11. Определяют производительность экскаватора

$$П_э = \frac{1000}{H_{вр}} T = \frac{1000 \cdot 8}{32,81} = 243,8 \text{ м}^3/\text{смену.}$$

1.12. Определяют количество смен для выполнения всего объема работ одним скрепером

$$N_{\text{смен}} = \frac{V}{П_э} = \frac{5500}{243,8} = 22,6 \approx 23 \text{ смены.}$$

Следовательно, объем экскаваторных работ на выторфовывании может быть выполнен одним экскаватором с емкостью ковша $0,65 \text{ м}^3$ за 23 смены. Заполняют табл. 18.1.

1.13. **Работы при планировке** верха и откосов дорожного полотна. Определяют норму в маш.-ч по СНБ 8.03.101–2000 (раздел «Планировка дна и откосов выемки, гребня и откосов насыпи прицепными грейдерами», табл. 1-87 или раздел «03 Сопутствующие работы. Планировка механизированным способом выемок, откосов и полотна. Планировка механизированным способом насыпей откосов и полотна», табл. 1-145). Номер расценки для прицепного грейдера выбирают с учетом:

- марки трактора на гусеничном ходу мощностью до 59 кВт;
- марки грейдера прицепного среднего или тяжелого типа;
- группы грунта по трудности разработки (1-я, 2-я, 3-я).

Например, при планировке прицепными тяжелыми грейдерами гребня и откосов насыпи грунта 1-й–3-й групп норма расхода

$$H_{\text{вр}} = 0,41 \text{ (Е1-87-6) маш.-ч.}$$

1.14. Определяют производительность прицепного грейдера

$$P_{\text{г}} = \frac{1000}{H_{\text{вр}}} T = \frac{1000 \cdot 8}{0,41} = 19512 \text{ м}^3/\text{смену.}$$

1.15. Определяют количество смен для выполнения всего объема работ одним грейдером

$$N_{\text{смен}} = \frac{V}{P_{\text{г}}} = \frac{5500}{19512} = 0,3 \approx 1 \text{ смена.}$$

Следовательно, объем работ при планировке верха и откосов дорожного полотна может быть выполнен одним прицепным тяжелым грейдером за 1 смену. Заполняют табл. 18.1.

1.16. При уплотнении грунта производят его поливку водой. Эту операцию выполняют рабочие-строители. Норму расхода времени определяют по табл. 1-135. Она равна 20,74 чел.-ч, и эта же норма составляет для поливомоечной машины 20,74 маш.-ч.

1.17. Определяют требуемые маш.-ч путем умножения объема работ на суммарную норму времени.

2. Определяют объем работ и норму времени для рабочей силы и механизмов на **уплотнении грунта**.

2.1. Объем выполненных работ определяют путем деления объема (выраженного в 1000 м^3), выполненного бульдозерами, на коэффициент относительного уплотнения (1,1) и на пропорцию грунта (1:2), поливаемого водой и не поливаемого:

$$V_{\text{упл}} = \frac{V_6}{1,1 \cdot 2} = \frac{2,397}{1,1 \cdot 2} = 1,09 \approx 1,1 (1000 \text{ м}^3).$$

2.2. Источник определения норм по уплотнению грунта прицепными катками на пневмоходу 25 т выбирают с учетом толщины уплотняемого слоя от 25 до 60 см (Е1-130-1–Е1-130-12). Расчет ресурсов ведут в табличной форме (табл. 18.2, 18.3).

3. Определяют количество скреперов, бульдозеров, тракторов, катков и поливомоечных машин, необходимых для выполнения определенного объема земляных работ. Расчет ресурсов ведут в табличной форме (см. табл. 18.2, 18.3).

Количество рабочих (машин) определяют по формуле

$$N_{\text{чел}} = \frac{\text{Треб. чел.-ч (маш.-ч)}}{N_{\text{смен}} \cdot T} = \frac{22,6}{22 \cdot 8} = 0,2 \approx 1 \text{ чел.},$$

где Треб. чел.-ч (маш.-ч) – суммарная цифра по табл. 18.2;

$N_{\text{смен}}$ – количество смен для выполнения данного объема работ, принимают по табл. 18.1;

T – продолжительность смены, принимают равной 8 ч.

4. Производят комплектование машинно-дорожных отрядов.

Машины и рабочие, занятые на работах по сооружению земляного полотна, сводят в группы, отряды, бригады, представляющие собой производственные единицы, выполняющие законченный технологический процесс, в котором взаимно указаны разработка грунта в выемках и резервах, перемещение этого грунта в насыпь, отвал, укладка, разравнивание и уплотнение грунта.

Исходя из этого признака производим комплектование машинно-дорожных отрядов (табл. 18.4). Для выполнения линейных и сосредоточенных работ комплектуют, как правило, отдельные отряды. Основанием для комплектования отрядов служит производительность ведущей машины, которую определяют как частное от деления объемов работ на потребное количество машиносмен. Количество ведущих машин определяют делением потребности в машино-часах на число смен работы машин в заданный период.

Расчет ресурсов по возведению земляного полотна (бульдозерные работы)

№ п/п	Наименование производственных процессов	Объем работ		Источник	Рабочая сила			Машины и механизмы			
		Ед. изм.	Кол-во		Н. вр. чел.-ч	Треб. чел.-ч	Треб. маш.-ч	Н. вр. маш.-ч	Треб. маш.-ч	Треб. маш.-ч	
1	Устройство насыпей из грунта 1-я (2-я) гр. бульдозером ___ кВт (___ л.с.) с перемещением на 50 м					(ст. 4 × × ст. 6)				(ст. 4 × × ст. 9)	
2	То же до 100 м	1000 м ³	2,397	E 1-24-6 E 1-24-14				17,0 + +(14,28 × × 9) 145,52		348,8	
3	Уплотнение грунта прицепными катками на пневмоходу массой 25 т за 8 проходов по одному следу при $h = 30$ см с разравниванием и поливкой водой	1000 м ³	<u>2,397</u> 1,1 · 2	E1-130-2 E1-130-8 E1-135-1	20,74	22,6			(E1-130-2)	23,6	
4	То же без поливки водой	1000 м ³	1,09	E1-130-2 E1-130-8						21,66	
5	Итого					22,6	0,2 (1)			396	2,25(3)
Работа выполняется за 22 смены											
6	Итого машин						1				3

№ п/п	Машины и механизмы																
	Поливомоечная машина 6000 л				Каток (108 л.с.)				Трактор (108 л.с.)				Скрепер прицепной (10 м ³)				
	Н. вр. маш.-ч	Треб. маш.-ч	Треб. маш.-ч	Н. вр. маш.-ч	Треб. маш.-ч	Треб. маш.-ч	Треб. маш.-ч	Н. вр. маш.-ч	Треб. маш.-ч	Треб. маш.-ч	Треб. маш.-ч	Н. вр. маш.-ч	Треб. маш.-ч	Треб. маш.-ч	Н. вр. маш.-ч	Треб. маш.-ч	Треб. маш.-ч
1	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23					
1					(ст. 15 × × ст. 4)												
2																	
3	20,74	22,6		$2,13 + (7 \cdot 2,13) = 17,04$	$17,4 \times 1,09 = 19$		17,04	19									
4																	
5		22,6	0,2		19	0,2		19	0,2								
Работа выполняется за 22 смены																	
6			1			1											1

Расчет ресурсов по возведению земляного полотна (скреперные работы)

№ п/п	Наименование производственных процессов	Объем работ		Источ-ник	Рабочая сила			Машины и механизмы		
		Ед. изм.	Кол-во		Н. вр. чел.-ч	Треб. чел.-ч	Треб. чел.-ч	Н. вр. маш.-ч	Треб. маш.-ч	Треб. маш.-ч
1	Разработка и перемещение грунта 1-й (2-й) гр. прицепным скрепером емкостью ковша 10 м ³ до 200 м	1000 м ³	0,52	Е 1-22-10 Е 1-22-22	4,83 + (0,27 × × 10) = = 7,53	3,92	Треб. чел.-ч	Н. вр. маш.-ч	Треб. маш.-ч	Треб. маш.-ч
2	То же до 300 м	1000 м ³	0,894	Е 1-22-10 Е 1-22-22	10,23	9,15		2,41	2,16	
3	То же до 400 м	1000 м ³	0,26	Е 1-22-10 Е 1-22-22	12,93	3,36		2,41	0,63	
4	То же до 500 м	1000 м ³	-	Е 1-22-10 Е 1-22-22	-			-		
5	То же до 600 м	1000 м ³	-	Е 1-22-10 Е 1-22-22	-			-		
6	Уплотнение грунта прицепными катками на пневмоходу массой 25 т при 8 проходах по одному следу при h = 30 см с разравниванием и поливкой водой	1000 м ³	$\frac{1,674}{1,1 \cdot 2} = 0,76$	Е 1-130-2 Е 1-130-8 Е 1-135-1	20,74	15,76		21,66	16,47	
7	То же без поливки водой	1000 м ³	0,76	Е 1-130-2 Е 1-130-8				21,66	16,47	
8	Итого					32,19	0,8 (1)		36,98	0,93(1)

Работа выполняется за 5 смен

№ п/п	Машины и механизмы											
	Поливомесечная машина 6000 л			Кагок (108 л.с.)			Трактор (108 л.с.)			Скрепер прицепной (10 м ³)		
	Н. вр. маш.-ч	Треб. маш.-ч	Треб. маш.-ч	Н. вр. маш.-ч	Треб. маш.-ч	Треб. маш.-ч	Н. вр. маш.-ч	Треб. маш.-ч	Треб. маш.-ч	Н. вр. маш.-ч	Треб. маш.-ч	Треб. маш.-ч
1	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
1							20,06 + + 1,09 × × 10 30,96	16,1		20,06 + + 1,09 × × 10 30,96	16,1	
2							41,86	37,5		41,86	37,5	
3							72,42	18,9		72,42	18,9	
4							-			-		
5							-			-		
6	20,74	15,76		17,04	13,0		17,04	13,3				
7							17,04	13,3				
8		15,76	0,4 (1)		13,0	0,3(1)		99,1	2,5(3)		72,5	1,8(2)
Работа выполняется за 5 смен												

Комплектование машинно-дорожных отрядов

Наименование	Кол-во машин	Обслуживающий персонал		
		Профессия	Разряд, категория	Кол-во
Состав бульдозерного звена				
Бульдозер (108 л.с.)	3	машинист	V	3
Поливомоечная машина	1	водитель	I	1
Каток	1		прицепной	
Трактор 108 л.с.	1	тракторист	IV	1
Рабочая сила (на уплотнении с поливкой)		дор. рабочий	III	1
Итого	6			6
Состав скреперного звена				
Скрепер прицепной 10 м ³	2	машинист	V	2
Бульдозер (108 л.с.)	1	машинист	V	1
Поливомоечная машина	1	водитель	I	1
Каток	1		прицепной	
Трактор (108 л.с.)	3	тракторист	IV	3
Рабочая сила		дор. рабочий	III	1
Итого	8			8

Заключение

Определено количество смен по выполнению заданного объема земляных работ по производительности ведущей машины.

Произведен расчет ресурсов для выполнения бульдозерных и скреперных работ с привлечением рабочей силы и дополнительной техники.

Определено количество ведущих машин для выполнения бульдозерных (3 машины) и скреперных (2 прицепных скрепера) работ.

Скомплектованы составы бульдозерного (7 машин) и скреперного (8 машин) звеньев.

РАБОТЫ, ВЫПОЛНЯЕМЫЕ ЭКСКАВАТОРОМ,
РАСЧЕТ ВЕДУЩИХ МАШИН И РЕСУРСОВ ПРИ ВОЗВЕДЕНИИ
ДОРОЖНОГО ПОЛОТНА

Введение

Экскаватор – это самоходная землеройная машина с ковшовым рабочим оборудованием, предназначенная для разработки грунта и горной породы с перемещением их на сравнительно небольшое расстояние в отвал или в транспортное средство.

Одноковшовые экскаваторы применяют при производстве сосредоточенных земляных работ и отсыпке насыпей из сосредоточенных резервов или карьеров. Экскаваторы на гусеничном ходу применяют на сосредоточенных работах, когда не требуются частые перебазировки, а также при слабых основаниях. Экскаваторы на пневмоколесном ходу целесообразно применять при грунтах с достаточной несущей способностью на рассредоточенных работах.

Основные объемы работ выполняют экскаваторами «Прямая лопата». Драглайн применяют при необходимости разработки грунтов, расположенных ниже уровня стоянки экскаватора, когда работа с подошвой забоя затруднена из-за наличия грунтовых вод. Обратную лопату применяют при разработке траншей и котлованов под фундаменты.

Разработку выемки или карьера экскаватором «Прямая лопата» производят:

- 1) боковым забоем, когда транспортные средства размещают сбоку экскаватора на одном или разном уровнях с ним (рис. 19.1, а);
- 2) лобовым забоем, когда экскаватор разрабатывает траншею, а грунт выгружают в транспортные средства, размещенные сзади экскаватора на дне этой траншеи на одном с ним уровне (рис. 19.1, б).

Глубокие выемки и крупные сосредоточенные резервы разрабатывают продольными проходами экскаватора, располагая пути движения транспортных средств параллельно направлению проходок. Эти пути могут быть расположены как с одной стороны экскаватора, так и с обеих сторон, на одном или на разных уровнях с подошвой забоя.

Выемки разрабатывают экскаватором с недобором, т.е. не достигая проектных отметок на 0,2 м, для того, чтобы не было нарушено состояние грунтов откосов и естественного основания будущей дорожной одежды. Очертания выемки доводят до проектных в процессе планировочных работ бульдозерами, автогрейдерами.

Разработка боковым забоем предпочтительна, так как обеспечивает лучшие условия для подъезда и погрузки транспортных средств. Размеры забоев определяют рабочими размерами применяемых моделей экскаваторов. Наибольшее расстояние B от оси экскаватора до бокового откоса забоя следует принимать на 0,5 меньше наибольшего радиуса резания R , чтобы не оставалось недоработанного грунта.

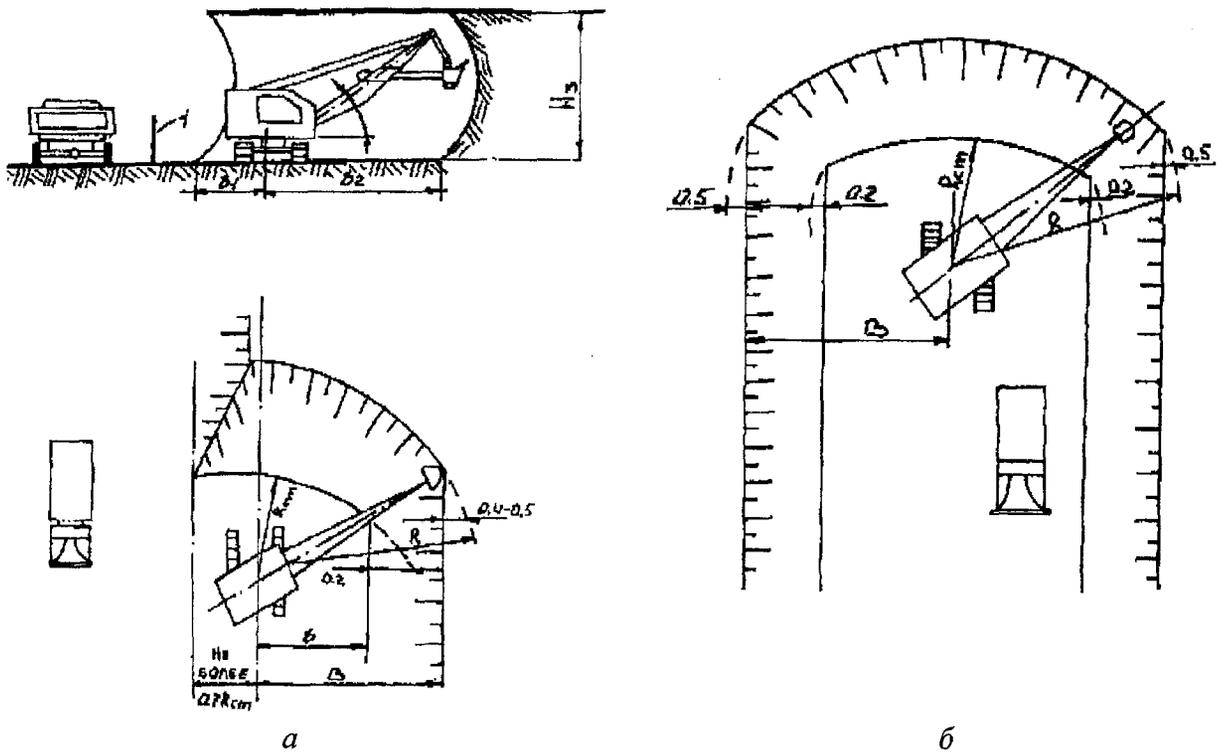


Рис. 19.1. Схема забоя при погрузке грунта в автомобили-самосвалы:
a – бокового; *б* – лобового; *l* – вешка-указатель места погрузки; *R* – радиус резания;
R_{ст} – радиус резания на уровне стоянки; *B* – расстояние от оси вращения экскаватора
до верхней точки откоса; *b* – расстояние от оси вращения экскаватора до нижней точки откоса,
H₃ – высота забоя

Наибольшее расстояние от оси экскаватора до подошвы забоя принимают на 0,2 м меньше радиуса резания на уровне стоянки экскаватора. Рекомендуемые размеры забоев при работе экскаватора с прямой лопатой с погрузкой грунта в транспортные средства приведены в табл. 19.1.

Таблица 19.1

Рекомендуемые размеры забоев

Показатели	Размеры забоя, м, при объеме ковша экскаватора, м ³				
	0,3	0,4–0,5	0,6–0,65	1–1,25	1,6
1	2	3	4	5	6
Ширина подошвы забоя от оси пути экскаватора до стенки забоя, м	3	4	4,5	5	5
Ширина подошвы забоя от оси пути экскаватора до погрузки грунта, м	2	2,8/2,5	3	3,6/2,5	3,6/2,5
Предельная высота верхней кромки борта кузова транспортного средства над уровнем подошвы забоя, м	3	4,5	5,5	5,5	5
Наибольшая высота резания, м	4,8–6	6,5	6,5–8	8–9	9–9,5

1	2	3	4	5	6
Наименьшая высота забоя, обеспечивающая наполнение ковша с «шапкой», при грунтах:					
легких (1-я и 2-я группы);	1,5	1,5	2,5	3	3
средних (3-я группа);	2,5	2,5	4,5	4,5	4,5
тяжелых (4-я группа)	3	3,5	5,5	6	6
Наименьшая допустимая высота забоя, м, в разных грунтах					
легких (1-я и 2-я группы);	0,7	0,7	0,7	0,9	0,9
средних (3-я группа);	1,0	1,0	1,0	1,15	1,3
тяжелых (4-я группа)	1,5	1,5–2,1	1,8–2,5	1,8–2,5	2–2,5

Примечание. 1. Ширина подошвы забоя приведена для случая, когда погрузочный путь расположен на уровне или выше уровня подошвы забоя.

2. В сыпучих грунтах высота забоя может быть увеличена сверх наибольшей высоты резания на 1,5–2 м. Наибольшую допустимую высоту забоя в связных и плотных грунтах принимают равной наибольшей высоте резания экскаватора данного типа.

В качестве автотранспортных средств для перемещения грунта из сосредоточенного резерва или карьера в насыпь применяют автомобили-самосвалы.

Движение транспортных средств, занятых на перемещении грунта, следует регулировать по всей ширине отсыпаемого слоя насыпи, чтобы не образовывать колеи и обеспечивать более равномерное уплотнение слоя. Предварительная планировка слоя обязательна.

Экскаваторные работы включают следующие операции:

- разработку грунта с погрузкой в автомобили-самосвалы;
- транспортировку грунта на расстояние равное протяженности между сосредоточенным резервом (карьером) и возводимым дорожным полотном;
- работу на отвале при доставке грунта автотранспортными средствами;
- уплотнение с разравниванием и поливкой (а также без поливки) грунта водой.

Работы на выторфовывании включают:

- разработку торфа на болоте в отвал;
- засыпку траншеи грунтом;
- предварительную планировку.

Задание

1. Определить норму времени и требуемое количество экскаваторов, необходимых для выполнения заданных земляных работ на разработке выемки.

2. Определить количество автомобилей-самосвалов, необходимых для обеспечения работы ведущей машины – экскаватора.

3. Определить количество экскаваторов, необходимых для выторфовывания болота и засыпки образовавшейся траншеи привозным грунтом.

4. Произвести комплектование состава экскаваторного звена и звена по выторфовыванию.

Для расчета используются исходные данные, представленные в табл. П19.

Пример расчета

Исходные данные

1. Вариант –	26.
2. Объемы работ (см. табл. 17.3), выполняемые:	
– экскаватором при разработке выемки –	14564 м ³ ;
– экскаватором на выторфовывании –	5500 м ³ .
3. Группа грунта по трудности разработки –	2-я.
4. Масса катка на пневмоходу –	25 т.
5. Толщина уплотняемого слоя –	30 см.
6. Число проходов по одному следу –	8.
7. Грузоподъемность автомобиля-самосвала –	7 т.
8. Категория дороги –	II.

Порядок расчета

1. Определяют норму времени и количество экскаваторов, необходимых для выполнения заданных земляных работ на разработке выемки.

1.1. Объем работ принимают в соответствии с исходными данными и единицей измерения (1000 м³). При объеме равном 14564 количество единиц составит 14,564.

1.1.1. Определяют норму расхода в маш.-ч по СНБ 8.03.101–2000 (раздел «Разработка грунта с погрузкой на автомобили-самосвалы экскаваторами», табл. 1-16–1-18). Номер расценки выбирают с учетом:

– вместимости ковша:

табл. 1-16 – 2,5 (1,5–3); 1,6 (1,25–1,6); 1,25 (1,25–1,5) м³;

табл. 1-17 – 1,0 (1,0–1,2); 0,65 (0,5–1), 0,5 (0,5–0,63) м³;

табл. 1-18 – 0,4 (0,35–0,45), 0,25 м³.

– группы грунта по трудности разработки (1-я, 2-я, 3-я, 4-я, 5-я, 6-я).

Например, при емкости ковша 1 м³ грунта 2-й группы норму расхода определяют:

– для экскаватора

$$N_{вр} = 25,5 \text{ (Е1-17-2) маш.-ч;}$$

– рабочих-строителей

$$N_{вр} = 11,73 \text{ (Е1-17-2) чел.-ч.}$$

1.1.2. Определяют требуемое количество маш.-ч и чел.-ч на выполнение заданного объема экскаваторных работ. Для этого полученные значения нормы времени умножают на объем работ.

1.2. Определяют норму времени в чел.-ч и маш.-ч для выполнения работ на отвале при доставке грунта автотранспортными средствами. Этот объем работ включает:

- разравнивание бульдозером выгруженного из кузова автомобиля грунта;
- содержание проездов на отвале (бульдозер);
- очистку кузова автомобилей-самосвалов при их выгрузке (рабочие-строители).

1.2.1. Определяют норму расхода времени в маш.-ч и чел.-ч по расценкам табл. 1-20.

При работе на отвале грунта, 2-й группы нормы расхода следующие:

- для бульдозера

$$N_{вр} = 6,14 \text{ (E1-20-2) маш.-ч;}$$

- рабочих строителей

$$N_{вр} = 5,64 \text{ (E1-20-2) чел.-ч.}$$

1.2.2. Определяют требуемое количество маш.-ч и чел.-ч на выполнение заданного объема бульдозерных работ.

1.3. Определяют объем работ и норму времени для рабочей силы и механизмов на уплотнение грунта.

1.3.1. Объем выполненных работ определяют путем деления объема (выраженного в 1000 м^3), выполненного бульдозерами, на коэффициент относительного уплотнения (1,1) и на пропорцию грунта поливаемого водой и не поливаемого (2):

$$V_{упл} = \frac{V_6}{1,1 \cdot 2} = \frac{14,564}{1,1 \cdot 2} = 6,62 \text{ (1000 м}^3\text{)}.$$

1.3.2. Источник определения норм по уплотнению грунта прицепными катками на пневмоходу 25 т выбирают с учетом толщины уплотняемого слоя от 25 до 60 см. При уплотнении работы распределяются следующим образом:

- разравнивание грунта бульдозером перед уплотнением (E1-130-2);
- увлажнение грунта до оптимальной влажности поливочной машиной (E1-135-1) с применением труда рабочих строителей ((E1-135-1);
- уплотнение грунта прицепным катком, буксируемым гусеничным трактором, за 8 проходов по одному следу:

$$N_{вр} = 2,13 + (2,13 \cdot 7) = 17,04 \text{ (E1-130-2).}$$

1.3.3. Точно такой же расчет производят при уплотнении грунта без поливки водой. Отличие будет заключаться в отсутствии труда рабочих-строителей и работы поливомоечной машины.

1.4. Суммируют результаты вычислений требуемых значений маш.-ч и чел.-ч в строке «итого».

1.5. Количество смен, необходимых для выполнения экскаваторных работ, принимают из табл. 18.1. (практическая работа № 18). Количество смен равно 28 см. Расчет ресурсов ведут в табличной форме (табл. 19.2).

2. Определяют количество автосамосвалов, необходимых для обеспечения работы экскаватора.

2.1. Определяют производительность автосамосвала

$$\Pi_a = \frac{K_{\Pi} \cdot V \cdot T \cdot Q \cdot K_{\Gamma} \cdot K_{\text{в}}}{(L_{\text{п.г}} + t \cdot V \cdot K_{\Pi}) \rho_{\text{ср}}} = \frac{0,5 \cdot 25 \cdot 8 \cdot 7 \cdot 1,0 \cdot 0,87}{(3 + 0,25 \cdot 25 \cdot 0,5) \cdot 1,5} = 66,27 \text{ м}^3/\text{смену},$$

где K_{Π} – коэффициент использования пробега, $K_{\Pi} = 0,5$;

V – скорость движения автомобиля, км/ч, $V = 25$ км/ч;

T – продолжительность смены, $T = 8$ ч;

Q – грузоподъемность автомобиля, принимаем в соответствии с заданием;

K_{Γ} – коэффициент использования грузоподъемности, изменяется от 0,4 (при перевозке опилок, торфа) до 1,0 (при перевозке щебня, гравия, песка), принимаем $K_{\Gamma} = 1,0$;

$K_{\text{в}}$ – коэффициент использования рабочего времени, $K_{\text{в}} = 0,87$;

$L_{\text{п.г}}$ – расстояние пробега, принимаем в соответствии с заданием;

t – продолжительность простоя автомобиля под погрузкой и разгрузкой за одну поездку, ч (табл. 19.3), $t = 12$ (погрузка) + 3 (разгрузка) = 15 мин = 0,25 ч;

$\rho_{\text{ср}}$ – плотность грунта в рыхлом сложении (насыпная).

2.2. Определяют производительность экскаватора

$$\Pi_э = \frac{1000}{N_{\text{вр}}} T = \frac{1000 \cdot 8}{25,5} = 313,7 \text{ м}^3/\text{смену},$$

где T – продолжительность смены, $T = 8$ ч;

$N_{\text{вр}}$ – норма расхода времени, для экскаватора;

$N_{\text{вр}} = 25,5$ (Е1-17-2) маш.-ч.

2.3. Определяют количество автосамосвалов, необходимое для обеспечения работы экскаватора:

$$N = \frac{\Pi_э}{\Pi_a} = \frac{313,73}{66,27} = 4,7 \approx 5 \text{ автомобилей на 1 экскаватор.}$$

Расчет ресурсов по возведению земляного полотна (экскаваторные работы)

№ п/п	Наименование производственных процессов	Объем работ		Источник	Рабочая сила			Машины и механизмы		
		Ед. изм.	Кол.-во		Н. вр чел.-ч	Треб. чел.-ч	Треб. чел.	Н. вр. маш.-ч	Треб. маш.-ч	Треб. маш.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Разработка грунта 1 (2) группы экскаватором с емкостью ковша 1 м ³ с погрузкой в автомобили-самосвалы	1000 м ³	14,564	Е 1-17-2	11,73	(ст. 4 × × ст. 6) 170,83				
2	Транспортировка грунта автомобилями-самосвалами грузоподъемностью 7 т. На расстояние 3 км	1000 м ³	14,564	расчет						
3	Работа на отвале при доставке грунта автомобилями-самосвалами	1000 м ³	14,564	Е 1-20-2	5,64	82,14		6,14	89,42	
4	Уплотнение грунта прицепными катками на пневмоходу массой 25 т при 8 проходах по одному следу при толщине слоя 30 см с разравниванием и поливкой водой	1000 м ³	$\frac{14,56}{1,1 \cdot 2} = 6,62$	Е 1-130-2 Е 1-130-8 Е 1-135-1	20,74	137,29		21,66	143,38	
5	То же без поливки водой	1000 м ³	6,62	Е 1-130-2 Е 1-130-8				21,66	143,38	
6	Итого					390,3	1,7(2)		329,8	1,5(2)

Работы выполняются за 28 смен

№ п/п	Машины и механизмы												Автом.-самосвал				
	Поливомоечная машина (6000 л)				Кагок (108 л.с.)				Трактор (108 л.с.)					Экскаватор (1 м ³)			
	Н. вр. маш.-ч	Треб. маш.-ч	Треб. маш.	Н. вр. маш.-ч	Треб. маш.-ч	Треб. маш.	Н. вр. маш.-ч	Треб. маш.-ч	Треб. маш.	Н. вр. маш.-ч	Треб. маш.-ч	Треб. маш.		Н. вр. маш.-ч	Треб. маш.-ч	Треб. маш.	
1	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24				
1										25,5	371,38						
2															ст. 2 × × ст. 5 = = 10		
3																	
4	20,74	137,29		2,13 + (2,13 × × 7) = 17,04	112,8		17,04	112,8									
5				17,04	112,8		17,04	112,8									
6		137,3	0,7(1)		225,6	1(1)		225,6	1(1)		371,4	1,6(2)					

Работы выполняются за 28 смен

Нормы простоя автомобиля-самосвала под погрузкой-разгрузкой сыпучих материалов (песок, щебень, гравий, грунт и т.д.)

Грузоподъемность автомобиля, т	Продолжительность погрузки, мин			Продолжи- тельность разгрузки, мин
	Экскаватор с ковшом объемом		из бункера	
	до 1 м ³	от 1 до 2 м ³		
1,5–2,25	2	-	1,5	1–2
2,25–4,5	2–4	2–3	3	1,5–2,5
4,5–7,0	5–7	3–4	4	2–3
7,0–10,0	10–12	3–5	6	3–6

2.4. Определяют количество автомобилей-самосвалов, необходимых для выполнения полного объема экскаваторных земляных работ. Транспортировка грунта автомобилями-самосвалами грузоподъемностью 7 т производится на расстояние 3 км.

$$2 \text{ (экскаватора)} \cdot 5 \text{ (автомобилей)} = 10 \text{ автомобилей.}$$

Для выполнения всех экскаваторных работ необходимо 10 автомобилей для обеспечения нормальной работы ведущей машины – экскаватора.

3. Определяют количество экскаваторов, необходимых для выторфовывания болота и засыпки образовавшейся траншеи привозным грунтом (табл. 19.4).

При выторфовывании выполняют следующие работы:

- разработку торфа на болотах 1-го типа экскаватором в отвал;
- засыпку траншеи грунтом;
- предварительную планировку грунта.

Источник норм для расчета нормы времени для экскаваторов берут по следующим расценкам:

- Е 1-11-1 разработка грунта в отвал экскаваторами «Драглайн» или «Обратная лопата» с ковшом вместимость 2,5 (1,5–3) м³, грунт 1-й гр.;
- Е 1-11-2–Е 1-11-6 грунт 2-й 6-й гр.;
- Е 1-11-7–Е 1-11-12 с ковшом вместимостью 1,6 (1,25–1,6) м³ грунт 1-й–6-й гр.;
- Е 1-11-13–Е 1-11-18 с ковшом вместимостью 1,25 (1,4–1,5) м³ грунт 1-й–6-й гр.;
- Е 1-12-1–Е 1-12-6 с ковшом вместимость 1 (1–1,2) м³, грунт 1-й–6-й гр.;
- Е 1-12-7–Е 1-12-12 ковшом вместимостью 0,65 (0,5–1) м³, грунт 1-й–6-й гр.;
- Е 1-12-13–Е 1-12-18 ковшом вместимостью 0,5 (0,5–0,63) м³, грунт 1-й гр.;

Расчет ресурсов по возведению земляного полотна
(работы по выторфовыванию и срезке недобора)

№ л/п	Наименование производственных процессов	Объем работ		Источ-ник норм	Рабочая сила			Требуемые ресурсы					
		Ед. изм.	Кол-во		Н. вр. чел.-ч	Тр. чел.-ч	Тр. чел.	Бульдозер (108 л.с.)		Экскаватор (1 м ³)			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Выторфовывание в отвал с засыпкой													
1.	Разработка торфа на болотах 1-го типа экскаваторами в отвал	1000 м ³	5,5	Е1-12-7 Е1-12-13	11,95 + + 15,49 = = 27,44	150,92							
2.	Засыпка траншеи грунтом	1000 м ³	5,5	Е1-17-2	8,13	44,72					17,68	97,24	
3.	Предварительная планировка грунта	1000 м ²	2,2	Е1-30-2				0,39	0,86				
4	Итого					195,64	2,1 (3)		0,86 (1)	0,01 (1)		97,24	1,1 (2)
Работы выполняются за 12 смен													
5	Срезка недобора грунта 2-й группы	1000 м ³	0,077	Е1-17-14	22,1	1,7							
	Итого					1,7	0,2 (1)						
Работы выполняются за 1 смену													

№ п/п	Требуемые ресурсы					
	Экскаватор (0,65 м ³)		Экскаватор (0,5 м ³)			
	Н. вр. маш.-ч 15	Тр. маш.-ч 16	Тр. маш. 17	Н. вр. маш.-ч 18	Тр. маш.-ч 19	Тр. маш. 20
Выторфовывание в отвал с засыпкой						
1	26,01	143,05		33,66	185,13	
2						
3						
4		143,05	1,5 (2)		185,13	1,9 (2)
Работы выполняются за 12 смен						
5				47,94	3,7	
					3,7	0,46 (1)
Работы выполняются за 1 смену						

Грунт растительного слоя без корней кустарника и деревьев (торф) относится для одноковшовых экскаваторов к грунтам 1-й группы (табл. 1 СНБ 8.03.101–2000). Поэтому, независимо от того, какой группы грунт дан в задании, расценки для выторфовывания берут для грунтов 1-й группы.

3.1. Объем выторфовывания принимают из табл. 17.3 (строка 7) Принимают равным 5500 м^3 .

3.2. Из практической работы № 17 (исх. данные) выбирают характеристику болота и насыпи, возводимой на болоте, с учетом полного выторфовывания (рис. 19.1).

- глубина болота – 2,5 м;
- длина болота – 100 м;
- насыпь – 3 м.

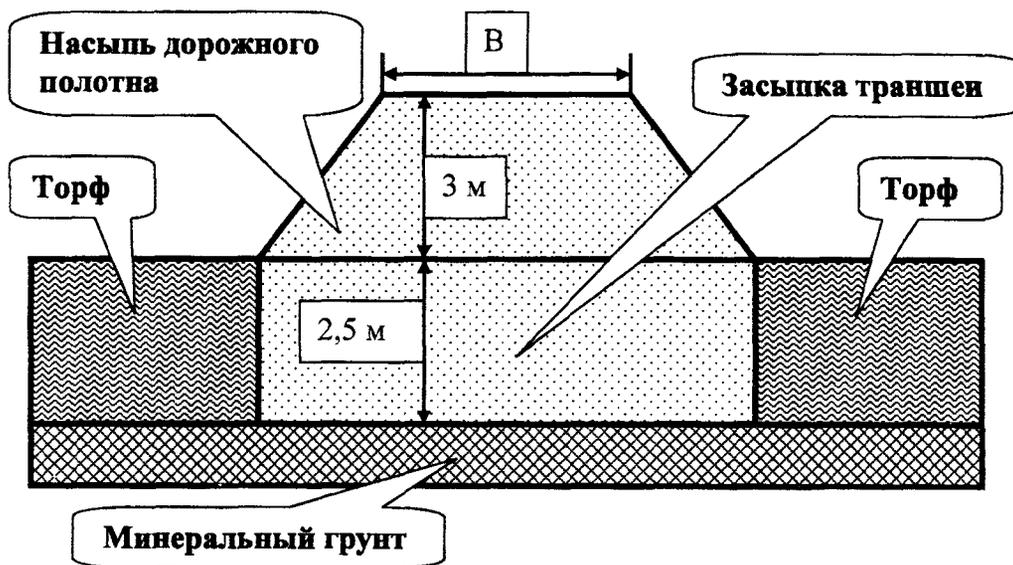


Рис. 19.1. Расчетная схема выторфовывания болота

3.3. Определяют норму расхода времени. На разработке торфа на болоте 1-го типа работают два экскаватора с емкостью ковша $0,65$ и $0,5 \text{ м}^3$. Выбирают по табл. 1-12 нормы расхода времени

- для экскаватора с емкостью ковша $0,65 \text{ м}^3$ – 26,01 (Е 1-12-7);
- для экскаватора с емкостью ковша $0,5 \text{ м}^3$ – 33,66 (Е 1-12-14).

3.4. Определяют требуемое количество времени, необходимого для выполнения работ на выторфовывании

$$\text{норма времени (маш.-ч)} \cdot \text{объем работ (1000 м}^3\text{)} = 26,01 \cdot 5,5 = 143,05 \text{ маш.-ч};$$

$$33,66 \cdot 5,5 = 185,13 \text{ маш.-ч}.$$

3.5. Определяют норму расхода времени на засыпке траншеи грунтом. Эти работы выполняет экскаватор с емкостью ковша 1 м^3 . Норма расхода времени составляет

$$\text{для экскаватора с емкостью ковша } 1 \text{ м}^3 \text{ } 17,68 \text{ (Е 1-12-1)}.$$

Требуемый расход времени для экскаватора с емкостью ковша 1 м^3 составляет

$$17,68 \cdot 5,5 = 97,24 \text{ маш.-ч}.$$

На этих же работах заняты рабочие-строители. Норма расхода времени в чел.-ч для рабочих-строителей составляет

$$8,13 (E 1-12-1) \cdot 5,5 = 44,72 \text{ чел.-ч.}$$

3.6. Определяют ширину подошвы насыпи с учетом ширины дорожного полотна, высоты насыпи, заложения откоса:

$$B' = B + 2 \cdot H \cdot m = 13 + 2 \cdot 3 \cdot 1,5 = 22 \text{ м,}$$

где B – ширина дорожного полотна (см. табл. 17.2). Для II категории $B = 13$ м;

H – высота откоса (по исходным данным $H = 3,0$ м);

m – заложение откоса (принимаяем 1:1,5).

3.7. Определяют объем планировки грунта с учетом ширины насыпи пони-зу и протяженности участка:

$$22 \cdot 100 = 2200 : 1000 = 2,2 (1000 \text{ м}^2).$$

3.8. При разгрузке привозимого грунта в траншею и возведения насыпи дорожного полотна необходимо производить разравнивание грунта с предварительной планировкой. Эти работы выполняет бульдозер мощностью 79 кВт. Норма времени для такого бульдозера составляет 0,39 маш.-ч.

Требуемый расход времени на выполнение всего объема работ составляет:

$$0,39 \cdot 2,2 = 0,86.$$

3.9. Количество машин определяют по формуле

$$N_{\text{маш}} = \frac{\text{Треб. маш.-ч(чел.-ч)}}{N_{\text{смен}} \cdot T} = \frac{390,3}{28 \cdot 8} = 1,7 \approx 2 \text{ экскаватора,}$$

где Треб. маш.-ч. (чел.-ч) – суммарная цифра, принимаемая по табл. 19.2;

$N_{\text{смен}}$ – количество смен для выполнения данного объема работ, принимают по табл. 18.1;

T – продолжительность смены, принимают равной 8 ч.

3.10. Помимо разработки выемки и выторфовывания болота экскаваторы задействованы на срезке недобора. При разработке выемки экскаватором всегда на откосе остается часть грунта в виде порогов, получаемых от ковша. При окончательной планировке откосов выемки эти пороги срезаются, а грунт перевозят либо для отсыпки насыпи, либо для устройства присыпных обочин, если он соответствует требованиям.

Недобор определяют из расчета, что он составляет 2 % от объема выемки, следовательно:

$$\text{Недобор} = \text{выемка} \cdot 0,02.$$

Срезка недобора выполняется экскаватором с емкостью ковша 0,5 м³. Следовательно норма времени для рабочих-строителей (чел.-ч) и экскаватора (маш.-ч) определяется по расценке Е 1-17-14.

4. Производим комплектование состава экскаваторного звена и звена по выторфовыванию (табл. 19.5).

Таблица 19.5

Комплектование машинно-дорожных отрядов

Наименование	Кол-во машин	Обслуживающий персонал		
		Профессия	Разряд, категория	Кол-во
Состав экскаваторного звена				
Экскаватор (1 м ³)	2	машинист	V	2
Бульдозер (79 кВт)	2	машинист	V	2
Поливомоечная машина	1	водитель	I	1
Каток	1			прицепной
Трактор (79 кВт)	1	тракторист	IV	1
Автосамосвал	10	водитель	I	10
Рабочая сила		дор. рабочий	III	2
Итого	17			18
Состав звена по выторфовыванию				
Бульдозер (79 кВт)	1	машинист	V	1
Экскаватор (1 м ³)	2	машинист	V	2
Экскаватор (0,65 м ³)	2	машинист	V	2
Экскаватор (0,5 м ³)	2	машинист	V	2
Рабочая сила		дор. рабочий	III	3
Итого	7			10

Заключение

Определили норму времени и требуемое количество экскаваторов (2) для выполнения заданных земляных работ на разработке выемки.

Определили количество автомобилей-самосвалов (10), необходимых для обеспечения работы ведущей машины (двух экскаваторов).

Определили количество экскаваторов (6), необходимых для выторфовывания болота и засыпки образовавшейся траншеи привозным грунтом.

Произвели комплектование состава экскаваторного звена и звена по выторфовыванию.

РАБОТЫ, ВЫПОЛНЯЕМЫЕ АВТОГРЕЙДЕРОМ,
РАСЧЕТ ВЕДУЩИХ МАШИН И РЕСУРСОВ ПРИ ВОЗВЕДЕНИИ
ДОРОЖНОГО ПОЛОТНА

Введение

Для возведения земляного полотна автомобильной дороги используют машины для земляных работ: автогрейдеры, бульдозеры, скреперы, экскаваторы. Выбор ведущего типа машины зависит от высоты насыпи, глубины выемки, типа грунта и дальности его перемещения. Землеройно-транспортными называют машины с ножевым рабочим органом, выполняющие одновременно послойное отделение грунта от массива и его перемещение к месту укладки при своем поступательном движении.

Автогрейдер представляет собой самоходную планировочно-профилировочную машину, основным рабочим органом которой служит полноповоротный отвал криволинейного профиля с механическим или гидравлическим управлением, с ножами, размещенным между передним и задним мостами пневмоколесного ходового оборудования.

Ходовая часть автогрейдера состоит из четырех приводных задних колес, попарно объединенных с каждой стороны машины балансирными балками, шарнирно соединенными с подрамником, и из двух колес с приводным или не приводным управлением.

Отвал соединен с тяговой рамой через поворотный круг, который обеспечивает его вращение в плане на 360° . Механизм выноса отвала обеспечивает его установку в плане и в вертикальной плоскости под различными углами.

Автогрейдер ДЗ-122 является базовой моделью семейства автогрейдеров среднего типа, ДЗ-98 – тяжелого типа.

Автогрейдеры применяют:

- для планировки верха и откосов дорожного полотна;
- послойной разработки и перемещения на расстояние до 100 м грунтов I–III категорий при планировочных и профилировочных работах на строительстве дорожного полотна;
- сооружения невысоких насыпей и профильных выемок;
- засыпки трапшей, кавав;
- очистки дорог от снега в зимнее время года;
- срезки недобора в выемке;
- устройства присыпных обочин, на которых помимо работ автогрейдера выполняются следующие работы: разработка грунта экскаватором с погрузкой в автосамосвалы, разравнивание грунта, поливка водой, уплотнение самоходными катками на пневмошинах.

При выполнении планировочных работ автогрейдером (рис. 20.1) нож устанавливается с углом захвата $60\text{--}90^\circ$, углом резания до 50° при минимальном угле наклона. Разравнивание производят продольными круговыми проходами, начиная от краев, постепенно приближаясь к середине.

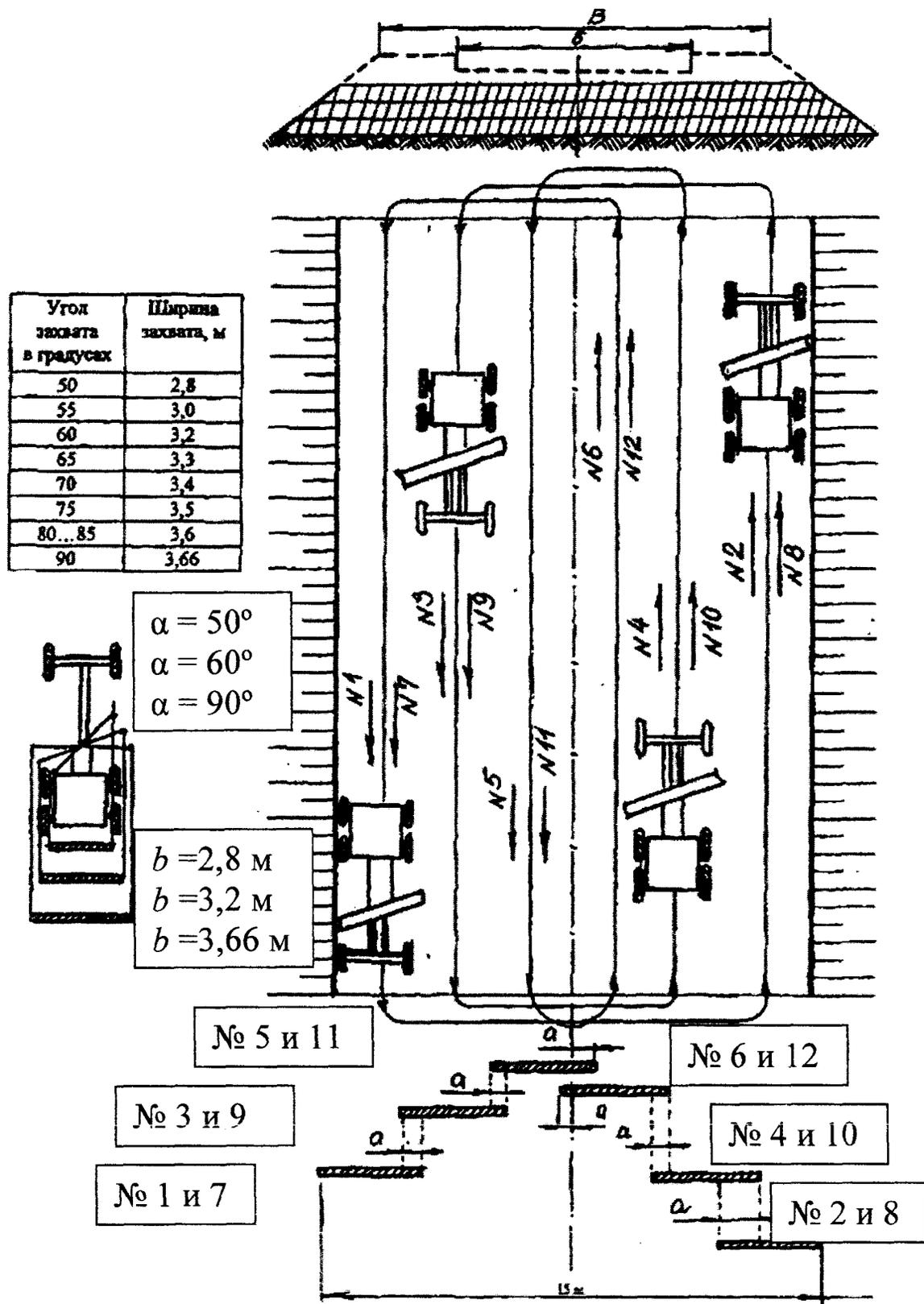


Рис. 20.1. Схема последовательности проходов автогрейдера

Задание

1. Определить норму времени и количество автогрейдеров, необходимых для планировки верха и откосов дорожного полотна.
2. Определить норму времени и количество автогрейдеров, экскаваторов и катков, необходимых для устройства присыпных обочин.
3. Определить количество автомобилей-самосвалов, необходимых для обеспечения работы экскаватора.

Для расчета используются исходные данные, представленные в табл. П20.

Пример расчета

Исходные данные

1. Вариант –	26.
2. Категория дороги –	II.
3. Толщина дорожной одежды (ДО), м –	0,43.
4. Группа грунта по трудности разработки –	2-я.
5. Высота насыпи дорожного полотна, м –	3,0.
6. Толщина слоя уплотнения, см –	0,25.
7. Количество проходов катка по одному следу –	8.
8. Грузоподъемность автомобиля-самосвала, т –	7,0.
9. Протяженность строящегося участка дороги, км –	1,0.
10. Грейдер прицепной –	тяжелый.
11. Емкостью ковша экскаватора, м ³ –	0,65.
12. Расстояние перемещения грунта, км –	3,0.
13. Плотность грунта в рыхлом сложении, г/см ³ –	1,5.

Порядок расчета

1. Определяют норму времени и количество автогрейдеров, необходимых для планировки верха и откосов дорожного полотна.

1.1. Объем планировочных работ принимают в соответствии с категорией дороги и высотой насыпи дорожного полотна (см. рис. 17.3).

Определяют ширину подошвы дорожной одежды

$$B'' = B + 2 \cdot h \cdot m = 13 + 2 \cdot 0,43 \cdot 1,5 = 14,29 \text{ м,}$$

где B – ширина дорожного полотна, м;

h – толщина дорожной одежды равная 43 см, включающая (например):

верхний слой покрытия – 7 см;

нижний слой покрытия – 8 см;

верхний слой основания – 12 см;

нижний слой основания – 16 см.

1.2. Определяют площадь планировки верха дорожного полотна из выражения

$$F_{\text{дор.пл}} = B'' \cdot L_{\text{уч}} = 14,29 \cdot 1000 = 14290 \text{ м}^2,$$

где $L_{\text{уч}}$ – длина участка, м.

1.3. Определяют длину откоса

$$L_{\text{откос}} = \sqrt{(H')^2 + (1,5 \cdot H')^2} = \sqrt{2,57^2 + (1,5 \cdot 2,57)^2} = 4,63 \text{ м},$$

где H' – высота насыпи без дорожной одежды, определяемая по формуле

$$H' = H - h = 3,0 - 0,43 = 2,57 \text{ м}.$$

1.4. Определяют площадь планировки откоса

$$F_{\text{откос}} = 2 \cdot L_{\text{откоса}} \cdot L_{\text{уч}} = 2 \cdot 4,63 \cdot 1000 = 9260 \text{ м}^2.$$

1.5. Определяют суммарную площадь планировки дорожного полотна

$$F_{\Sigma} = F_{\text{дор.пл}} + F_{\text{откос}} = 14290 + 9260 = 23550 \text{ м}^2.$$

Расчет ресурсов ведется на единицу измерения равную 1000 м^2 . Следовательно, для расчета принимается 23,55 (1000 м^2). Расчет ведется в табличной форме (табл. 20.1).

1.6. Определяют количество автогрейдеров, необходимых для планировочных работ:

$$N_{\text{маш}} = \frac{\text{Треб. маш.-ч(чел.-ч)}}{N_{\text{смен}} \cdot T} = \frac{9,7}{1 \cdot 8} = 1,2 \approx 2 \text{ экскаватора},$$

где Треб. маш.-ч (чел.-ч) – цифра по табл. 20.1;

$N_{\text{смен}}$ – количество смен для выполнения данного объема работ, принимают равной 1 смене по табл. 18.1;

T – продолжительность смены, принимают равной 8 ч.

2. Определяют норму времени и требуемое количество автогрейдеров, экскаваторов и катков, необходимых для устройства присыпных обочин.

2.1. При устройстве присыпных обочин выполняются следующие виды работ:

- разработка грунта экскаватором с погрузкой на автомобили-самосвалы;
- планировка поверхности забоя и земляного полотна забойной дороги бульдозером;
- содержание забойной дороги;
- вспомогательные работы, выполняемые вручную, связанные с устройством водоотводных канав, с переходом экскаватора из забоя в забой.

Расчет ресурсов по возведению земляного полотна
(работы по планировке и устройству присыпных обочин)

№ п/п	Наименование производственных процессов	Объем работ		Источник норм	Рабочая сила			Бульдозер (79 кВт)		
		Ед. изм	Кол-во		Н. вр. чел.-ч	Треб. чел.-ч	Треб. чел.-ч	Н. вр. маш.-ч	Треб. маш.-ч	Треб. маш.-ч
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Планировка верха и откосов земляного полотна	1000 м ²	23,55	Е 1-87-6						
2	Итого									
Работа выполняется за 1 смену										
3	Устройство присыпных обочин: разработка грунта 2-й гр. экскаватором вместимостью ковша 0,65 м ³ с погрузкой в автосамосвалы	1000 м ³	2,86	Е 1-17-8	16,73	47,9		12,12	34,66	
4	Итого									
Работа выполняется за 7 смен										
5	Разравнивание грунта 2-й группы	1000 м ²	6,8	Е 1-145-12	47,43	322,6				
6	Поливка водой	1000 м ³	1,298	Е 1-135-1	20,74	26,9				
7	Уплотнение грунта самоходными катками на пневмошинах	1000 м ³	1,298	Е 2-1-31						
8	Итого					397,4	7,1 (8)		34,66	0,6 (1)

№ л/п	Требуемые ресурсы																											
	Трактор (108 л.с.)				Грейдер прицепной				Авто				Экскаватор (0,65 м ³)				Автогрейдер средний (99 кВт)				Поливомоечная машина				Самоход пневмокаток (16 т)			
	Н. вр. маш.-ч	Тр. маш.-ч	Тр. маш.-ч	Гр. маш.-ч	Н. вр. маш.-ч	Тр. маш.-ч	Тр. маш.-ч	Гр. маш.-ч	Тр. маш.-ч	Гр. маш.-ч	Н. вр. маш.-ч	Тр. маш.-ч	Тр. маш.-ч	Гр. маш.-ч	Н. вр. маш.-ч	Тр. маш.-ч	Тр. маш.-ч	Гр. маш.-ч	Н. вр. маш.-ч	Тр. маш.-ч	Тр. маш.-ч	Гр. маш.-ч	Н. вр. маш.-ч	Тр. маш.-ч	Тр. маш.-ч	Гр. маш.-ч		
1	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30									
1	0,41	9,7		0,41	9,7																							
2		9,7	1,2 (2)		9,7	1,2 (2)																						
Работа выполняется за 1 смену																												
3							8	36,38	104,1																			
4							8		104,1 (2)	1,86 (2)																		
Работа выполняется за 7 смен																												
5											2,45	16,7																
6														20,74	26,9													
7																29,4	38,2											
8		9,7	1,2 (2)		9,7	1,2 (2)	8		104,1 (2)	1,8 (2)		16,7 (1)	0,3 (1)		26,9 (1)											0,7 (1)		

2.2. Определяют объем присыпных обочин

$$V_{\text{по}} = 2 \cdot L_{\text{уч}} (b \cdot h + 0,5 \cdot 1,5 \cdot h^2) = 2 \cdot 1000 (3 \cdot 0,43 + 0,5 \cdot 1,5 \cdot 0,43^2) = 2857 \text{ м}^3,$$

где 2 – количество обочин с обеих сторон дороги;

$L_{\text{уч}}$ – длина участка строительства;

b – ширина обочины, в зависимости от категории дороги, принимается по табл. 17.2. Для II категории ширина обочины равна 3 м;

h – толщина дорожной одежды, принимается из задания как суммарная величина до слоя песка;

1,5 – заложение откоса.

Учитывая единицы измерения равные 1000 м^3 , получаем 2,86 (1000 м^3).

Результат заносим в табл. 20.1.

2.3. Определяют производительность экскаватора

$$П_э = \frac{1000}{N_{\text{вр}}} T = \frac{1000 \cdot 8}{36,38} = 219,9 \text{ м}^3/\text{смену}.$$

2.4. Определяют количество смен для выполнения всего объема работ одним скрепером

$$N_{\text{смен}} = \frac{V}{П_б} = \frac{2857}{219,9} = 13 \text{ смен}.$$

Следовательно, объем экскаваторных работ при устройстве присыпных обочин может быть выполнен одним экскаватором с емкостью ковша $0,65 \text{ м}^3$ за 13 смен. Аналогично принятым сменам работы ведущих машин (см. табл. 18.1) принимают количество смен работы экскаваторов равное 7 сменам. Заполняем табл. 20.1.

2.5. Определяют количество экскаваторов, работающих на присыпных обочинах:

$$N_{\text{маш}} = \frac{\text{Треб. маш.-ч(чел.-ч)}}{N_{\text{смен}} \cdot T} = \frac{104,1}{7 \cdot 8} = 1,9 \approx 2 \text{ экскаватора},$$

где Треб. маш.-ч. (чел.-ч) – цифра из табл. 20.1;

$N_{\text{смен}}$ – количество смен для выполнения данного объема работ, принимают равным 7 сменам;

T – продолжительность смены, принимают равной 8 ч.

3. Определяют количество автомобилей-самосвалов, необходимых для обеспечения работы экскаватора. Определяют производительность автосамосвала

$$\Pi_a = \frac{K_{\Pi} \cdot V \cdot T \cdot Q \cdot K_{\Gamma} \cdot K_{\text{в}}}{(L_{\text{п.г}} + t \cdot V \cdot K_{\Pi}) \cdot \rho_{\text{ср}}} = \frac{0,5 \cdot 25 \cdot 8 \cdot 7 \cdot 1,0 \cdot 0,87}{(3 + 0,25 \cdot 25 \cdot 0,5) \cdot 1,5} = 66,27 \text{ м}^3/\text{смену},$$

где K_{Π} – коэффициент использования пробега, $K_{\Pi} = 0,5$;

V – скорость движения автомобиля, км/ч, $V = 25$ км/ч;

T – продолжительность смены, $T = 8$ ч;

Q – грузоподъемность автомобиля, принимаем в соответствии с заданием;

K_{Γ} – коэффициент использования грузоподъемности, изменяется от 0,4 (при перевозке опилок, торфа) до 1,0 (при перевозке щебня, гравия, песка), принимаем $K_{\Gamma} = 1,0$;

$K_{\text{в}}$ – коэффициент использования рабочего времени, $K_{\text{в}} = 0,87$;

$L_{\text{п.г}}$ – расстояние пробега, принимаем в соответствии с заданием;

t – продолжительность простоя автомобиля под погрузкой и разгрузкой за одну поездку, ч (см. табл. 19.3);

$$t = 12 \text{ (погрузка)} + 3 \text{ (разгрузка)} = 15 \text{ мин} = 0,25 \text{ ч};$$

$\rho_{\text{ср}}$ – плотность грунта в рыхлом сложении (насыпная).

3.1. Определяют количество автосамосвалов, потребное для обеспечения работы экскаватора:

$$N = \frac{\Pi_{\text{э}}}{\Pi_{\text{а}}} = \frac{219,9}{66,27} = 3,3 \approx 4 \text{ автомобиля на 1 экскаватор.}$$

В данном случае грунт для присыпных обочин разрабатывают 2 экскаватора. Следовательно, количество автомобилей

$$N_{\text{авт}} = N_{\text{экскав}} \cdot N = 2 \cdot 4 = 8 \text{ автомобилей.}$$

Результат расчета заносят в табл. 20.1.

4. Определяют количество автогрейдеров, необходимых для разравнивания грунта, доставленного из сосредоточенного карьера.

4.1. Учитывая, что работы по разравниванию грунта измеряются в м^2 , определяют площадь присыпной обочины:

$$F_{\text{п.о}} = \frac{V_{\text{п.о}}}{h_{\text{д.о}}} = \frac{2857}{0,43} = 6876,8 \approx 6877 = 6,8 \text{ тыс. м}^2,$$

где $V_{\text{п.о}}$ – объем грунта для присыпных обочин, принимают по результату расчета п. 2.2;

$h_{\text{д.о}}$ – толщина дорожной одежды, принимается согласно исходным данным, м.

Результаты расчета вносят в табл. 20.1.

5. Определяют количество поливочных машин, необходимых для увлажнения грунта до оптимального состояния. Выбор нормы расхода времени производят согласно расценки Е 1-135-1.

5.1. Определяют объем увлажняемого грунта с учетом коэффициента уплотнения

$$V_{\text{ув.грунта}} = \frac{V_{\text{п.о}}}{1,1 \cdot 2} = \frac{2857}{1,1 \cdot 2} = 1297 \text{ м}^3,$$

где $V_{\text{п.о}}$ – объем присыпной обочины (п. 2.2);

1,1 – коэффициент уплотнения;

2 – уплотнение половины объема грунта присыпной обочины.

Учитывая, что объем работ принимается в единицах 1000 м^3 , определяют количество единиц, равное 1,297.

5.1. Определяют требуемый расход нормы времени для работы поливочной машины

$$N_{\text{вр}} \cdot V_{\text{ув.грунта}} = 20,74 \cdot 1,297 = 26,9 \text{ (чел.-ч и маш.-ч)}.$$

6. Определяют норму времени на уплотнение грунта самоходным катком на пневматических шинах марок ДУ-31А (масса 16 т) и ДУ 29 (масса 30 т). Ширина уплотняемой полосы этих катков составляет соответственно 1,9 и 2,22 м, толщина уплотняемого слоя до 0,35 м – ДУ-31А, и до 0,4 м – ДУ-29.

6.1. По «Единым нормам и расценкам на строительные, монтажные и ремонтно-строительные работы». Сб. 2. «Земляные работы». Вып. 1. «Механизированные и ручные земляные работы» (ЕНиР) принимают Е 2-1-31 «Уплотнение грунта самоходными катками».

По табл. 2 ЕНиР принимают норму времени (на 100 м^3) на уплотнение грунта толщиной от 0,2 до 0,3 м при четырех проходах по одному следу и длине гона свыше 200 м равную 0,26. Принимают длину гона равную 250 м.

Учитывая, что количество проходов по одному следу составляет 8, добавляют из этой же таблицы дополнительно норму времени равную 0,04 на каждый проход сверх первых четырех. Таким образом, общая норма времени составит

$$0,26 + (0,04 \cdot 4) = 0,42.$$

6.2. Определяют количество гонов на строящемся участке. Длина участка принимается согласно исходным данным. Делят на длину гона и получают количество гонов:

$$1000 : 250 = 4 \text{ гона.}$$

6.3. Определяют норму времени с учетом числа полос прохода катка по дорожному полотну. Для II категории ширина дорожного полотна составляет 13 м.

Ширину уплотняемой полосы с учетом нахлеста принимают равной 2,0 м. Следовательно, количество полос будет составлять

$$13 : 2 = 7 \text{ проходов.}$$

Умножают норму времени на число проходов

$$0,42 \cdot 7 = 2,94.$$

Рассчитанная норма времени соответствует единице равной 100 м^3 . Расчет ресурсов производится на 1000 м^3 . Следовательно, полученную норму времени переводят в единицы равные 1000 м^3 . В этом случае норма времени будет равна

$$2,94 \cdot 10 = 29,4.$$

Полученную норму времени записывают в табл. 20.1.

6.4. Определяют требуемое количество маш.-ч на уплотнении грунта

$$N_{\text{вр}} \cdot V_{\text{ув. грунта}} = 29,4 \cdot 1,297 = 38,2 \text{ маш.-ч.}$$

7. Определяют количество автогрейдеров и катков, занятых на выполнении работ по устройству присыпных обочин. По каждой машине, а также рабочей силе определяется суммарный показатель требуемой нормы времени (заполняют последнюю строку «итога»). На основании полученных данных определяют количество людей, занятых на планировочных работах, по формуле

$$N_{\text{чел}} = \frac{\text{Треб.чел. -ч}}{N_{\text{смен}} \cdot T} = \frac{397,4}{7 \cdot 8} = 7,1 \approx 8 \text{ чел.}$$

7.1. Определяют количество машин, занятых на планировочных работах:

$$N_{\text{маш}} = \frac{\text{Треб.маш. -ч}}{N_{\text{смен}} \cdot T} = \frac{34,66}{7 \cdot 8} = 0,6 \approx 1 \text{ бульдозер.}$$

8. Производим комплектование состава звена, выполняющего работы по планировке грунта (табл. 20.2).

Таблица 20.2

Комплектование машинно-дорожного звена,
занятого на планировочных работах

Наименование	Кол-во машин	Обслуживающий персонал		
		Профессия	Разряд, категория	Кол-во
1	2	3	4	5
Состав экскаваторного звена				
Экскаватор ($0,65 \text{ м}^3$)	2	машинист	V	2

1	2	3	4	5
Бульдозер (79 кВт)	1	машинист	V	1
Поливомоечная машина	1	водитель	I	1
Самоходный пневмокоток	1	машинист	VI	1
Трактор (79 кВт)	2	тракторист	IV	2
Грейдер прицепной	2			прицепной
Автогрейдер (99 кВт)	1	машинист	VI	1
Автосамосвал	8	водитель	I	8
Рабочая сила		дор. рабочий	III	8
Итого	18			24

Заключение

Работы по планировке верха и откосов дорожного полотна выполняем двумя прицепными грейдерами.

Работы по присыпным обочинам выполняют дорожно-строительным звеном в составе: 2 экскаваторов, 1 бульдозера, 8 автомобилей-самосвалов, 1 автогрейдера, 1 поливомоечной машины, 1 самоходного пневмокотка и 8 дорожных рабочих.

Практическая работа № 21

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА УПЛОТНЕНИЯ ЗЕМЛЯНЫХ СООРУЖЕНИЙ

Введение

Физические свойства грунта зависят от его зернового, минералогического и химического составов. В большинстве случаев при строительстве и эксплуатации автомобильных дорог используют обломочные, песчаные и глинистые грунты, представляющие собой дисперсные, а следовательно, пористые тела, физические свойства которых отличаются рядом особенностей.

К числу наиболее важных характеристик относят плотность и пористость грунтов. В соответствии с ГОСТ 5180–84 различают: плотность грунта, плотность сухого грунта, плотность частиц грунта.

Плотность грунта – это отношение массы породы, включая массу воды в ее порах, к занимаемому этой породой объему:

$$\rho = \frac{m}{V}, \text{ г/см}^3,$$

где m – масса породы с естественной влажностью и сложением, г;
 V – объем, занимаемый породой, см³.

Плотность грунта зависит от минералогического состава, влажности и характера сложения (пористости). Этот показатель определяют объемно-весовым методом по ГОСТ 5180 (метод режущего кольца) или по ГОСТ 28514 (метод замещения объема). Метод режущего кольца применяют для определения плотности однородных по гранулометрическому составу песчаных и пылевато-глинистых грунтов, не содержащих крупных включений. Режущие кольца должны иметь толщину стенки 1,5–3 мм, угол заточки не более 30°, размер принимается:

– внутренний диаметр не менее 70 мм и высота от 0,5 до 0,8 от внутреннего диаметра – для уплотненных связных грунтов, характеризующихся полутвердой, тугопластичной и мягкопластичной консистенцией;

– внутренний диаметр не менее 100 мм – для уплотненных песчаных грунтов.

Плотность грунта обычно находится в пределах 1,2–2,4 г/см³.

Плотность сухого грунта – отношение массы сухого грунта (исключая массу воды в его порах) к занимаемому этим грунтом объему (включая имеющиеся в грунте поры).

Плотность сухого грунта может быть определена расчетным и экспериментальным путем с помощью влагомера-плотномера системы Н.П. Ковалева.

Расчетным путем плотность сухого грунта определяется по формуле

$$\rho_d = \frac{\rho}{1 + 0,01 W} \text{ г/см}^3, \quad (21.1)$$

где W – влажность грунта, определяемая по формуле

$$W = \frac{m_1 - m_2}{m_2 - m_3} 100, \%$$

где m_1 – масса влажного грунта с бюксой, г;

m_2 – масса сухого грунта с бюксой, г;

m_3 – масса бюксы, г.

Экспериментальным путем плотность сухого грунта определяется на приборе «Плотномер-влагомер» системы Н.П. Ковалева. Для этого грунт из режущего кольца высыпают в сосуд с водой, который ставят на нижнюю подставку поплавка и помещают в воду, налитую в ведро-футляр. В зависимости от вида грунта по шкалам «Ч», «П», «Г», нанесенным на трубке поплавка, берут отсчет, который будет соответствовать плотности сухого грунта.

Плотность сухого грунта характеризует грунт при различных состояниях залегания или уплотнения:

$\rho_{d \text{ нас}}$ – **фактическая плотность** сухого грунта в насыпи, которая определяется стандартными методами и служит для контроля степени уплотнения грунта;

$\rho_{d \text{ рез}}$ – **средняя плотность** сухого грунта в резерве (карьере), необходимая для оценки относительной степени уплотнения;

$\rho_{d \text{ тр}}$ – **требуемая плотность** грунта в конструктивном слое;

$\rho_{d \text{ max}}$ – **максимальная плотность** грунта, полученная методом стандартного уплотнения и необходимая для контроля качества уплотнения;

Плотность сухого грунта является критерием оценки максимальной плотности, которая может быть получена экспериментальным путем на приборе стандартного уплотнения или определена по следующей формуле:

$$\rho_{d \text{ max}} = \frac{\rho_s \left(1 - \frac{V_a}{100} \right)}{1 + \frac{\rho_s W_{\text{опт}}}{\rho_w 100}}, \text{ г/см}^3,$$

где ρ_s – плотность частиц грунта, г/см³;

V_a – содержание воздуха в грунте при оптимальной влажности: в супеси 6–8 %; суглинках 3–4 %; глинах 4–5 %;

$W_{\text{опт}}$ – оптимальная влажность, %;

ρ_w – плотность воды в грунте, г/см³.

Наиболее вероятные значения максимальной плотности сухого грунта составляют:

для песка – 1,8 г/см³;

супеси – 1,7–2,0 г/см³;

суглинка – 1,5–1,8 г/см³;

глины – 1,5 г/см³.

Степень уплотнения грунтов регламентируется следующими коэффициентами:

$K_{\text{тр}}$ – **коэффициент требуемого уплотнения**, характеризующий минимальное значение плотности грунта в дорожной конструкции:

$$K_{\text{тр}} = \frac{\rho_{d \text{ тр}}}{\rho_{d \text{ max}}}.$$

$K_{\text{факт}}$ – **коэффициент фактического уплотнения**, являющийся сравнительным показателем оценки фактической и максимальной плотности. Определяется по формуле

$$K_{\text{факт}} = \frac{\rho_{d \text{ нас}}}{\rho_{d \text{ max}}}.$$

$K_{отн}$ – коэффициент относительного уплотнения, характеризующий плотность грунта в резерве и насыпи:

$$K_{отн} = \frac{\rho_{d \text{ тр}}}{\rho_{d \text{ рез}}}.$$

При уплотнении грунта в насыпи дорожного полотна автомобильной дороги необходимо соблюдать условие

$$K_{факт} \geq K_{тр}.$$

Плотность частиц грунта – отношение массы частиц грунта к их объему. Определяется пикнометрическим методом и рассчитывается по формуле

$$\rho_s = \frac{m_4}{m_4 + m_5 - m_6} \rho_w, \text{ г/см}^3,$$

где m_4 – масса сухого грунта, г;

m_5 – масса пикнометра с водой, г;

m_6 – масса пикнометра с водой и грунтом после удаления воздушных пузырьков с поверхности частиц, г.

Средние значения плотности частиц грунта отдельных видов:

для песка – 2,66 г/см³;

супеси – 2,70 г/см³;

суглинка – 2,71 г/см³;

глины – 2,74 г/см³.

Задание

1. Определить коэффициент относительного уплотнения грунта в насыпи на основании исходных данных.

2. Определить, для какой части дорожного полотна подходит данная степень уплотнения при обозначенном типе покрытия.

Для расчета используется исходные данные, представленные в табл. П21.

Пример расчета

Исходные данные

- | | |
|---|-------------------|
| 1. Вариант – | 26. |
| 2. Фактическая плотность грунта в насыпи, г/см ³ – | 1,80; 1,81; 1,82. |
| 3. Плотность грунта в слоях шурфа, г/см ³ – | 1,78; 1,79; 1,80. |
| 4. Толщина слоев в шурфе, см – | 28, 43, 51. |
| 5. Влажность грунта, % – | 8. |

- | | |
|--|----------------|
| 6. Вид грунта – | песок средний. |
| 7. Тип усовершенствованного покрытия – | переходной. |
| 8. Конструкция дорожного полотна – | выемка. |

Порядок расчета

1. Определяют коэффициент относительного уплотнения грунта.

1.1. Определяют значения плотности сухого грунта по формуле (21.1), имея фактические данные измерения плотности грунта и его влажность

$$\rho_{d \text{ факт}} = \frac{\rho}{1 + 0,01 W} = \frac{1,8}{1 + 0,01 \cdot 8} = 1,66 \text{ г/см}^3.$$

Результаты вычислений сводят в табл. 21.1.

Таблица 21.1

Результаты расчета плотности сухого грунта

Плотность грунта в насыпи	фактическая	1,80	1,81	1,82
	сухого грунта	1,66	1,67	1,68
Плотность грунта в резерве	отдельных слоев	1,78	1,79	1,80
	сухого грунта	1,65	1,66	1,67

1.2. Определяют среднюю величину плотности сухого грунта в насыпи

$$\rho_{d \text{ ср нас}} = \frac{\sum_{i=1}^n \rho_{d \text{ факт}}}{n} = \frac{1,66 + 1,67 + 1,68}{3} = 1,67 \text{ г/см}^3,$$

где n – общее количество замеров плотности.

1.3. Определяют плотность сухого грунта в шурфе

$$\rho_{d \text{ рез}} = \frac{\rho_{d1} h_1 + \rho_{d2} h_2 + \rho_{d3} h_3}{h_1 + h_2 + h_3} = \frac{1,65 \cdot 28 + 1,66 \cdot 43 + 1,67 \cdot 51}{29 + 43 + 51} = 1,64 \text{ г/см}^3.$$

1.4. Определяют коэффициент относительного уплотнения грунта, необходимый для вычисления фактически выполненного объема земляных работ

$$K_{\text{отн}} = \frac{\rho_{d \text{ ср нас}}}{\rho_{d \text{ рез}}} = \frac{1,67}{1,64} = 1,01.$$

1.5. Определяют коэффициент требуемого уплотнения на основании данных табл. 21.2.

Таблица 21.2

Значения коэффициентов уплотнения

Коэффициент требуемого уплотнения грунта в насыпи	Коэффициент относительного уплотнения грунта в насыпи		
	пески, супеси, пылеватые суглинки	суглинки, глины	лессовидные грунты, лесс
1,00	1,10	1,05	1,20
0,98	1,08	1,03	1,18
0,95	1,05	1,00	1,15
0,92	1,02	0,97	1,12
0,90	1,00	0,95	1,10

В данном случае коэффициент относительного уплотнения равен 1,01, вид грунта – песок средний. Следовательно, коэффициент требуемого уплотнения составляет 0,92.

2. Определяют, для какой части дорожного полотна подходит данная степень уплотнения при усовершенствованном облегченном типе покрытия.

На основании табл. 21.3 с учетом того, что конструкция дорожного полотна – выемка, определяют часть дорожного полотна, для которого может быть применен песок средней крупности по коэффициенту требуемого уплотнения равному 0,92. Такой частью является слой ниже уровня сезонного промерзания.

Таблица 21.3

Минимальные значения требуемого коэффициента уплотнения грунта

Виды дорожного полотна	Часть дорожного полотна	Глубина расположения слоя от поверхности покрытия	Значения коэффициента уплотнения	
			Усовершенствованные капитальные покрытия	Усовершенствованные облегченные и переходные покрытия
Насыпь	верхняя	до 1,5	1,00–0,98	0,98–0,95
	нижняя неподтопляемая	1,5–6,0	0,95	0,95
	нижняя подтопляемая	более 6,0	0,98	0,95
Выемки и естественные основания низких насыпей	в слое сезонного промерзания		1,00–0,98	0,98–0,95
	ниже слоя сезонного промерзания		0,95	0,95–0,92

Применяя высокоэффективные машины на уплотнении грунта в дорожной конструкции, можно уплотнить грунт с более высокой степенью уплотнения, чем он находился в карьере или резерве при естественном залегании. Это приведет к тому, что объем грунта, уплотненный в конструкции, будет меньше, чем объем резерва, откуда он был перемещен в конструкцию. Это учитывает коэффициент относительного уплотнения, сравнивающий плотности в насыпи и резерве.

В данном случае коэффициент относительного уплотнения равен 1,01. Коэффициент требуемого уплотнения равен 0,92. Такая степень уплотнения может быть только у грунта среднего песка, залегающего ниже слоя сезонного промерзания в выемке.

Практическая работа № 22

ПРОБНОЕ УПЛОТНЕНИЕ ГРУНТОВ КАТКАМИ

Введение

Уплотнение грунтов при сооружении дорожного полотна является важным технологическим процессом, в результате которого достигается расчетная прочность, устойчивость и стабильность дорожной конструкции.

Контроль степени уплотнения грунтов при возведении земляных сооружений регламентируется положениями:

– пособия к строительным нормам Республики Беларусь «Контроль степени уплотнения грунтов при возведении земляных сооружений» (П 12–2000 к СНБ 5.01.01–99);

– пособия к строительным нормам Республики Беларусь «Устройство земляного полотна автомобильных дорог» (П2–02 к СНиП 3.06.03–85);

– международного стандарта «Грунты. Метод лабораторного определения максимальной плотности» (ГОСТ 22733–2002).

Максимальная плотность (стандартная плотность) – наибольшая плотность сухого грунта, которая достигается при испытании грунта методом стандартного уплотнения.

Стандартное уплотнение – послойное (в три слоя) уплотнение образца грунта с постоянной работой уплотнения.

График стандартного уплотнения – графическое изображение зависимости изменения плотности сухого грунта от влажности при испытании методом стандартного уплотнения

Оптимальная влажность – значение влажности грунта, соответствующее максимальной плотности сухого грунта.

Производственный контроль за уплотнением земляного сооружения в соответствии с СТБ 1164.0–99 «Основания и фундаменты зданий и сооружений. Контроль качества и приемки работ. Параметры контроля и состав контролируемых показателей» подразделяется:

– на входной контроль, включающий обследование проектируемых резервов (карьеров) и лабораторные испытания образцов грунтов, предназначенных для возведения земляных сооружений;

– операционный (текущий) полевой контроль уплотнения грунтов в процессе возведения земляного сооружения.

При входном контроле выполняется настройка технологического процесса уплотнения грунтов, осуществляемая методом пробного уплотнения (РД 0219.1.20–2001 «Руководство по операционному контролю качества работ при строительстве, реконструкции, ремонте и содержании автомобильных дорог и искусственных сооружений»). Пробное уплотнение укаткой проводят с целью уточнения оптимальных толщин слоев, а также для определения количества проходов катка по одному следу, необходимого для получения требуемой степени уплотнения.

Пробное уплотнение грунтов укаткой производят перед началом и в процессе основных работ по возведению земляного сооружения для всех разновидностей грунтов и всех типов катков. Метод пробного уплотнения включает следующие операции:

- выбор площадки для пробного уплотнения;
- разбивочные работы;
- контроль плотности естественного основания;
- отсыпка и планировка грунта;
- прикатка легкими катками за 2–4 прохода;
- уплотнение грунта;
- контроль плотности грунта.

Минимальные размеры площадки для пробного уплотнения составляют:

- ширина – не менее $3 B_y$, м;
- длина – 20 м,

где B_y – ширина уплотняемой полосы, принимаемая по технической характеристике уплотняющей машины.

После разбивочных работ производят контроль плотности грунта естественного основания дорожного полотна на глубине 10–15 см от его поверхности объемно-весовым методом по ГОСТ 5180 (метод режущего кольца). Коэффициент уплотнения грунтов естественного основания в пределах 30 см по глубине должен быть ниже требуемого для грунта пробного слоя. Если коэффициент ниже требуемого, производят доуплотнение катками.

Грунт пробного слоя отсыпают толщиной H_p , на 30 % превышающей максимальную толщину, рекомендуемую табл. 8.3 П2–02 к СНиП 3.06.03–85 «Устройство земляного полотна автомобильных дорог». Толщину отсыпанного слоя грунта с учетом начального его уплотнения землеройно-транспортными машинами определяют по формуле

$$H_p = 1,3 \cdot H_{\text{сл}} \cdot \frac{K_{\text{тр}}}{K_1},$$

где $H_{\text{сл}}$ – толщина слоя грунта в плотном теле, см;

K_1 – коэффициент начального уплотнения грунта:

– для бульдозеров – 0,85;

– автомобилей-самосвалов – 0,90;

– скреперов – 0,92;

$K_{\text{тр}}$ – требуемая величина коэффициента уплотнения.

После разравнивания и планировки грунта пробного слоя определяют контроль толщины слоя не менее чем в шести точках. Допускаемое отклонение составляет $\pm 10\%$.

Грунты, предназначенные для пробного уплотнения, должны иметь влажность близкую к оптимальной. При этом нижний предел естественной влажности песчаных грунтов должен быть не ниже 0,8, а глинистых – не ниже 0,9 оптимальной влажности.

Допустимую влажность грунта, при которой будет обеспечена требуемая плотность, следует определять по формуле

$$W_{\text{доп}} = K_{\text{пер}} \cdot W_{\text{опт}},$$

где $W_{\text{опт}}$ – оптимальная влажность грунта, %

$K_{\text{пер}}$ – коэффициент переувлажнения грунта, значения которого приведены в табл. 22.1.

Таблица 22.1

Коэффициенты переувлажнения грунта

Грунты	$K_{\text{пер}}$ при требуемом коэффициенте уплотнения грунта	
	более 0,98	0,95
Пески пылеватые, супеси легкие крупные	1,35	1,60
Супеси легкие и пылеватые, супеси тяжелые пылеватые	1,25	1,35
Суглинки легкие и легкие пылеватые	1,15	1,30
Суглинки тяжелые и тяжелые пылеватые	1,05	1,20

Пробное уплотнение катками на пневматических шинах производят при следующем режиме скоростей:

– на двух первых проходах – не более 2 км/ч;

– на промежуточных проходах – до 12–15 км/ч.

Скорость движения кулачковых, решетчатых и вибрационных катков не должна превышать 2 км/ч.

Давление воздуха в пневматических шинах катков при пробном уплотнении составляет для грунтов:

- песчаных – 0,2 МПа;
- супесчаных – 0,3–0,4 МПа;
- глинистых – 0,6–0,8 МПа.

Контроль плотности грунта при пробном уплотнении производят в зоне однородного уплотнения. Глубина контроля при толщине слоя 30 см составляет 10–15 см. При толщине слоя более 30 см контроль плотности производят не менее чем в трех уровнях (верхняя, средняя и нижняя части слоя). Минимальное количество измерений с использованием метода режущего кольца по ГОСТ 5180–84 составляет 6. При экспресс-методе контроля плотности (плотномер-влажномер Н.П. Ковалева, пенетрационные, динамические плотномеры и другие) количество измерений должно быть не менее 12, из которых не менее четырех должно выполняться стандартными методами.

Плотность грунта контролируется в каждом уплотняемом слое при ширине отсыпаемого слоя 20 м по оси дороги и в 1,5–2 м от бровки дорожного полотна, а при ширине более 20 м – дополнительно в середине между осью и бровкой (рис. 22.1).

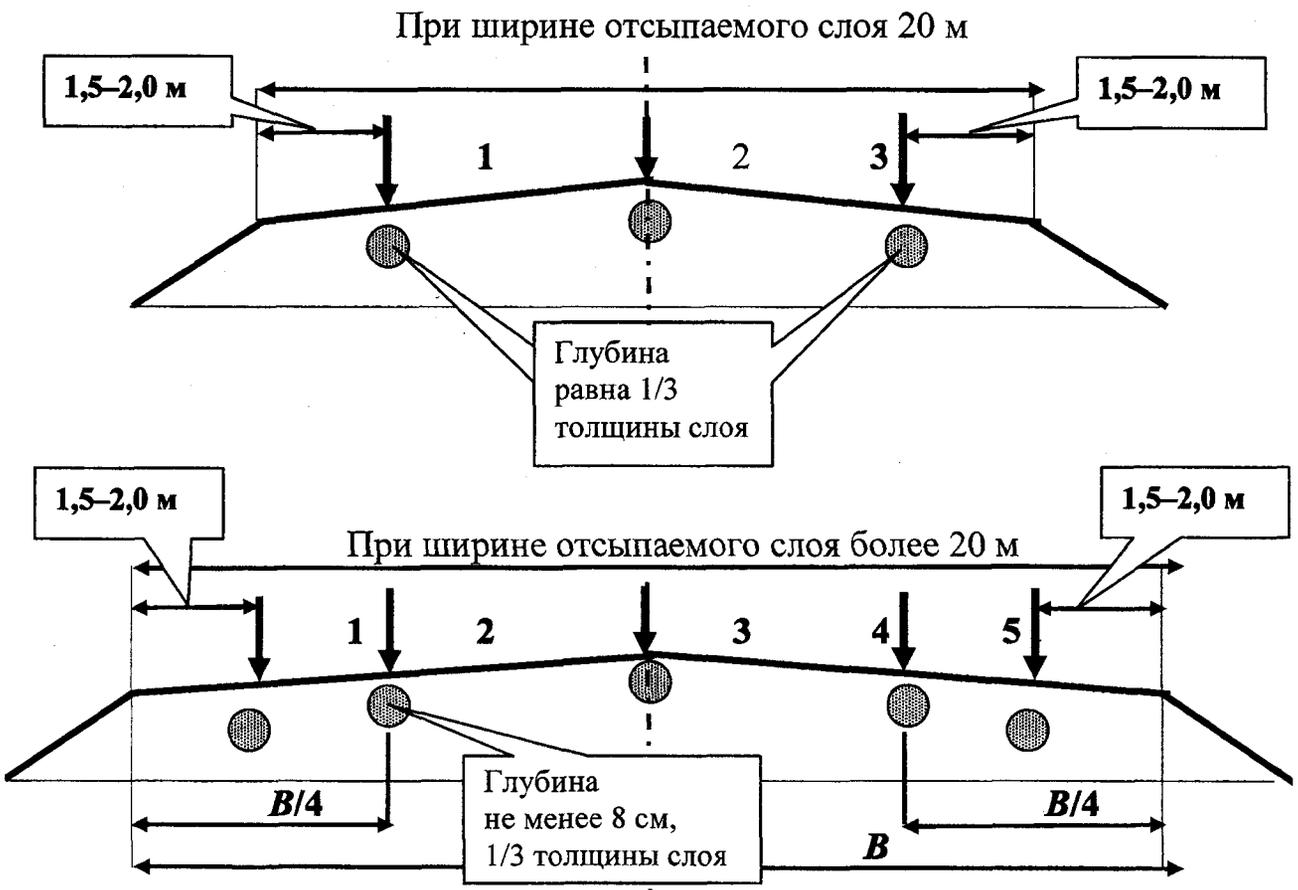


Рис. 22.1. Схема мест на дорожном полотне для измерения плотности грунта

Уплотнение рыхлых грунтов производят двумя видами катков:

- предварительное уплотнение (прикатка) массой 6–12 т. При этом выполняется до 30–40 % от общего потребного количества проходов;
- окончательное массой более 25 т.

Зная коэффициент требуемого уплотнения грунта и толщину слоя уплотнения, по графику $K_{тр} = f(H_{сл}, N)$ определяют количество проходов катка по одному следу. При использовании катков на пневматических шинах к полученному количеству проходов необходимо добавить два прохода, совершаемых при скорости движения 2 км/ч.

Задание

1. Определить максимальную плотность грунтов.
2. Определить конструктивную часть дорожного полотна, для которого приемлемы данные грунты и степень уплотнения.
3. Определить толщину уплотняемого слоя.
4. Определить пределы влажности при уплотнении грунтов.
5. Определить количество проходов для достижения требуемой плотности.

Для расчетов используются исходные данные, представленные в табл. П22.

Пример расчета

Исходные данные

- | | |
|--|------------------|
| 1. Вариант – | 26. |
| 2. Результаты определения плотности грунта на приборе стандартного уплотнения, г/см ³ – | 1,8; 1,94; 1,92. |
| 3. Влажность при испытании грунта на приборе стандартного уплотнения, % – | 6, 8, 10. |
| 4. Плотность сухого грунта в отсыпаемой насыпи дорожного полотна, г/см ³ – | 1,76. |
| 5. Тип уплотняющей машины – каток на пневматических шинах массой 15 т. | |
| 6. Вид грунта – | песок крупный. |
| 7. Тип дорожного покрытия – | капитальное. |

Порядок расчета

1. Определяют максимальную плотность грунта на основании лабораторных испытаний.

1.1. Рассчитывают значения плотности сухого грунта с учетом плотности и влажности грунта

$$\rho_d = \frac{\rho}{1 + 0,01 W} = \frac{1,8}{1 + 0,01 \cdot 6} = 1,7 \text{ г/см}^3.$$

Результаты вычисления сводят в табл. 22.2.

Таблица 22.2

Результаты вычислений

Влажность грунта, %	W	6	8	10
Плотность грунта, г/см ³	ρ	1,8	1,94	1,92
Плотность сухого грунта, г/см ³	ρ_d	1,7	1,8	1,75

1.2. Строят график зависимости плотности сухого грунта от влажности (рис. 22.2), по которому определяют максимальную плотность и оптимальную влажность грунта.



Рис. 22.2. Зависимость плотности сухого грунта от влажности

На основании полученных данных можно заключить, что максимальная плотность грунта $\rho_{d \max} = 1,8$ г/см³ и оптимальная влажность $W_{\text{опт}} = 8\%$.

2. Определяют конструктивную часть дорожного полотна, для которого приемлемы данные грунты и степень уплотнения.

2.1. Определяют значение коэффициента фактического уплотнения грунта с учетом максимальной плотности и плотности сухого грунта в отсыпаемой насыпи дорожного полотна. Коэффициент фактического уплотнения определяют по формуле

$$K_{\text{факт}} = \frac{\rho_{d \text{ нас}}}{\rho_{d \text{ max}}} = \frac{1,76}{1,8} = 0,98.$$

2.2. При уплотнении грунта в насыпи необходимо соблюдать следующее условие:

$$K_{\text{факт}} \geq K_{\text{тр}}.$$

Поэтому сравнивают полученное значение коэффициента фактического уплотнения с минимальным значением требуемого коэффициента уплотнения, приведенного в табл. 21.3.

Согласно исходным данным вид покрытия – капитальный. Следовательно, полученная степень уплотнения грунта ($K_{\text{факт}} = K_{\text{тр}} = 0,98$) приемлема для верхней части насыпи до глубины 1,5 м или для нижней подтопленной части насыпи, расположенной на глубине более 6,0 м.

3. Определяют толщину уплотняемого слоя катком на пневматических шинах массой 15 т согласно табл. 22.3.

Таблица 22.3

Ориентировочная толщина уплотняемого слоя

Тип уплотняющей машины	Толщина уплотняемого слоя грунта, см, для грунтов		
	связных	несвязных	
Кулачковый каток массой 9–18 т	30	–	
Решетчатый каток массой 25 т	40	–	
Каток на пневматических шинах прицепной (полуприцепной) массой			
	12–15 т	40	
25–30 т	40	50	
Вибрационный каток массой			
	2 т	–	50
	6–8 т	–	80
10–12 т	–	100	

Ориентировочная толщина песчаного слоя, уплотняемого катком на пневматических шинах, составляет 40 см.

4. Определяют пределы допустимой влажности при уплотнении грунтов.

4.1. Требуемая плотность грунтов может быть достигнута при влажности, значения которой отличаются от значений оптимальной влажности не более указанных в табл. 22.4.

Таблица 22.4

Допустимая влажность грунтов при уплотнении

Грунты	Допустимая влажность ($W_{\text{доп}}$) в долях от оптимальной ($W_{\text{опт}}$) при требуемом коэффициенте уплотнения			
	более 1,0	1,0–0,98	0,95	0,90
Пески пылеватые Супеси легкие крупные	0,85–1,30	0,80–1,35	0,75–1,60	0,75–1,60
Супеси легкие и пылеватые	0,85–1,2	0,80–1,25	0,75–1,35	0,70–1,60
Супеси тяжелые пылеватые Суглинки легкие и легкие пылеватые	0,90–1,10	0,85–1,15	0,80–1,30	0,75–1,50
Суглинки тяжелые и тяжелые пылеватые Глины	0,90–1,00	0,90–1,05	0,85–1,20	0,80–1,30

4.2. При возведении насыпей из непылеватых песков в летних условиях допустимая влажность не ограничивается.

4.3. При возведении насыпей в зимних условиях влажность грунтов не должна быть:

- более $1,3 W_{\text{опт}}$ – для песчаных и непылеватых супесчаных;
- более $1,2 W_{\text{опт}}$ – для супесчаных пылеватых и суглинистых легких;
- более $1,1 W_{\text{опт}}$ – для других связных грунтов.

4.4. Учитывая, что тип грунта, из которого отсыпается насыпь дорожного полотна – песок крупный, допустимая влажность в летних условиях не ограничивается. В связи с этим, определяют допустимые пределы для данного грунта при возведении насыпи в зимних условиях:

- минимальная влажность составляет $0,8 W_{\text{опт}}$:

$$W_{\text{min}} = 0,8 \cdot W_{\text{опт}} = 0,8 \cdot 8 = 6,4 \%;$$

- максимальная влажности для песчаных грунтов составляет $1,3 W_{\text{опт}}$:

$$W_{\text{max}} = 1,3 \cdot W_{\text{опт}} = 1,3 \cdot 8 = 10,4 \%.$$

Следовательно, допустимая влажность, при которой будет достигнута максимальная плотность, составляет от 6,4 до 10,4 %.

5. Определяют количество проходов для достижения требуемой плотности грунта на основании графика пробного уплотнения (рис. 22.3).

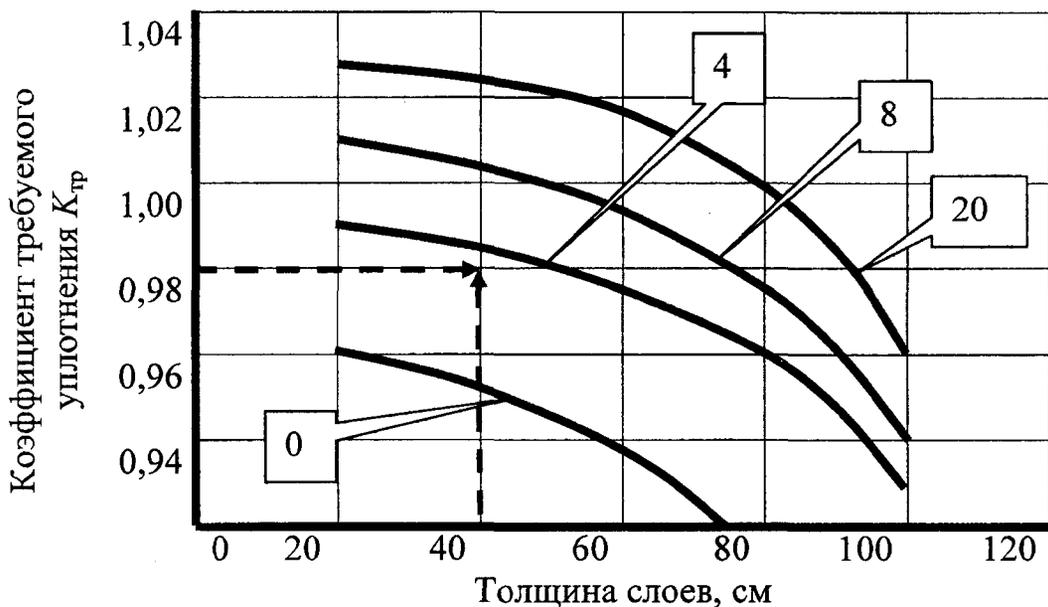


Рис. 22.3. Зависимость коэффициента уплотнения пробного слоя грунта от количества проходов катка по одному следу

5.1. Приняв условие, что $K_{факт} = K_{гр} = 0,98$ и толщина слоя из песчаного грунта, уплотняемого с помощью катка на пневматических шинах, равна 40 см, по графику, изображенному на рис. 22.3, определяют количество проходов катка по одному следу (N).

Учитывая, что полученная точка лежит между кривыми, соответствующими началу уплотнения ($N = 0$) и четырем проходам по одному следу, методом интерполяции определяем число проходов равное трем.

Заключение

Максимальная плотность песчаного грунта равна $1,8 \text{ г/см}^3$, оптимальная влажность – 8 %. Сравнивая полученные значения с плотностью сухого грунта, характерной для свежесыпанной насыпи, определен коэффициент фактического уплотнения равный 0,98. Полученная степень уплотнения грунта приемлема для верхней части насыпи до глубины 1,5 м.

Толщина слоя песчаного грунта, уплотняемого катками на пневматических шинах массой 25 т, составляет 40 см. Влажность уплотняемого грунта может находиться в пределах от 6,4 до 10,4 %. Количество проходов при пробном уплотнении составляет три по одному следу.

СТРОИТЕЛЬСТВО ДОРОЖНОЙ ОДЕЖДЫ

Практическая работа № 23

РАСЧЕТ ОБЪЕМОВ РАБОТ И ПОТРЕБНОСТИ В МАТЕРИАЛАХ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД

Введение

Дорожная одежда – это многослойная конструкция, предназначенная для перераспределения давления на грунт от действия транспортной нагрузки, обеспечивающая повышение сроков службы и транспортно-эксплуатационных показателей автомобильной дороги. Учитывая, что напряжения убывают с глубиной, с технической и экономической точки зрения прочность материала дорожной одежды должна снижаться по мере удаления от поверхности дорожного покрытия.

Дорожная одежда по виду покрытия, материалу и способу укладки подразделяется на типы (ТКП 45–3.03–19–2006):

- капитальный;
- облегченный;
- переходный;
- низший.

В зависимости от сопротивления нагрузкам от транспортных средств и характера деформирования дорожные одежды подразделяются на две группы: жесткие и нежесткие.

Жесткая дорожная одежда – дорожная одежда, работающая как плита конечных размеров на упругом основании при свободном, шарнирном или ином способе соединения плит. Жесткие дорожные одежды могут быть:

- с цементобетонным покрытием;
- с асфальтобетонным покрытием на основании из цементобетона с устроенными деформационными швами.

Нежесткая дорожная одежда – дорожная одежда, работающая как слоистая система бесконечных в плане размеров со сплошным покрытием на упругом основании. К нежестким относят дорожные одежды:

- с покрытием из смеси каменных материалов с органическими вяжущими веществами (асфальтобетон);
- с покрытиями, в которых вяжущее вещество представляет комплексный материал, состоящий из органических и минеральных веществ (битумные эмульсии, цемент);
- с покрытиями из каменных материалов (щебень, гравий, песок, шлаки).

В конструкции дорожной одежды различают следующие слои:

- покрытие;
- основание;
- дополнительный (подстилающий) слой.

Покрытие – наиболее прочный слой дорожной одежды, воспринимающий непосредственное воздействие нагрузки, атмосферных факторов и определяющий основные транспортно-эксплуатационные качества дороги.

Дорожное основание – несущая часть дорожной одежды, совместно с покрытием обеспечивающая распределение и передачу нагрузок на грунт земляного полотна. Основание может состоять из двух слоев:

– верхнего, сооружаемого из более прочных материалов (обычно укрепленных вяжущими);

– нижнего, к материалам которого предъявляют менее жесткие требования в отношении прочности.

Дополнительный слой основания (подстилающий) – нижний конструктивный слой дорожной одежды, выполняющий функции передачи нагрузок на земляное полотно (подстилающий слой), функции морозозащитного и дренирующего. Обычно его устраивают из песков и песчано-гравийных смесей с коэффициентом фильтрации не менее 1 м/сут. Если земляное полотно представлено песчаными грунтами, то вышеуказанный слой дорожной одежды не устраивают.

Каждая из составляющих может в свою очередь состоять из одного или нескольких слоев различных материалов. Дорожные одежды устраивают на всю ширину проезжей части (с присыпными обочинами) или, в случае дорог низких категорий, на всю ширину земляного полотна (серповидный профиль).

Определение кода ресурсов, номера расценки, состава работ и нормы расходов выполняют по «Ресурсно-сметным нормам на строительные конструкции и работы». Сб. 27. «Автомобильные дороги для строительства в сельской местности»: СНБ 8.03.127–2000.

Задание

1. Определить объемы работ по устройству дорожной одежды.
2. Определить потребность в основных дорожно-строительных материалах.

Для расчетов используются исходные данные, представленные в табл. П23 а и П23 б.

Пример расчета

Исходные данные

- | | |
|---|---------------------|
| 1. Вариант – | 26. |
| 2. Категория дороги – | II. |
| 3. Расположение метеостанции – | Барановичи. |
| 4. Толщина и материал слоев покрытия, см: | |
| – верхнего – | 7; 1 (прил. П23 б); |
| – нижнего – | 8; 11. |

5. Толщина и материал слоев основания, см:

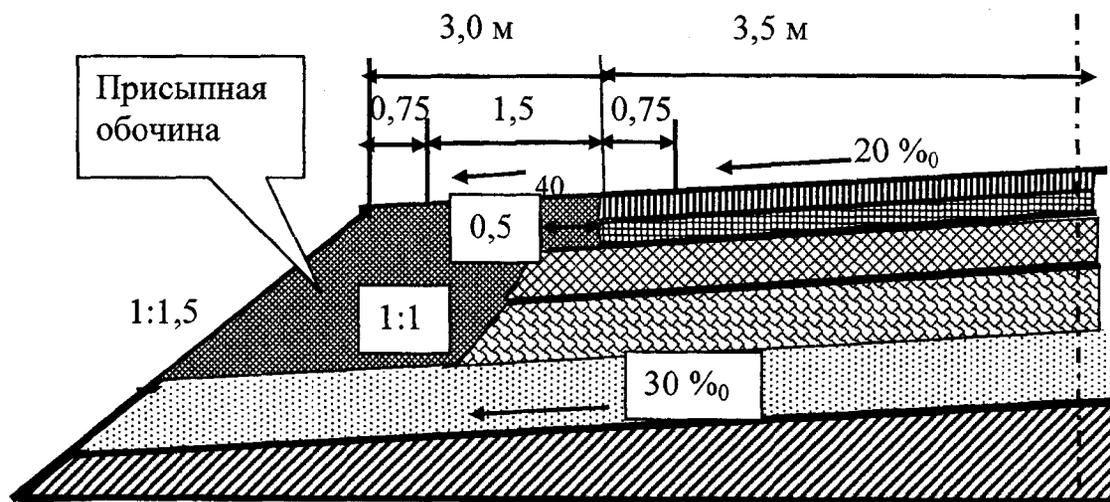
– верхнего – 12; 19;

– нижнего – 16; 34.

6. Протяженность строящегося участка дороги, км – 1.

Порядок расчета

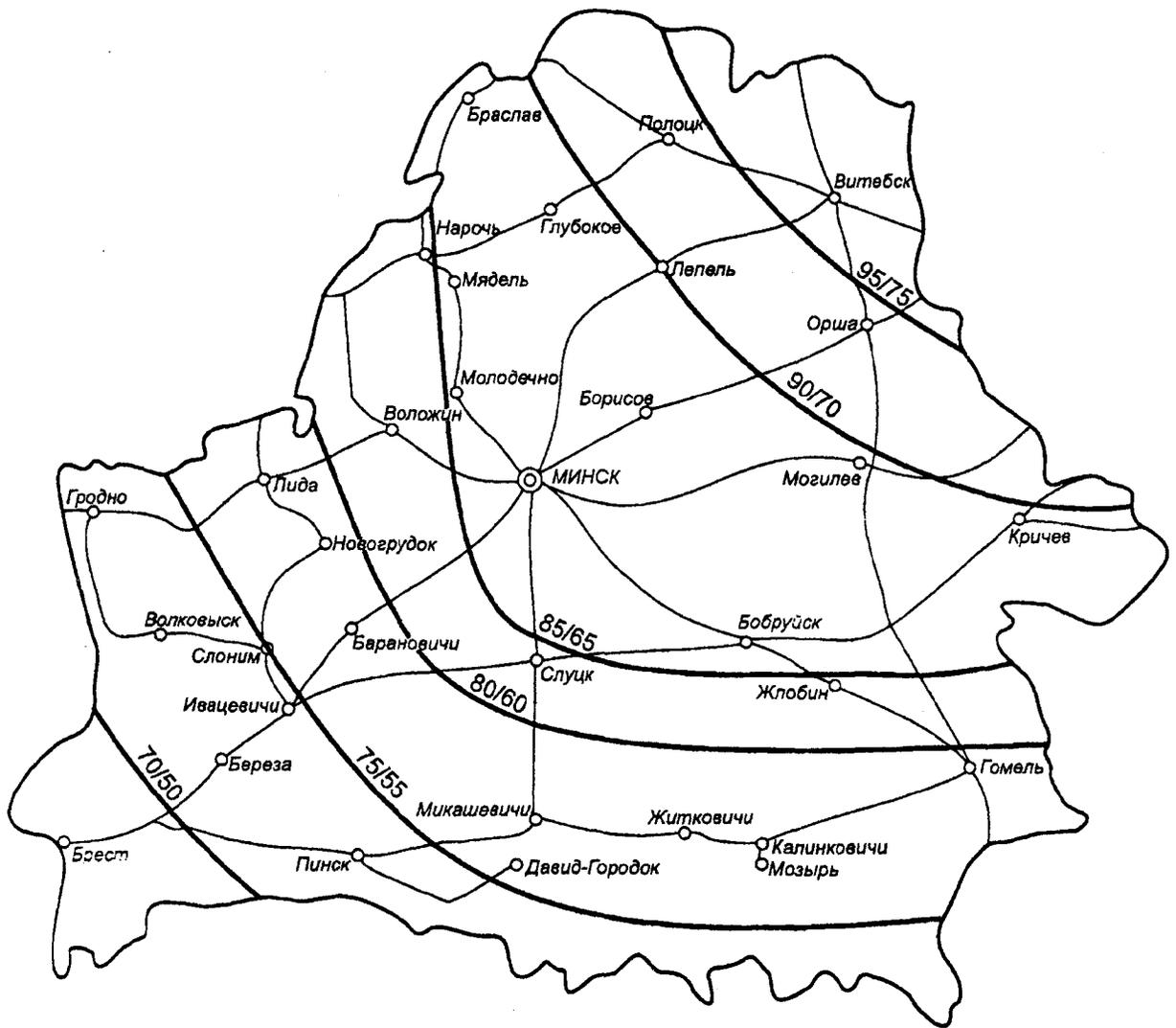
1. Определяют тип дорожной конструкции и общую толщину стабильных слоев дорожной конструкции. На основании исходных данных по категории дороги вычерчивают конструктивную схему дорожной одежды (рис. 23.1), состоящей из верхнего и нижнего слоев покрытия и верхнего и нижнего слоев основания. Толщина отдельных слоев дана в исходных данных. Общая толщина слоев покрытия и основания составляет 43 см.



Покрытие, верхний слой	Горячий щебенистый асфальтобетон мелкозернистый, тип Б, марки 1	толщина 7 см
Покрытие, нижний слой	Горячий щебенистый пористый асфальтобетон крупнозернистый	толщина 8 см
Верхний слой основания	Гравийный материал с добавкой 30 % щебня, обработанного битумной эмульсией	толщина 12 см
Нижний слой основания	Гравийно-песчаная смесь, укрепленная золой уносом	толщина 16 см
Дополнительный слой основания	Песок	толщиной 37 см

Рис. 23.1. Конструкция дорожной одежды

1.1. Определяют минимально допустимую толщину стабильных слоев дорожной конструкции. По карте изолиний (рис. 23.2), построенной с учетом морозоустойчивости сильно пучинистых грунтов (прил. В, ТКП 45–3.03–19–2006), определяют минимальную толщину слоев дорожной конструкции. Для данного примера (г. Барановичи) такая толщина составляет 80 см для дорожных одежд капитального типа.



————— — автомобильные дороги;
 ————— — изолинии

Значения в числителе приведены для дорожных одежд капитального типа,
 значения в знаменателе — для дорожных одежд облегченного типа

Рис. 23.2. Карта изолиний минимально допустимой толщины
 стабильных слоев дорожной конструкции

1.2. Определяют толщину дополнительного слоя основания из песчаного
 грунта

$$H_{\text{песка}} = 80 - 43 = 37 \text{ см.}$$

При устройстве подстилающего основания выполняют следующие работы
 (04. «Подстилающие и выравнивающие слои основания»: СНБ 8.03.127–2000.
 Табл. 27-14):

- планировка и прикатка земляного полотна (автогрейдеры среднего типа мощностью 99 кВт);
- россыпь и разравнивание материалов (автогрейдеры среднего типа мощностью 99 кВт);
- раздробление трактором с кулачковыми катками крупных глыб (тракторы на гусеничном ходу 79 кВт);
- уплотнение россыпей с поливкой водой (катки дорожные прицепные на пневмоколесном ходу 25 т, катки дорожные самоходные на пневмоколесном ходу 16 т, машины поливомоечные 6000 л).

2. Рассчитывают объемы работ по устройству дорожной одежды. Составляют схему конструкции дорожной одежды (рис. 23.3). Ширина дорожного полотна для II категории равна 13,0 м, минимальная толщина стабильных слоев – 0,8 м, толщина дорожной одежды – 0,43 м, толщина слоя песка – 0,37 м.

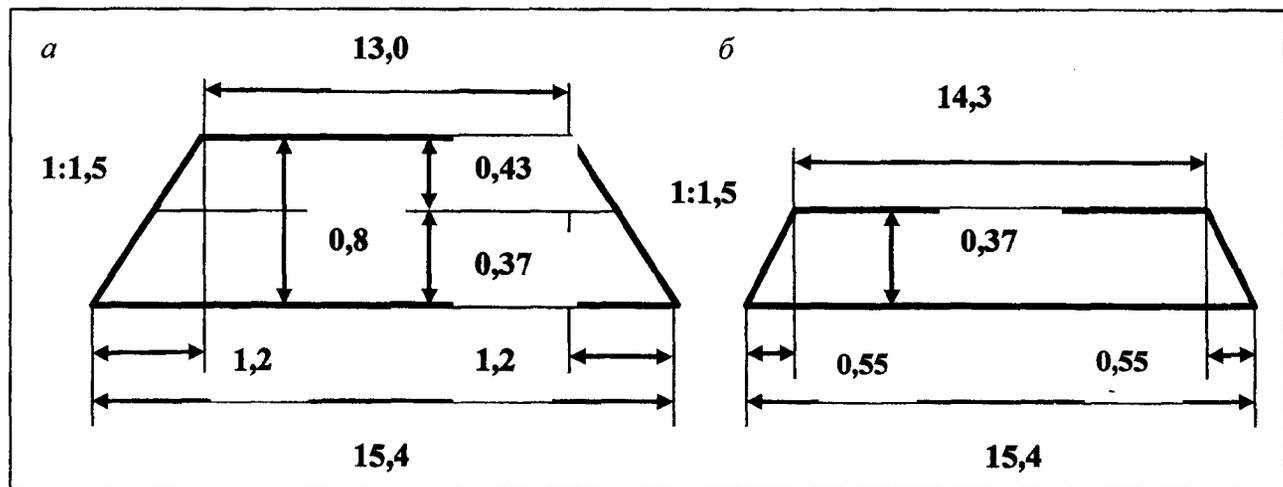


Рис. 23.3. Расчетная схема дорожной одежды:

a – дорожная одежда с подстилающим слоем песка; *б* – подстилающий слой песка

2.1. Из расчетной схемы (рис. 23.3, *a*) определяют ширину основания насыпи – 15,4 м при заложении откоса – 1 : 1,5, горизонтальную составляющую откоса – 1,2 м.

2.2. Из расчетной схемы (рис. 23.3, *б*) определяют горизонтальную составляющую откоса подстилающего слоя песка – 0,55 м, ширину подстилающего слоя поверху – 14,3 м.

2.3. Объем дополнительного слоя основания из песка толщиной 0,37 м определяют по объему трапеции за вычетом толщины вышележащих слоев дорожной одежды.

2.3.1. Определяют площадь трапеции подстилающего слоя песка

$$F_{\text{пс}} = \left(\frac{15,4 + 14,3}{2} \right) \cdot 0,37 = 5,5 \text{ м}^2.$$

2.3.2. Определяют объем песка с учетом длины участка дороги

$$V_{\text{песка}} = 5,5 \cdot 1000 = 5500 \text{ м}^3.$$

Результаты вычислений заносят в табл. 23.1.

Поскольку объемы работ измеряют для песка в м^3 , для асфальтобетона и других слоев в м^2 , то расчет ведут с учетом определения объема или средней линии слоя.

Таблица 23.1

Ведомость объемов работ по устройству дорожной одежды

№ п/п	Наименование работ	Ед. изм.	Методика расчета	Результат расчета
1	Устройство дополнительного слоя основания из песка толщиной 0,37 м (в плотном теле)	м^3	$V = F_{\text{пс}} \cdot L =$ $= 5,5 \cdot 1000 =$ $= 5500$	5500
2	Устройство нижнего слоя основания из гравийно-песчаной смеси, укрепленной золой-уносом, толщиной) 0,16 м	м^2	$F_{\text{ос}} =$ $= ((10,06 + 9,74) : 2) \times$ $\times 1000 = 9900$	9900
3	Устройство верхнего слоя основания из гравийного материала с добавлением 30 % щебня, обработанного битумной эмульсией толщиной 0,12 м	м^2	$F_{\text{ос}} =$ $= ((9,74 + 9,5) : 2) \times$ $\times 1000 = 9620$	9620
4	Устройство нижнего слоя покрытия из горячего щебенистого пористого асфальтобетона, крупнозернистого толщиной 0,08 м	м^2	$F_{\text{ос}} =$ $= (7,0 + (2 \times 0,75)) \times$ $\times 1000 = 8500$	8500
5	Устройство верхнего слоя покрытия из горячего асфальтобетона, мелкозернистого, типа Б, марки 1 толщиной 0,07 м	м^2	$F_{\text{ос}} =$ $= (7,0 + (2 \cdot 0,75)) \times$ $\times 1000 = 8500$	8500

3. Составляют схему покрытия и основания (рис. 23.4) с учетом размеров конструктивных слоев (см. рис. 23.1), соответствующих категории дороги.

3.1. Определяют площадь нижнего слоя основания. Поскольку основание устраивается из гравийных материалов, которые имеют плоскость обрушения с коэффициентом заложения откоса 1 : 1, то каждый слой основания представляет собой трапецию, площадь которой определяют путем умножения средней линии на толщину слоя.

3.1.1. Верх общей трапеции: $7,0 + (2 \cdot 0,75) + (2 \cdot 0,5) = 9,5 \text{ м}.$

3.1.2. Низ общей трапеции: $9,5 + 2 \cdot (0,12 + 0,16) = 10,06 \text{ м}.$

3.1.3. Верх нижнего слоя основания: $10,06 - (2 \cdot 0,16) = 9,74 \text{ м}.$

3.1.4. Средняя линия трапеции нижнего слоя: $(10,06 + 9,74) : 2 = 9,9 \text{ м}.$

3.1.5. Площадь нижнего слоя основания: $9,9 \cdot 1000 = 9900 \text{ м}^2.$

3.2. Определяют площадь верхнего слоя основания аналогичным путем.

3.2.1. Средняя линия трапеции верхнего слоя: $(9,74 + 9,5) : 2 = 9,62$ м.

3.2.3. Площадь верхнего слоя основания: $9,62 \cdot 1000 = 9620$ м².

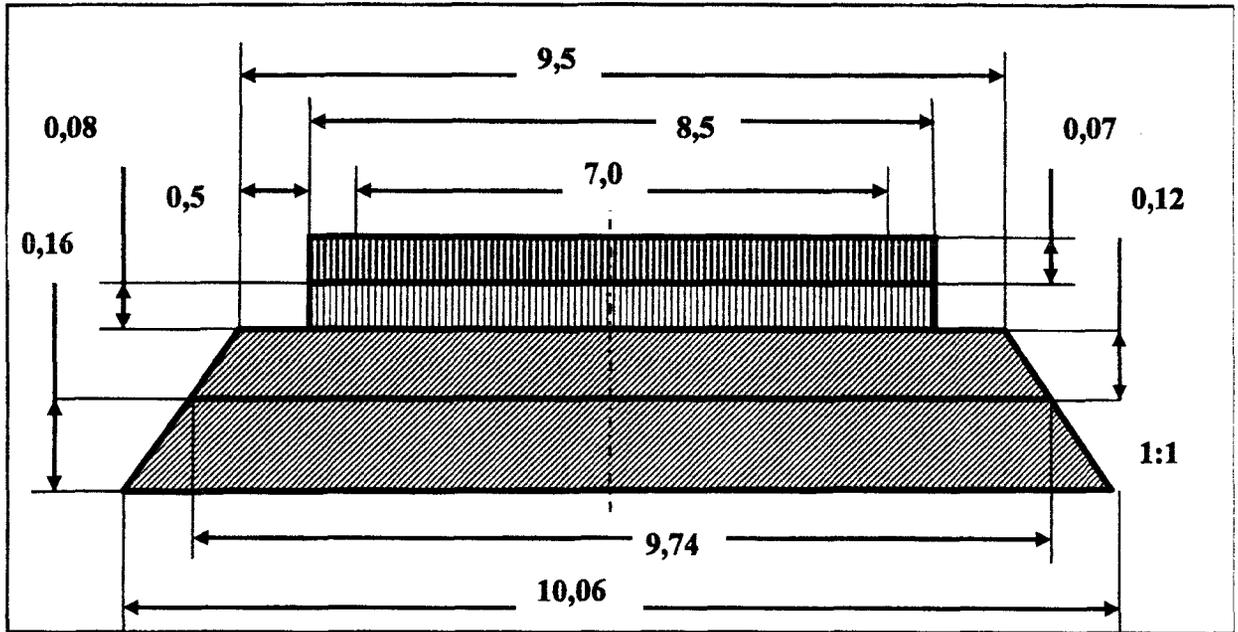


Рис. 23.4. Конструктивная схема покрытия и основания

3.3. Определяют площадь нижнего слоя покрытия с учетом устройства укрепленной обочины из того же материала, что и слой покрытия. Слой покрытия представляет собой прямоугольную фигуру. Следовательно, площадь будет равна произведению ширины основания слоя на длину участка.

Площадь нижнего слоя покрытия: $[7,0 + (2 \cdot 0,75)] \cdot 1000 = 8500$ м².

3.4. Определяют площадь верхнего слоя покрытия аналогично определению площади нижнего слоя покрытия.

Площадь верхнего слоя покрытия: $[7,0 + (2 \cdot 0,75)] \cdot 1000 = 8500$ м².

Результаты расчетов заносят в табл. 23.1 и 23.3 (столбец 4).

4. Производят расчет потребности в основных дорожно-строительных материалах.

Расчет потребности полуфабрикатов и основных дорожно-строительных материалов, а также ресурсов производят в соответствии с ресурсно-сметными нормами, изложенными в сб. 27. «Автомобильные дороги для строительства в сельской местности» (СНБ 8.03.127–2000).

Нормы выбирают для видов работ.

01. «Основания и покрытия из грунтов, укрепленных органическими вяжущими материалами».

02. «Основания и покрытия из грунтов, укрепляемых неорганическими вяжущими материалами».

04. «Подстилающие и выравнивающие слои основания».

06. «Основания и покрытия из песчано-гравийных (гравийно-песчаных или щебеночно-песчаных смесей оптимального гранулометрического состава)».

07. «Основания и покрытия из щебеночных материалов».
13. «Цементобетонные основания и покрытия».
14. «Поверхностная обработка покрытия органическими вяжущими материалами».
15. «Основания и покрытия из черного щебня».
16. «Укладка и пропитка щебеночных оснований и покрытий».
17. «Основания и покрытия из песчано-гравийных (гравийно-песчаных или щебеночно-песчаных смесей оптимального гранулометрического состава), обрабатываемых вяжущими материалами смешением на месте».
18. «Покрытия из холодных асфальтобетонных смесей».
19. «Покрытия из горячих асфальтобетонных смесей».
23. «Приготовление битумных вяжущих материалов и эмульсий в построечных условиях».
24. «Приготовление асфальтобетонных смесей на асфальтобетонных заводах в построечных условиях».
26. «Дополнительные работы: розлив вяжущих материалов, добавка гравия, песка или песчано-гравийной смеси».
- 4.1. Определяют норму расхода для песка. Для этого используют данные табл. 23.2. (СНБ 8.03.127–2000).
- Например: по расценке 27-14 норма расхода песка составляет 110 м^3 .

Таблица 23.2

Дополнительные данные по расходу материальных ресурсов

Номера расценок	Наименование материала	Количество, м^3
27-2-(1; 2)	Смесь битумно-грунтовая	175; 194
27-4-(1; 2; 3; 4)	Смесь цементно-грунтовая	175; 194
27-14-(1)	Песок	110
27-14-(2)	Песчано-гравийная смесь дресва	122
27-14-(3)	Шлак доменный отвалный	150
27-14-(4)	Щебень шлаковый	125
27-21-(1; 2; 3; 4)	Песчано-гравийная смесь (гравийно-песчаная смесь или щебеночно-песчаная оптимального гранулометрического состава)	152
27-50-(1; 2; 3; 4; 5; 6; 7; 8; 9; 10; 11; 12; 13)	Песчано-гравийная смесь	25–140
27-75-(1)	Смесь цементно-грунтовая	184
27-95-(1)	Песок	102
27-97-(1)		604

Примечание. Расценка Е27-95-1 применяется для россыпи песка для улучшения профилированных грунтовых дорог.

Расценка Е27-97 применяется для устройства колеиных дорог из сборных железобетонных плит, в частности при устройстве песчаного подстилающего слоя толщиной 4 см и присыпке обочин.

4.2. Определяют норму расхода воды, необходимой для уплотнения грунта. Согласно Е27-14-1 вода для песка принимается из расчета 5 м³ воды на 100 м³ песка.

4.3. Полученные нормы расхода заносят в табл. 23.3 (столбцы 14 и 15). Запись ведется в виде дроби, где в числителе записывают нормы расхода, а в знаменателе общее количество необходимого материала. Общее количество необходимого материала определяют путем умножения нормы расхода на единицу продукции на количество единиц.

Таблица 23.3

Ведомость потребности в основных дорожно-строительных материалах и полуфабрикатах по строительству дорожной одежды

1	2 Наименование конструктивного слоя	3 Источник норм	4 Ед. изм./ кол-во ед.	Потребность в полуфабрикатах			
				5 АБС	6 Щ (Г), обработ. вязким битумом	7 Щ (Г), обработ. цемент. и битум. эмульс.	8 Битумная эмульсия, т АБС, т
1	Дополнительный слой основания из песка толщиной 0,37 м	Е 27-14-1	$\frac{100 \text{ м}^3}{55}$				
2	Нижний слой основания из гравийно-песчаной смеси толщиной 0,16 м, укрепленной золой уноса	Е 27-3-1 (табл. 2. ВСН 32-82) Кол-во ЗУ принимаем = 20 %)	$\frac{1000 \text{ м}^2}{9,9}$				
3	Верхний слой основания из гравийного материала с добавлением 30 % щебня, обработанных битумной эмульсией, толщиной 0,12 м	Е 27-66-5 Е 27-68-25 СН 25-74 п. 2.58	$\frac{1000 \text{ м}^2}{9,62}$				12,4
4	Нижний слой покрытия из горячего щебенистого пористого асфальтобетона крупнозернистого с толщиной слоя 0,08 м	Е 27-53-6 Е 27-54-6 Е 27 67-13	$\frac{1000 \text{ м}^2}{8,5}$	$\frac{190,4}{1619}$			16,19 АБС
5	Верхний слой покрытия из горячего асфальтобетона мелкозернистого типа Б, марки 1 толщиной 0,07 м	Е 27-53-1 Е 27-54-1 Е 27-67-3	$\frac{1000 \text{ м}^2}{8,5}$	$\frac{172,9}{1470}$			14,7 АБС

	В том числе по составляющим											
	Щебень (гравий), фракции, для приготовления смеси, м ³					Песок, м ³	Вода, м ³	Минеральный порошок, т	Битум, т	Цемент, т	Зола уноса, т	ПАВ, т
	крупнозернистой			мелкозернистой								
	20-40 35 %	10-20 45 %	5-10 20 %	10-20 50 %	5-10 50 %							
1	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1						<u>110</u> 6050	<u>5</u> 275					
2					<u>70,4</u> 697	<u>105,6</u> 1046	E27- 3-1 <u>18,5</u> 85				<u>64</u> 634	<u>1,6</u> 16
3	<u>39,6</u> 382				<u>92,4</u> 889		<u>5,5</u> 53		<u>7,0</u> 68			
4	<u>12,7</u> 206	<u>16,3</u> 264	<u>7,1</u> 115			<u>29,1</u> 472		<u>2,01</u> 33	<u>5</u> 81			<u>0,375</u> 6,1
5				<u>19,1</u> 281	<u>19,1</u> 281	<u>22,8</u> 336		<u>6,68</u> 99	<u>5,61</u> 83			<u>0,42</u> 6,2

В столбец 4 проставляют из табл. 23.1 объем песка с учетом единиц измерения на 100 м³.

Потребность в песке: $55 \cdot 110 = 6050 \text{ м}^3$.

Потребность в воде: $55 \cdot 5 = 275 \text{ м}^3$.

5. Определяют количество материала, необходимого для создания нижнего слоя основания (табл. 23.4).

Таблица 23.4

Ориентировочный расход вяжущих материалов при укреплении грунтов

№ п/п	Вид вяжущего материала	Грунты			
		Крупнообломочные, близкие к оптимальному составу, пески разнозернистые	Пески гравелистые, крупные, средние, мелкие одно-размерные	Супеси легкие крупные, легкие, пылеватые – с числом пластичности > 3	Суглинки тяжелые, тяжелые пылеватые
1	2	3	4	5	6
1	Жидкий нефтяной битум	<u>3-5</u> 66-110	<u>4-6</u> 88-130	<u>5-8</u> 110-180	<u>8-10</u> 180-220
2	Битумная эмульсия (по содержанию битума)	<u>3-5</u> 66-110	<u>4-6</u> 88-130	<u>5-7</u> 110-160	<u>6-7</u> 130-160

1	2	3	4	5	6	
3	Битумными вяжущими совместно с цементом	Битумная эмульсия (жидкий битум)	$\frac{4-5}{88-110}$	$\frac{5-6}{110-130}$	-	-
		Цемент	$\frac{4-7}{88-160}$	$\frac{6-9}{130-200}$	-	-
4	Портланд-цемент	Верхний слой	$\frac{4-8}{80-180}$	$\frac{6-12}{1000-210}$	$\frac{8-12}{160-240}$	$\frac{11-14}{200-250}$
		Нижний слой	$\frac{3-6}{60-120}$	$\frac{4-8}{70-140}$	$\frac{4-7}{80-140}$	$\frac{8-12}{150-220}$
5	Сланцевая зола уноса	15-20	16-24	21-25	-	

Нижний слой основания толщиной 0,16 м создают из материала гравийно-песчаной смеси, укрепленной золой уноса.

5.1. Гравийно-песчаная смесь содержит 40 % гравия и 60 % песка. В зависимости от содержания гравийных частиц (крупнее 5 мм) смеси подразделяются следующим образом:

- менее 5 % – песчаная смесь;
- 5–20 % – песчано-гравийная смесь;
- 20–50 % – гравийно-песчаная смесь;
- 50–80 % – гравийная смесь;
- более 80 % – гравий.

Гравийно-песчаная смесь может применяться в естественном виде (при наличии ее в карьере) либо создаваться как искусственный материал. При этом смесь может быть приготовлена двумя способами:

- 1) в смесительной установке;
- 2) путем вывозки 40 % гравия автосамосвалами, распределения его по поверхности ровным слоем, вывозки 60 % песка автосамосвалами, распределения его по поверхности, перемешивания гравия и песка с помощью автогрейдера с последующим разравниванием и уплотнением.

5.2. Расценки на гравийно-песчаную смесь устанавливают в зависимости от площади и толщины слоя.

Площадь нижнего слоя основания – 9900 м².

Единицы измерения – 1000².

Кол-во единиц – 9,9.

Толщина слоя – 0,16 м.

5.3. Для определения количества золы переходят от плоскости к объему, приняв за основу единицу измерения: $1000 \cdot 0,16 = 160 \text{ м}^3$.

Разбивают этот объем на соответствующее содержание гравия и песка с учетом коэффициента уплотнения 1,1:

гравия – $160 \cdot 0,4 \cdot 1,1 = 70,4 \text{ м}^3$;

песка – $160 \cdot 0,6 \cdot 1,1 = 105,6 \text{ м}^3$.

5.4. Для расчета количества сланцевой золы, необходимой для укрепления песчано-гравийной смеси (20 % от массы смеси), переводят объем грунта в весовую составляющую. Для этого объем умножают на плотность (2,0 т/м³):

смесь – $160 \cdot 2,0 = 320$ т;

сланцевая зола уноса – $320 \cdot 0,2 = 64$ т.

Золу уноса сухого отбора в качестве самостоятельного вяжущего надлежит применять при укреплении крупнообломочных грунтов оптимального и неоптимального гранулометрического состава, супесей, песков гравелистых, крупных, средних, мелких, в том числе пылеватых однородных.

Ориентировочный расход активных зол уноса назначают в 1,5–2,5 раза больше, чем расходы портландцемента.

5.5. Определяют количество добавок. В качестве химических добавок для повышения прочности и морозостойкости укрепленных сланцевыми золами смесей, а также при производстве работ при температуре ниже +10 °С, следует применять электролиты (хлористый кальций, хлористый натрий сернокислый натрий).

Для улучшения качества готовой смеси выбирают добавку хлористого кальция в количестве 0,5 % от массы смеси (табл. 3. ВСН 32–82):

добавка – $320 \cdot 0,005 = 1,6$ т.

Полученные результаты проставляют в качестве нормы в соответствующих графах ведомости потребности в основных дорожно-строительных материалах.

5.6. Расход воды следует назначать с учетом оптимальной влажности укрепленных смесей. Ориентировочное значение оптимальной влажности укрепленных смесей принимают по значениям оптимальной влажности укрепляемых материалов и уточняют с учетом использования добавок (табл. 23.5).

Таблица 23.5

Значения оптимальной влажности

Укрепляемый материал	Значение оптимальной влажности, %
Щебеночно-песчаная смесь	3–5
Гравийно-песчаная смесь	4–8
Щебеночно-гравийно-песчаная смесь	3–4
Пески:	
повышенной крупности	4–6
крупные	6–8
средние	7–9
мелкие	8–10
тонкие	9–11
Супеси	8–14
Суглинки легкие	12–16

Количество воды для гравийно-песчаной смеси принимают по расценке Е27-3-1 равным 18,5 м³.

5.7. Состав работ по укреплению гравийно-песчаной смеси золой уноса включает следующие операции:

- планировка и прикатка дорожного полотна (автогрейдер среднего типа мощностью 99 кВт);
- распределение грунта (автогрейдер среднего типа мощностью 99 кВт);
- размельчение грунта с увлажнением (фрезы навесные на тракторе 121,5 кВт, машина поливомоечная 6000 л);
- распределение золы уноса (распределитель цемента, автоцементовозы);
- перемешивание грунта с золой уноса (фрезы навесные на тракторе 121,5 кВт);
- разравнивание и профилирование (автогрейдер среднего типа мощностью 99 кВт);
- укатка (катки дорожные самоходные на пневмоколесном ходу 16 т, катки дорожные самоходные на пневмоколесном ходу 30 т);
- уход за покрытием с применением пленкообразующего материала (автогудронаторы 3500 л).

6. Верхний слой основания толщиной 0,12 м создают из гравийного материала с добавлением 30 % щебня, обработанных битумной эмульсией.

Единица измерения 1000 м². Количество единиц – 9,62.

6.1. Определяют количество гравия и щебня в общей массе смеси. Рассчитывают объем смеси, с переводом ее в рыхлое состояние, с обозначенной площадью: $1000 \cdot 0,12 \cdot 1,1 = 132 \text{ м}^3$.

Эта смесь состоит из 70 % гравия и 30 % щебня (по условиям задания):

гравий – $132 \cdot 0,7 = 92,4 \text{ м}^3$ (фракции 5–10 мм);

щебень – $132 \cdot 0,3 = 39,6 \text{ м}^3$ (фракции 20–40 мм).

6.2. Расход битумной эмульсии принимают по Е27-68-26 (приготовление черного фракционированного щебня с применением битумной эмульсии для холодной укладки каменных материалов с плотностью 3 т/м³) из расчета расхода эмульсии в количестве 5,77 т на 61,8 м³ щебня. Составляют пропорцию и получают, что на 132 м³ смеси необходимо 12,4 т битумной эмульсии. Записывают эту цифру в столбце 8 (см. табл. 23.3).

Приготавливают битумную эмульсию (27-66-5). Согласно нормам для приготовления 1 т битумной эмульсии необходимо 0,56 т вязкого битума и 0,44 м³ воды.

Следовательно, для приготовления 12,4 т эмульсии необходимо:

вязкого битума – $12,4 \cdot 0,56 = 7,0 \text{ т}$;

воды – $12,4 \cdot 0,44 = 5,5 \text{ т}$.

6.3. Определяют потребность в материалах путем умножения количества единиц на норму расхода на единицу продукции. Результаты вычислений записывают в знаменателе (столбцы 15 и 17, табл. 23.3).

7. Определяют количество горячего щебенистого, пористого асфальтобетона крупнозернистого толщиной слоя 0,08 м, необходимого для устройства нижнего слоя покрытия. Расчет ведут по расценкам Е 27-53-6 (покрытия из горячих асфальтобетонных смесей), Е 27-54-6 (при изменении толщины на 0,5 см) и Е 27-67-13 (приготовление асфальтобетонных смесей на асфальтобетонных заводах).

Единицы измерений – 1000 м².

Количество единиц – 8,5.

7.1. Определяют суммарную расценку на асфальтобетон толщиной 0,08 м: толщина слоя 0,04 м (Е27-53-6) – 95,2 т (табл. 23.6); добавочная расценка на каждые 0,5 см (Е27-54-6):

$$((8 - 4) : 0,5) \cdot 11,9 = 95,2 \text{ т};$$

суммарная расценка:

$$95,2 + 95,2 = 190,4 \text{ т.}$$

Результат записывают в числителе столбца 5 табл. 23.3.

7.2. Определяют количество асфальтобетонной смеси для укладки нижнего слоя покрытия

$$8,5 \cdot 190,4 = 1619 \text{ т.}$$

Результат записывают в знаменатель столбца 5 табл. 23.3.

Таблица 23.6

Норма расхода асфальтобетонной смеси на 1000 м² покрытия толщиной 4 см (СНБ 8.03.127–2000. 19. «Покрытия из горячих асфальтобетонных смесей». Табл. 27-53, стр. 139)

№ п/п	Наименование смеси	Ед. измерения	Толщина, см	
			4	±0,5
1	2	3	4	5
1	Плотная:			
	1) мелкозернистая, типов А, Б, В, плотность каменных материалов 2,5–2,9 т/м ³	т	98,8	12,35
	2) мелкозернистая, типов А, Б, В, плотность каменных материалов 3 и более т/м ³	т	112,4	14,05
	3) крупнозернистая, типов А, Б, плотность каменных материалов 2,5–2,9 т/м ³	т	97,2	12,15
	4) крупнозернистая, типов А, Б, плотность каменных материалов 3 и более т/м ³	т	112,4	14,05
	5) песчаная смесь, типов Г, Д, плотность каменных материалов 2,5–2,9–3 т/м ³	т	96	12,0
2	Пористая:			
	1) крупнозернистая, плотность каменных материалов 2,5–2,9 т/м ³	т	95,2	11,9
	2) крупнозернистая, плотность каменных материалов 3 и более т/м ³	т	112	14,0
	3) мелкозернистая, плотность каменных материалов 2,5–2,9 т/м ³	т	95,6	11,95

1	2	3	4	5
	4) мелкозернистая, плотность каменных материалов 3 и более т/м ³	т	112,4	14,05
3	Высокопористая:			
	1) крупнозернистая, плотность каменных материалов 2,5–2,9 т/м ³	т	96	12,0
	2) крупнозернистая, плотность каменных материалов 3 и более т/м ³	т	112,4	14,1
	3) мелкозернистая, плотность каменных материалов 2,5–2,9 т/м ³	т	96,8	12,1
	4) мелкозернистая, плотность каменных материалов 3 и более т/м ³	т	112,8	14,1
	5) песчаная, плотность каменных материалов 2,5–2,9–3 т/м ³	т	95,2	11,9

7.3. Определяют составляющие компоненты асфальтобетонной смеси. Данные для расчета берут из Е 27-67-13 с учетом того, что единица измерения составляет 100 т (см. табл. 23.3).

Следовательно: $1619 : 100 = 16,19$ (единиц).

7.4. Для приготовления пористой, крупнозернистой асфальтобетонной смеси с плотностью каменных материалов 2,5–2,9 т/м³ из фракционного щебня (гравия) для горячей укладки необходимо (Е27-67-13):

щебня – 36,1 м³;

песка – 29,1 м³;

минерального порошка – 2,01 т;

битума – 5 т;

поверхностно-активных веществ – 0,375 т.

7.5. Зерновые составы минеральной части горячих и теплых смесей для плотных, пористых и высокопористых асфальтобетонов, применяемых в нижних слоях покрытий можно принять по СНиП 1033–2004. Для непрерывных зерновых составов пористых крупнозернистых смесей принимают содержание фракций: 5–10 мм – 35 %; 10–20 мм – 45 %; 20–40 мм – 20 %.

Крупнозернистые фракции:

20–40 мм – $36,1 \cdot 0,35 = 12,7$ м³;

10–20 мм – $36,1 \cdot 0,45 = 16,3$ м³;

5–10 мм – $36,1 \cdot 0,2 = 7,1$ м³.

Количество данных фракций во всем объеме асфальтобетона составляет:

20–40 мм – $12,7 \cdot 16,19 = 206$ м³;

10–20 мм – $16,3 \cdot 16,19 = 264$ м³;

5–10 мм – $7,1 \cdot 16,19 = 115$ м³.

Норму расхода материалов при приготовлении асфальтобетонных смесей принимают по табл. 23.7.

Приготовление асфальтобетонных смесей из фракционного щебня (гравия) для горячей укладки на асфальтобетонных заводах в построчных условиях (СНБ 8.03.127–2000. Раздел 24. Табл. 27-67)

Характеристика смеси	Норма расхода материалов					
	Номер расценки	Щебень, м ³	Песок, м ³	Минеральный порошок, т	Битум, т	ПАВ, т
1	2	3	4	5	6	7
Смесь типа А, плотная мелкозернистая, плотность каменных материалов – 2,5–2,9 т/м ³ , из фракционного щебня (гравия) для горячей укладки	Е 27-67-1	38,1	22,8	6,68	5,61	0,42
Смесь типа Б, плотная мелкозернистая, плотность каменных материалов – 2,5–2,9 т/м ³ , из фракционного щебня (гравия) для горячей укладки	Е 27-67-3	28,2	31,1	8,54	5,92	0,444
Смесь типа В, плотная мелкозернистая, плотность каменных материалов – 2,5–2,9 т/м ³ , из фракционного щебня (гравия) для горячей укладки	Е 27-67-5	18,5	38,3	11,3	6,22	0,466
Смесь типа А, плотная крупнозернистая, плотность каменных материалов – 2,5–2,9 т/м ³ , из фракционного щебня (гравия) для горячей укладки	Е 27-67-7	38,2	22,8	6,68	5,61	0,42
Смесь типа Б, плотная крупнозернистая, плотность каменных материалов – 2,5–2,9 т/м ³ , из фракционного щебня (гравия) для горячей укладки	Е 27-67-9	28,1	31,1	8,54	5,92	0,44
Смесь типа Г, плотная песчаная, плотность каменных материалов – 2,5–2,9 т/м ³ , из фракционного щебня (гравия) для горячей укладки	Е 27-67-11	–	56,6	9,35	7,55	0,566
Смесь типа Д, плотная песчаная, плотность каменных материалов – 3 и более т/м ³ , из фракционного щебня (гравия) для горячей укладки	Е 27-67-12	–	55,4	11,2	7,55	0,566

1	2	3	4	5	6	7
Смесь пористая, крупнозернистая, плотность каменных материалов – 2,5–2,9 т/м ³ , из фракционного щебня (гравия) для горячей укладки	Е 27-67-13	36,1	29,1	2,01	5	0,375
Смесь пористая, мелкозернистая, плотность каменных материалов – 2,5–2,9 т/м ³ , из фракционного щебня (гравия) для горячей укладки	Е 27-67-15	36,1	29,1	2,01	5	0,375
Смесь высокопористая крупнозернистая, плотность каменных материалов 2,5–2,9 т/м ³ , из фракционного щебня (гравия) для горячей укладки	Е 27-67-17	36,8	27,9	3,42	3,16	0,237
Смесь высокопористая, мелкозернистая, плотность каменных материалов – 2,5–2,9 т/м ³ , из фракционного щебня (гравия) для горячей укладки	Е 27-67-19	36,8	27,9	3,42	3,16	0,237
Смесь высокопористая, песчаная, типа Г, из фракционного щебня (гравия) для горячей укладки	Е 27-67-21	–	59,5	7,64	4,9	0,368
Смесь высокопористая, песчаная, типа Д, из фракционного щебня (гравия) для горячей укладки	Е 27-67-22	–	60,9	5,73	4,9	0,368

8. Определяют количество горячего щебенистого асфальтобетона мелкозернистого типа Б марки 1 толщиной слоя 0,07 м, необходимого для устройства верхнего слоя покрытия. Расчет ведут по расценкам Е 27-53-1, Е 27-54-1 и Е 27-67-3.

Единицы измерения – 1000 м².

Количество единиц – 8,5.

8.1. Определяют суммарную расценку на асфальтобетон толщиной 0,08 м: толщину слоя 0,04 м (Е27-53-1) – 98,8 (см. табл. 23.6);

добавочная расценка на каждые 0,5 см (Е27-67-13):

$((7 - 4) : 0,5) \cdot 12,35 = 74,1$;

суммарная расценка: $98,8 + 74,1 = 172,9$.

Результат записывают в числителе столбца 5 табл. 23.3.

8.2. Определяют количество асфальтобетонной смеси для укладки нижнего слоя покрытия

$$8,5 \cdot 172,9 = 1470 \text{ т.}$$

Результат записывают в знаменатель пятого столбика.

8.3. Для приготовления горячего мелкозернистого пористого асфальтобетона типа А, марки 1, толщиной 0,07 м необходимо (Е27-67-1):

щебня – 38,1 м³;

песка – 22,8 м³;

минерального порошка – 6,68 т;

битума – 5,61 т;

поверхностно-активных веществ – 0,42 т.

8.4. Зерновые составы минеральной части горячих и теплых смесей для плотных асфальтобетонов, применяемых в верхних слоях покрытий, можно принять содержание фракций 50 × 50.

Мелкозернистые фракции:

10–20 мм – $38,1 \cdot 0,5 = 19,1 \text{ м}^3$;

5–10 мм – $38,1 \cdot 0,5 = 19,1 \text{ м}^3$.

Количество данных фракций во всем объеме асфальтобетона составляет:

10–20 мм – $19,1 \cdot 14,7 = 281 \text{ м}^3$;

5–10 мм – $19,1 \cdot 14,7 = 281 \text{ м}^3$.

Заключение

Для дороги II технической категории составлена конструктивная схема дорожной одежды, состоящая из двух слоев основания, двух слоев покрытия и подстилающего слоя песка.

В результате расчета определено количество необходимых дорожно-строительных материалов и полуфабрикатов.

Практическая работа № 24

ОБОСНОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ ДОРОЖНОЙ ОДЕЖДЫ СО СЛОЯМИ ИЗ УКРЕПЛЕННЫХ ГРУНТОВ

Введение

Укреплением грунтов называют способ, состоящий из ряда последовательных технологических операций внесения в грунт вяжущих материалов с добавками или без них, равномерного их распределения в общем объеме грунта, придания полученной смеси требуемой плотности и обеспечения условий формирования заданных структурно-механических свойств искусственной смеси.

В зависимости от способности вяжущих веществ к самостоятельному структурообразованию различают следующие методы укрепления грунтов:

1) минеральными вяжущими материалами (портландцементы, вяжущие на основе техногенных отходов: зола уноса (ЗУ), металлургический шлак (МШ). Свойства искусственной смеси и составляющих компонентов регламентируются

СТБ 1521–2005 «Материалы, укрепленные неорганическими вяжущими, для покрытий и оснований автомобильных дорог»;

2) органическими вяжущими материалами (битумы нефтяные, дорожные, жидкие по ГОСТ 11955, эмульсии битумные, дорожные по ГОСТ 18659, битумы нефтяные, дорожные, вязкие по ГОСТ 22245). Свойства смеси и составляющих компонентов регламентируются Межгосударственным стандартом «Смеси органоминеральные и укрепленные органическими вяжущими грунты для дорожного и аэродромного строительства»;

3) синтетическими полимерами (высокомолекулярными смолами, сульфолигниновые, лигнин-протеиновые вещества);

4) фосфатами (технической фосфорной кислотой, двойным и обычным суперфосфатом);

5) комплексными добавками, где помимо основного вышеперечисленного вяжущего материала применяются вещества в качестве добавки, снижающие отрицательный фактор основного вяжущего и усиливающие его положительный эффект.

Грунты, укрепленные вяжущими материалами, могут применяться как конструктивные слои дорожных одежд в качестве основания или покрытия. В соответствии с ТКП 45–3.03–19–2006 грунты и малопрочные каменные материалы, укрепленные вяжущими, могут применяться в качестве покрытия на дорогах переходного и низшего типов IV и V категорий. На облегченных и капитальных покрытиях слои из укрепленного грунта применяются в качестве основания.

При строительстве оснований из укрепленных грунтов на дорогах I, II категорий применяются отряды машин, где ведущей машиной является смесительная карьерная установка (рис. 24.1) или однопроходная грунтосмесительная машина (рис. 24.2). На дорогах III, IV и V категорий применяются отряды, ведущей машиной которых является дорожная фреза (рис. 24.3, 24.4).

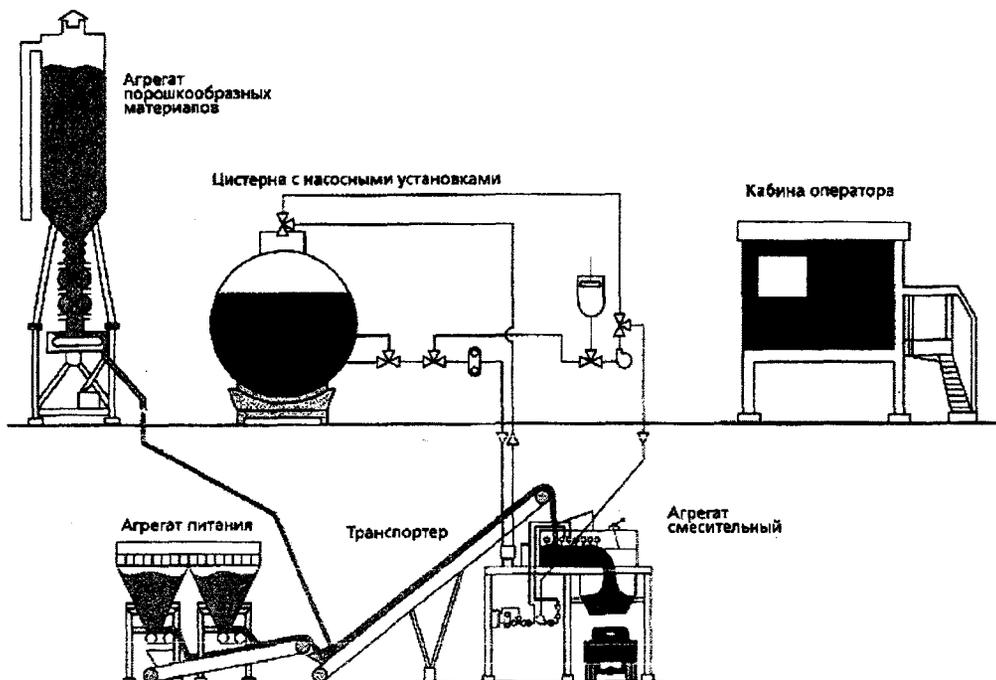


Рис. 24.1. Установка грунтосмесительная

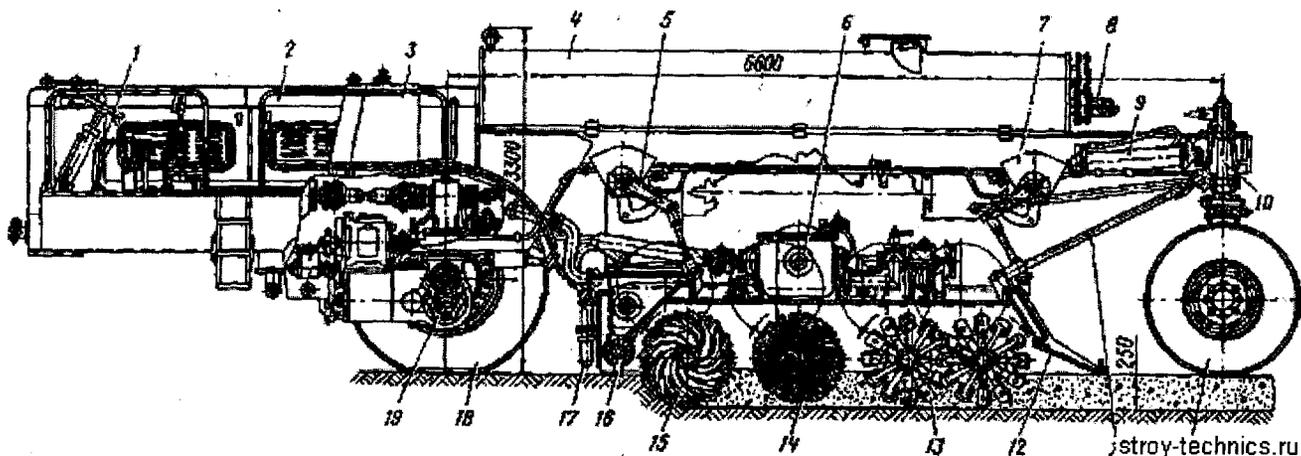


Рис. 24.2. Грунтосмеситель Д-391Б:

- 1 – пульт управления; 2 – двигатель; 3 – топливный бак; 4 – цистерна для воды и битуминозных материалов; 5 – механизм подъема передней части рамы рабочих органов; 6 – привод рабочих органов; 7 – механизм подъема задней части рамы рабочих органов; 8 – форсунка для подогрева битуминозных материалов; 9 – гидроцилиндр поворотного устройства; 10 – поворотное устройство; 11 – задние ведомые поворотные колеса; 12 – задняя планирующая стенка кожуха; 13 – смесительные роторы; 14 – фрезерный ротор; 15 – рыхлительный ротор; 16 – распределительная труба цемента; 17 – распределительная труба битума; 18 – передние ведущие колеса; 19 – трансмиссия ходовой части

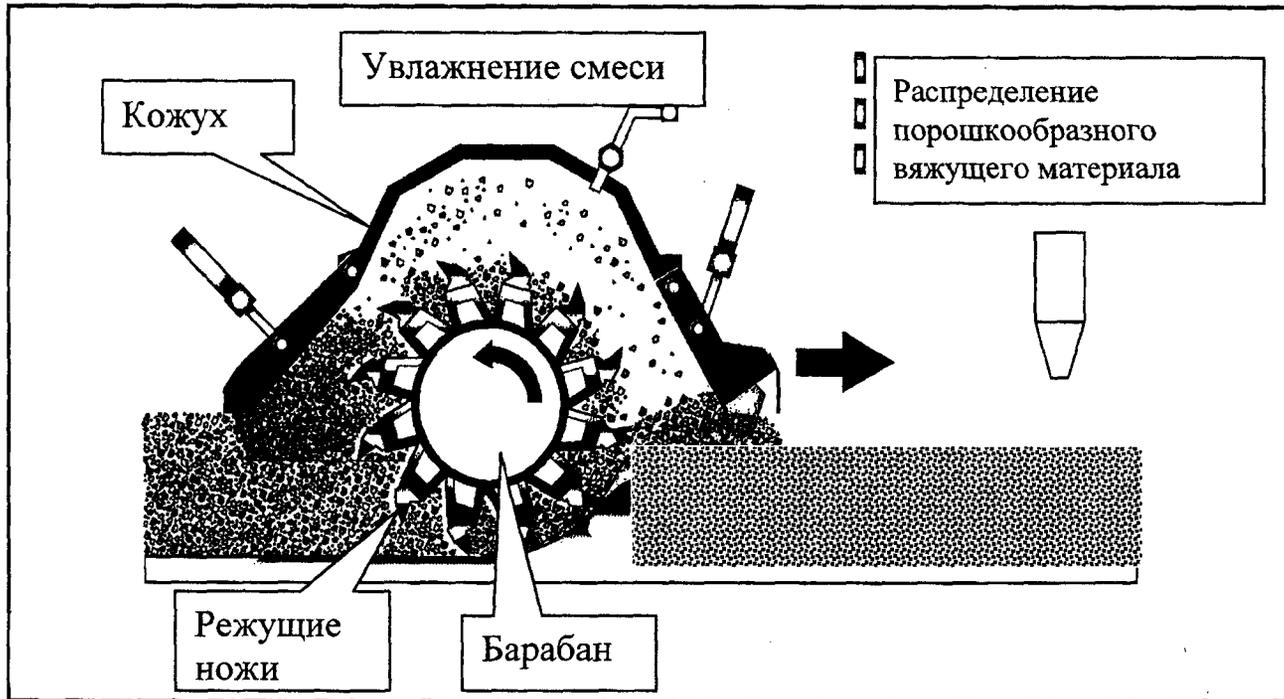


Рис. 24.3. Дорожная фреза



Рис. 24.4. Технологическая схема укрепления грунта:

- 1 – распределение вяжущего материала с помощью распределителя цемента (ДС-72);
 2 – увлажнение грунта до оптимальной влажности с помощью поливочной машины или машины, оборудованной цистерной для перевозки воды; 3 – перемешивание грунта с вяжущим и водой с помощью фрезы (самоходной, прицепной, полуприцепной);
 4 – разравнивание и профилирование смеси вяжущего с грунтом автогрейдером (самоходным, прицепным); 5 – уплотнение смеси катками (самоходными, прицепными)

Задание

1. Определить вид грунта, выбрать вяжущий материал для его укрепления и добавку для улучшения свойств искусственной смеси.
2. Дать характеристику прочностным показателям на основании обозначенного класса прочности.
3. Определить количество вяжущего материала, необходимого для устройства основания.
4. Разработать конструктивную схему дорожной одежды.

Для расчета используются исходные данные, представленные в табл. П24.

Пример расчета

Исходные данные

- | | |
|--|-------------------------------|
| 1. Вариант – | 26. |
| 2. Результаты испытания грунтов: | |
| – размер частиц, м – | нет; |
| – содержание песчаных частиц, % – | 55; |
| – число пластичности – | 5. |
| 3. Цель введения добавки – | ускорение процесса твердения. |
| 4. Прочность укрепленного грунта (УГ) на основе минерального вяжущего вещества (ВВ)– | М40. |

5. Категория дороги –	II.
6. Длина участка, км –	1.
7. Толщина слоев:	
– дорожного покрытия, см –	15.
– основания из УГ, см –	35.

Порядок расчета

1. Определяют тип грунта, выбирают вяжущий материал для его укрепления и добавку для улучшения свойств.

1.1. Тип грунта выбирают по исходным данным с использованием классификационных показателей, представленных в табл. 24.1 и 24.2.

Таблица 24.1

Виды песчаных грунтов по СТБ 943–2007

Вид песчаного грунта	Классификация по гранулометрическому составу
Песок гравелистый	Масса частиц крупнее 2 мм – более 25 %
Песок крупный	Масса частиц крупнее 0,5 мм – более 50 %
Песок средний	Масса частиц крупнее 0,25 мм – более 50 %
Песок мелкий	Масса частиц крупнее 0,1 мм – более 75 %
Песок пылеватый	Масса частиц крупнее 0,1 мм – менее 75 %

Примечание. Учитывая, что в песчаных грунтах допускается содержание пылеватоглинистых фракций до 3 %, то песчаные грунты могут иметь число пластичности $I_p < 1$.

Таблица 24.2

Типы и подтипы глинистых грунтов по ТКП 45–3.03–19–2006

Грунты		Показатели	
Тип	Подтип	Содержание песчаных частиц, % по массе	Число пластичности, I_p
Супесь	Легкая крупная	Более 50	1–7
	Легкая	Более 50	1–7
	Пылеватая	50–20	1–7
	Тяжелая пылеватая	Менее 20	1–7
Суглинок	Легкий	Более 40	7–12
	Легкий пылеватый	Менее 40	7–12
	Тяжелый	Более 40	12–17
	Тяжелый пылеватый	Менее 40	12–17
Глина	Песчанистая	Более 40	17–27
	Пылеватая	Менее 40	17–27
	Жирная	Не нормируется	Более 27

Примечание. Для супесей легких, крупных, учитывается содержание песчаных частиц размерами 2–0,25, для всех остальных грунтов – 2–0,005 мм.

1.2. Вид вяжущего материала выбирают в зависимости от вида грунта в соответствии с табл. 24.3.

1.3. Вид добавки выбирают только для минерального вяжущего и с учетом цели улучшения, обозначенной в исходных данных в соответствии с табл. 24.4. Результаты заносят в табл. 24.5.

Таблица 24.3

Рекомендуемые виды вяжущих материалов

№ п/п	Грунты	Вяжущие материалы и добавки
1	Разнозернистые пески гравелистые, крупные, средние	Портландцемент Битумные эмульсии совместно с цементом или с добавкой извести Золы уноса с цементом или известью
2	Одноразмерные пески крупные, средний, мелкие	Портландцемент с добавкой золы уноса Зола уноса одна или в сочетании с цементом или известью Битумные эмульсии совместно с цементом или с добавкой извести Битумные эмульсии совместно с карбамидными смолами
3	Пески пылеватые Супеси с числом пластичности менее 3	Портландцемент один или с добавкой золы уноса Зола уноса одна или в сочетании с цементом или известью Битумные эмульсии совместно с цементом Битумные эмульсии совместно с карбамидными смолами
4	Супеси легкие крупные, легкие, пылеватые	Портландцемент один или с добавкой золы уноса Битумные эмульсии совместно с цементом или известью
5	Супеси пылеватые, тяжелые пылеватые Суглинки легкие, легкие пылеватые	Портландцемент один или с добавкой извести или золы уноса Зола уноса без добавок или с добавкой извести или цемента Битумные эмульсии совместно с цементом или с добавкой извести Битумные эмульсии совместно с карбамидными смолами
6	Суглинки тяжелые, тяжелые пылеватые	Портландцемент один или с добавкой извести Жидкие битумы с добавкой извести
7	Глины песчанистые, пылеватые с числом пластичности более 22	Портландцемент с добавкой извести Жидкие битумы с добавкой извести
8	Глины с числом пластичности до 27	Известь

**Основные химические добавки и добавки органических вяжущих,
применяемые для приготовления материалов,
укрепленных минеральными вяжущими (СТБ 1521–2005)**

Цель введения добавки в укрепленные смеси	Наименование добавки	Условное обозначение
Повышение водо- и морозостойкости материалов, укрепленных цементом	Лигносульфوناتы технические (модифицированные) Гидрофобизаторы катионные Смола древесная омыленная Побочный продукт производства капролактама	ЛСТ ГК-Б СДО ЩСПК
Повышение деформативности, прочности, водо- и морозостойкости материалов, укрепленных цементом	Жидкий битум Эмульсии битумные анионные	ЖБ ЭБ
Ускорение процессов твердения, повышение прочности, водо- и морозостойкости материалов, укрепленных цементом	Хлорид кальция Сульфат железа Сульфат натрия (натрий сернокислый) Едкий натрий (каустическая сода) Нитрат кальция	ХК СЖ СН ЕН НК
Ускорение процессов твердения, повышения прочности, водо- и морозостойкости материалов, укрепленных золой уноса от сжигания горючих сланцев	Хлорид кальция Хлорид натрия	ХК ХН
Противоморозные добавки	Хлорид натрия Хлорид кальция Кальций углекислый (поташ)	ХН ХК П

2. Определяют прочностные показатели укрепленного грунта в зависимости от марки прочности для выбранного минерального вяжущего или условий испытания для выбранного органического вяжущего. Результаты заносят в табл. 24.5.

2.1. Грунты, укрепленные минеральными вяжущими, характеризуются показателями, представленными в табл. 24.6.

2.2. Грунты, укрепленные органическими вяжущими, характеризуются показателями, представленными в табл. 24.7.

3. Определяют количество вяжущего материала, необходимого для устройства основания.

3.1. По табл. 24.8, 24.9 и 24.10, в зависимости от вида вяжущего материала, определяют процент его содержания в массе искусственной смеси. Результат заносят в табл. 24.5.

Результаты обоснования конструкции дорожной одежды

№ варианта	Результаты испытания грунтов (исходные данные)			Вид грунта	Вид вяжущего	Цель добавки (исходные данные)	Вид добавки	Прочностные требования (исходные данные)	Предел прочности при сжатии, МПа	Плотность грунта, г/см ³	Вес грунта	Количество вяжущего материала	
	Размер частиц, мм	Содержание песчаных частиц, %	Число пластичности									ориентированное, %	для всего участка, т
26	—	55	5	супесь легкая	портландцемент	ускоренные процессы твердения	едкий натрий (каустическая сода) ЕН	М 40	4,0	1,7	4969	10	497

Таблица 24.6

Прочностные результаты материалов, укрепленных минеральными вяжущими, в соответствии с марками по прочности (СТБ 1521–2005)

Марка по прочности на сжатие	Предел прочности, МПа, не менее		Водопоглощение свыше оптимальной влажности после испытаний на морозостойкость, % не более
	на сжатие	на растяжение при изгибе	
М 20	2,0	0,4	4,0
М 40	4,0	0,8	
М 60	6,0	1,2	2,0
М 75	7,5	1,5	
М 100	10,0	2,0	1,0

Физико-механические показатели свойств грунтов, укрепленных органическими вяжущими (Межгосударственный стандарт)

Наименование показателей	Значение показателей	
	С жидкими или эмульгированными органическими вяжущими	С жидкими или эмульгированными органическими вяжущими совместно с минеральными вяжущими
1. Предел прочности при сжатии, МПа, при температурах а) 20 °С, не менее б) 50 °С, не менее	1,0 0,5	1,5 –
2. Предел прочности при сжатии водонасыщенных образцов при 20 °С, МПа, не менее	0,6	1,0
3. Предел прочности на растяжение при изгибе водонасыщенных образцов при 20 °С, МПа, не менее	–	0,4
4. Морозостойкость, число циклов	10, 15, 25, 50	10, 15, 25, 50
5. Водонасыщение, % по объему, не более	12	12
6. Набухание, % по объему, не более	4,0	2,0

Примечание. Морозостойкость укрепленных грунтов характеризуют числом циклов замораживание-оттаивание, при которых потеря предела прочности водонасыщенных образцов при сжатии при температуре 20 °С не превышает:

40 % при применении жидких и эмульгированных органических вяжущих;

30 % при применении органических вяжущих совместно с минеральными вяжущими.

Таблица 24.8

Ориентировочный расход минеральных вяжущих в зависимости от требуемой марки по прочности на сжатие укрепленных грунтов (СТБ 1521–2005)

Укрепляемые грунты	Дозировка цемента, % по массе укрепленных смесей, для получения укрепленных материалов марок по прочности на сжатие			
	М 20	М 40	М 60	М 75
1	2	3	4	5
Пески гравелистые Пески крупные	6–7	8–9	9–10	11–12
Пески средние Пески мелкие Пески пылеватые	8–9	10–11	12–13	–

1	2	3	4	5
Супеси легкие крупные, легкие, пылеватые, тяжелые пылеватые	8–9	10–11	12–13	–
Суглинки легкие Суглинки легкие пылеватые	8–9	10–11	12–13	–

Таблица 24.9

Ориентировочный расход золы уноса от сжигания горючих сланцев при удельной поверхности, равной $180 \text{ м}^2/\text{кг}$ ($1800 \text{ см}^2/\text{г}$) и содержании CaO (своб.), равном 10 % (СТБ 1521–2005)

Укрепляемые грунты	Дозировка золы уноса, % по массе укрепленных смесей, для получения укрепленных материалов марок по прочности на сжатие	
	М 40	М 50
Пески гравелистые Пески крупные	14–16	15–18
Пески средние Пески мелкие Пески пылеватые	17–19	20–22
Супеси легкие крупные, легкие, пылеватые, тяжелые пылеватые	17–19	20–22
Суглинки легкие Суглинки легкие пылеватые	17–19	20–22

Таблица 24.10

Ориентировочный расход органических вяжущих

Грунты	Ориентировочный расход органических вяжущих, %	
	Жидкий нефтяной битум	Битумная эмульсия
Пески гравелистые Пески крупные Пески средние Супеси легкие крупные	3–5	3–5
Пески мелкие Супеси легкие	4–6	4–6
Супеси пылеватые Супеси тяжелые пылеватые Суглинки легкие Суглинки легкие пылеватые	5–8	5–7
Суглинки тяжелые Суглинки тяжелые пылеватые Глины с числом пластичности не более 22	8–10	6–7

3.2. Вычерчивают схему дорожной одежды с обозначением ширины земляного полотна и проезжей части, в зависимости от категории дороги, толщины слоев покрытия и основания (рис. 24.5).

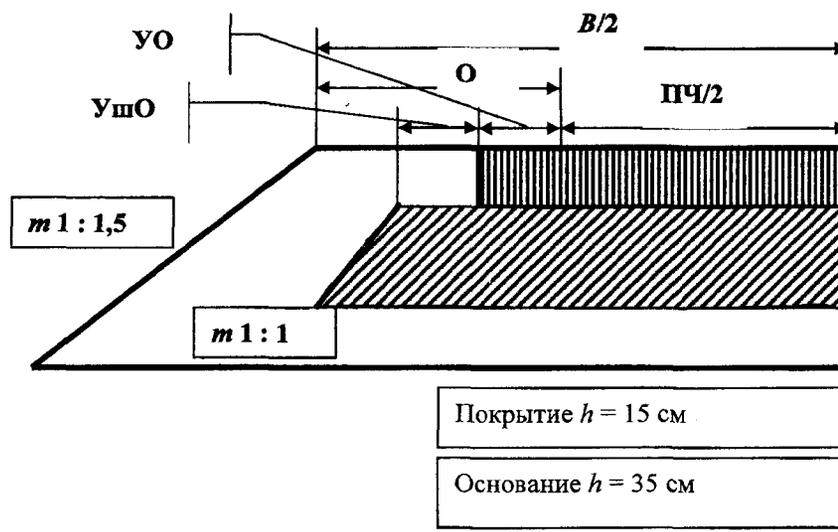


Рис. 24.5. Схема дорожной одежды:
 B – ширина дорожного полотна; ПЧ – ширина проезжей части; O – обочина;
 $УО$ – укрепленная обочина; $УшО$ – уширение основания

3.3. По табл. 24.11 определяют плотность грунта ($\rho = 1,7 \text{ г/см}^3$).

Таблица 24.11

Значения плотностей грунта

№ п/п	Наименование грунта	Плотность частиц грунта $\rho_s, \text{ г/см}^3$	Плотность в естественном залегании, $\rho, \text{ г/см}^3$	Плотность сухого грунта $\rho_d, \text{ г/см}^3$
	Песок гравелистый	2,60	1,75	1,59
	Песок крупный	2,64	1,6	1,45
	Песок средний	2,65	1,6	1,45
	Песок мелкий	2,66	1,7	1,54
	Песок пылеватый	2,69	1,8	1,63
	Супесь легкая крупная	2,66	1,6	1,45
	Супесь легкая	2,68	1,7	1,54
	Супесь пылеватая	2,68	1,8	1,63
	Супесь тяжелая пылеватая	2,70	1,81	1,64
	Суглинок легкий	2,70	1,8	1,63
	Суглинок легкий пылеватый	2,67	1,82	1,65
	Суглинок тяжелый	2,71	1,85	1,61
	Суглинок тяжелый пылеватый	2,72	1,85	1,62
	Глина песчанистая	2,71	1,9	1,65
	Глина пылеватая	2,73	1,95	1,66

3.4. В соответствии с исходными данными определяют объем и вес грунта, служащего основанием дорожному покрытию:

для II категории дороги ширина проезжей части равна – 7 м;

ширина уширения основания – 0,5 м;

толщина основания – 0,35 м;

заложение откоса основания – 1 : 1.

Определяют ширину верха основания: $(7 + 2 \cdot 0,75) + 2 \cdot 0,5 = 9,5$ м.

Определяют ширину низа основания: $9,5 + 2 \cdot 0,35 = 10,2$ м.

Определяют среднюю линию трапеции: $(9,5 + 10,2) : 2 = 9,85$ м.

Определяют объем грунта основания: $9,85 \cdot 1000 \cdot 0,35 = 2923$ м³.

Определяют вес грунта: $2923 \cdot 1,7 = 4969$ т.

3.5. Рассчитывают количество вяжущего материала: $4969 \cdot 0,1 = 496,9$ т.

4. Разрабатывают конструктивную схему дорожной одежды.

4.1. Из каталога дорожных одежд (табл. 24.12) выбирают конструкцию с учетом используемого материала.

Таблица 24.12

Конструкции дорожных одежд

№ п/п	Покрытие	Толщина, см	Основание			
			Верхний слой	Толщина	Нижний слой	Толщина
1	2	3	4	5	6	7
1	Монолитный или сборный цементобетон	20 и более	Грунт, укрепленный цементом с добавками и без	12–20		
2	Монолитный песчаный цементобетон	18–24	Грунт, укрепленный цементом с добавками и без	10–20		
3	Двухслойный горячий асфальтобетон	9–12	Грунт, укрепленный цементом	12–18	Грунт, укрепленный бит. эмульс.	12–18
4	Двухслойный горячий асфальтобетон	9–12	Цементогрунт	15–20		
5	Двухслойный горячий асфальтобетон	9–12	Грунт, укрепленный битумной эмульсией совместно с цементом	15–20	Грунт, укрепленный золой уноса с добавкой цемента или извести	12–20
6	Двухслойный горячий асфальтобетон	9–12	Цементогрунт М 60, М 75	15–20	Цементогрунт М 20, М 40	12–20
7	Цементогрунт	8–12	Грунт, укрепленный золой уноса в сочетании с цементом или известью	12–20	Цементогрунт М 20, М 40	12–20

1	2	3	4	5	6	7
8	Цементогрунт	8–12	Грунт, укрепленный битумной эмульсией совместно с цементом или известью	12–20	Грунт, укрепленный битумом	12–20
9	Двойная поверхностная обработка	2–3	Цементогрунт М 60, М 75	12–20		
	Грунт, укрепленный битумной эмульсией совместно с цементом	8–16				
10	Двойная поверхностная обработка	2–3	Грунт, укрепленный жидким битумом	12–20	Грунт, укрепленный золой уноса в сочетании с цементом или известью	12–20
	Грунт, укрепленный битумной эмульсией совместно с цементом	8–16				
11	Теплый или холодный асфальтобетон	3–6	Грунт, укрепленный жидким битумом совместно с цементом	12–25	Грунт, укрепленный золой уноса	12–25
12	Битумоминеральные смеси горячие теплые, холодные	3–8	Грунт укрепленный битумной эмульсией совместно с цементом или известью	12–22	Грунт, укрепленный золой уноса в сочетании с цементом или известью	12–22

4.2. Вычерчивают конструктивную схему дорожной одежды, соблюдая пропорцию в слоях (рис. 24.6).

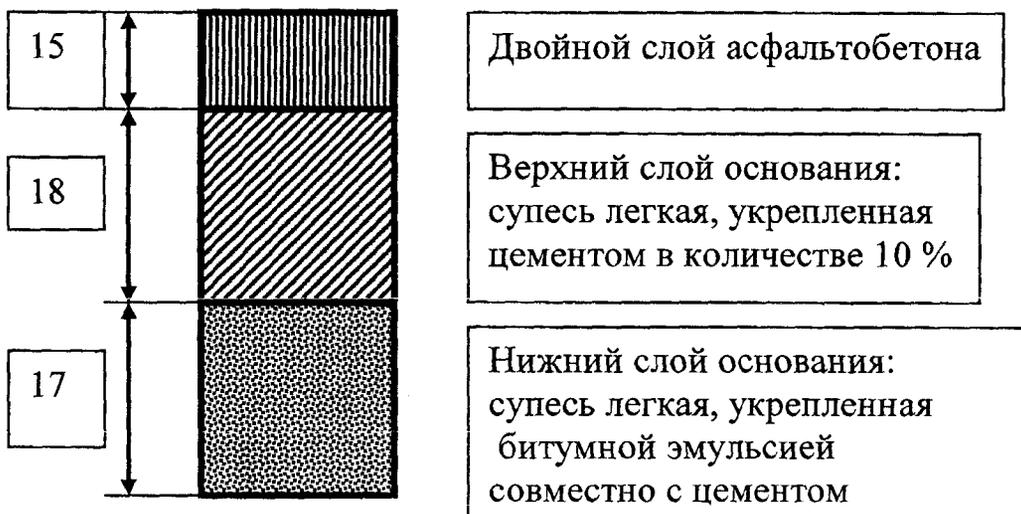


Рис. 24.6. Конструктивная схема дорожной одежды

Заключение

На основании исходных данных определены:

вид грунта (супесь легкая);

вид вяжущего материала (портландцемент);

вид добавки (едкий натрий);

Укрепленный грунт характеризуется пределом прочности при сжатии равным 4,0 МПа.

Для получения установленных прочностных показателей необходимо 10 % цемента.

Конструкция дорожной одежды состоит из трех слоев:

покрытие толщиной 15 см;

верхний слой основания – 18 см;

нижний слой основания – 17 см.

Практическая работа № 25

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЛИЧЕСТВА ЦЕМЕНТА ДЛЯ УКРЕПЛЕНИЯ ГРУНТА И СТАТИСТИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ЛАБОРАТОРНЫХ ИСПЫТАНИЙ

Введение

Цементогрунт или грунт, укрепленный цементом, представляет собой искусственно созданный строительный материал, в котором грунтовые частицы связаны в монолит цементным камнем, взятым в количестве не менее 4 % и не более 20 % от общей массы.

Портландцемент представляет собой гидравлическое вяжущее, получаемое тонким измельчением клинкера с гипсом и со специальными добавками. Приготовление цемента может осуществляться сухим (рис. 25.1) и мокрым (рис. 25.2) способами. При сухом способе шихта в тонко измельченном виде поступает на обжиг. При мокром способе приготовление сырьевой смеси происходит измельчением смеси в водной среде с поступлением ее на обжиг в виде шлама-суспензии.

Клинкер получают обжигом до спекания тонкодисперсной однородной сырьевой смеси, состоящей из известняка и глины, а также некоторых других материалов (мергеля, доменного шлака и пр.). Химический состав клинкера колеблется в широких пределах. Главные оксиды цементного клинкера – оксид кальция CaO (63–66 %), двуоксид кремния SiO_2 (21–24 %), оксид алюминия Al_2O_3 (4–8 %), оксид железа Fe_2O_3 (2–4%), суммарное содержание которых 95–97 %.



Рис. 25.1. Схема производства цемента сухим способом

Основными минералами цементного клинкера являются:

- алит $3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ (C_3S) – 40–65 %;
- белит $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ (C_2S) – 15–40 %;
- трехкальциевый алюминат $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ (C_3S) – 3–15 %;
- четырехкальциевый алюмоферрит $4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$ (C_4AS) – 10–20 %.

При цементации грунтов происходят следующие процессы:

химические – гидратация и гидролиз цементных зерен;

физико-химические – обменное поглощение продуктов гидролиза цемента тонкодисперсной частью грунта, необратимая коагуляция, микроагрегирование и цементация;

физические и механические – размельчение грунта и перемешивание с цементом.

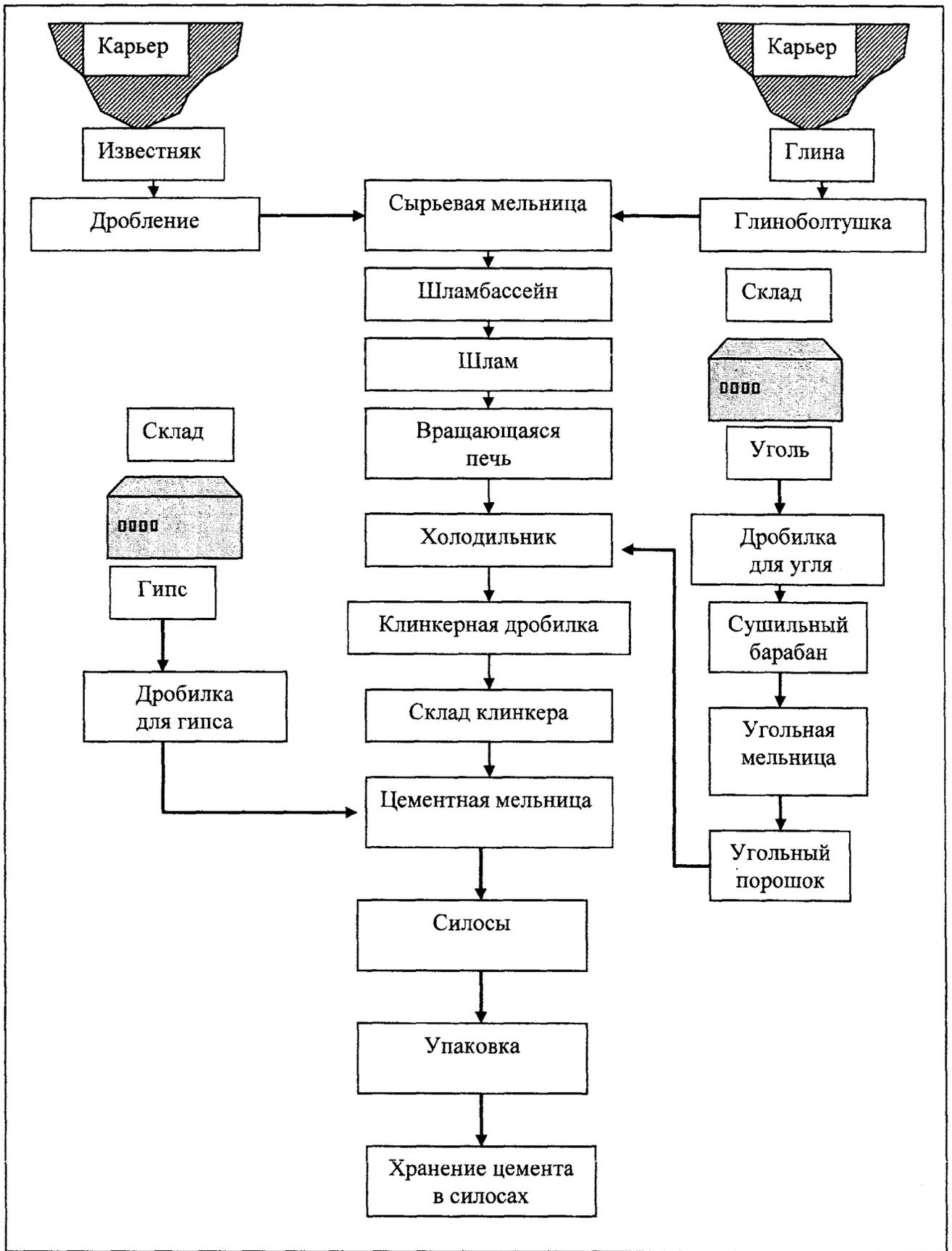


Рис. 25.2. Схема производства цемента мокрым способом

В процессе структурообразования (гидратации и гидролиза цемента) происходит переход в раствор гидрата окиси кальция, перенасыщение им раствора и образование гидроалюминатов, гидросиликатов кальция и других гидратов. Возникшие кристаллы начинают расти, переплетаться между собой и срашиваться, формируя кристаллизационную структуру.

Минералогический и химический составы грунта оказывают существенное влияние на прочность цементогрунта.

Наличие в грунте минералов монмориллонитовой группы сильно снижает прочность кристаллизационной структуры. И наоборот, присутствие минералов группы каолинита придает укрепленному грунту высокую прочность и водостойкость. Наиболее высокие показатели прочности достигаются при укреплении грунта алитовым портландцементом, а самые низкие – алюминатным портландцементом грубого помола.

Для приготовления укрепленных материалов (СТБ 1521–2005) следует применять портландцемент по ГОСТ 10178 и СТБ ЕН 197–1 следующих типов:

- бездобавочный портландцемент ПЦ-ДО-Н, ПЦ-ДО;
- портландцемент с добавками ПЦ-Д5-Н, ПЦ-Д5, ПЦ-Д20-Н, ПЦ-Д20, содержащий в качестве активной минеральной добавки гранулированный доменный шлак в количестве не более 15 % по массе.

Прочность грунта, укрепленного цементом, регламентируется данными табл. 25.1. С результатами, представленными в таблице, сравниваются данные, полученные путем статистической обработки результатов лабораторных исследований.

Таблица 25.1

Прочностные результаты материалов, укрепленных минеральными вяжущими в соответствии с марками по прочности (СТБ 1521–2005)

Марка по прочности на сжатие	Предел прочности, МПа, не менее		Водопоглощение свыше оптимальной влажности после испытаний на морозостойкость, %, не более
	На сжатие	На растяжение при изгибе	
М 20	2,0	0,4	4,0
М 40	4,0	0,8	
М 60	6,0	1,2	2,0
М 75	7,5	1,5	
М 100	10,0	2,0	1,0

Статистическая обработка заключается в определении следующих показателей:

среднеарифметическое значение рассматриваемых случайных величин

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}, \quad (25.1)$$

где x_i – результаты, полученные при испытании образцов;

n – число наблюдений;

среднее квадратичное отклонение

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X})^2}{n-1}}; \quad (25.2)$$

коэффициент вариации, характеризующий изменчивость рассматриваемого признака:

$$C_v = \frac{100\sigma}{\bar{X}}; \quad (25.3)$$

средняя ошибка определения среднеарифметического значения величины

$$m = \frac{t \cdot \sigma}{\sqrt{n}}, \quad (25.4)$$

где t – гарантийный коэффициент, определяемый по интегралу вероятности Лапласа (при $t = 1$ значение X будет подтверждено в 683 случаях из 1000, при $t = 1,3$ – в 800 случаях, при $t = 2$ – в 995 случаях);

показатель точности

$$P = \frac{100m}{\bar{X}}.$$

Минеральными вяжущими укрепляют следующие материалы:

- щебеночно-песчаные смеси;
- гравийно-песчаные смеси;
- щебеночно-гравийно-песчаные смеси;
- песок;
- крупнообломочные, песчаные и пылевато-глинистые грунты с числом пластичности не более 12.

Наращение прочности во времени происходит по логарифмическому закону:

$$R_{28} = R_n \frac{\lg 28}{\lg n}.$$

Задание

1. Определить марку по прочности на сжатие грунта, укрепленного цементом.
2. Построить диаграмму изменения прочности цементогрунта в зависимости от вида грунта и дозировки вяжущего.
3. Определить количество воды в грунте, соответствующее оптимальному значению, и рассчитать расход при увлажнении поливомоечной машиной.

Для расчета используются исходные данные, представленные в табл. П25

Пример расчета

Исходные данные

1. Вариант –	26.
2. Вид грунта –	супесь.
3. Плотность грунта, г/см ³ –	1,85.
4. Естественная влажность грунта, % –	8.
5. Оптимальная влажность, % –	14.
6. Категория дороги –	III.
7. Слой увлажняемого грунта, м –	0,14.
8. Предел прочности при сжатии образцов 7-суточного возраста, МПа –	3,00; 3,10; 3,20; 2,85; 2,90; 2,75.
9. Гарантийный коэффициент –	1,7.
10. Емкость цистерны поливомоечной машины –	5 т.

Порядок расчета

1. Определяют марку по прочности на сжатие грунта, укрепленного цементом.

1.1. Определяют предел прочности при сжатии образцов цементогрунта при 28-суточном хранении

$$R_{28} = R_n \frac{\lg 28}{\lg n} = 3,0 \frac{\lg 28}{\lg 7} = 5,14 \text{ МПа.}$$

Полученные значения прочности записывают в табл. 25.2.

Таблица 25.2

Расчет прочностных показателей

Предел прочности в 7-суточном возрасте	3,00	3,10	3,20	2,85	2,90	2,75
Предел прочности в 28-суточном возрасте	5,14	5,31	5,48	4,88	4,96	4,71

1.2. Обработку первичных данных начинают с их группировки и сведения в статистические таблицы. При небольшом числе опытов (до 15–20) данные наблюдений обычно размещают в порядке их возрастания или убывания. Получают так называемый ранжированный ряд.

1.3. Проводят статистическую обработку результатов испытаний. Результаты обработки заносят в табл. 25.3.

Таблица 25.3

Статистическая обработка результатов испытаний

№ п/п	Первичные данные, X_i	\bar{X}	$x_i - \bar{X}$	$(x_i - \bar{X})^2$	σ	C_v	m	P
11	5,14	5,08	0,06	0,0036	0,2856	5,622	0,198	3,9
12	5,31		0,23	0,0529				
13	5,48		0,40	0,16				
14	4,88		-0,20	0,04				
15	4,96		-0,12	0,0144				
16	4,71		-0,37	0,1369				
Сумма	30,48		0	0,4078				

Опыт считается точным при $P < 2\%$; удовлетворительным при $2 < P < 5$; неудовлетворительным, требующим переделки и испытания новых образцов, при $P > 5$. При $P = 3,9$ опыт считается удовлетворительным.

В этом случае по среднеарифметическому значению результатов испытаний и табл. 25.2 определяют марку смеси М 40.

2. Построить диаграмму изменения прочности цементогрунта в зависимости от вида грунта и дозировки вяжущего. Для построения используют результаты лабораторных исследований, приведенные в табл. 25.4.

Построение диаграммы проводят в прямоугольных координатах (рис. 25.3). На основании построенной диаграммы можно заключить, что прочность гравийно-песчаной смеси, укрепленной 10 % цемента, составляет 9,8 МПа, а 5 % – 5,0 МПа.

**Изменение прочности образцов, в зависимости от вида грунта
и дозировки вяжущего материала**

Наименование грунта	Предел прочности при сжатии (МПа) в зависимости от вида грунта и дозировки цемента	
	5 %	10 %
Песчано-гравийная смесь	5,0	9,8
Разнозернистый песок	5,0	9,6
Одномерный мелкий песок	1,2	3,5
Легкий суглинок	2,6	3,5
Пылеватая глина	2,8	5,0
Жирная глина	1,2	1,4



Рис. 25.3. Диаграмма изменения прочности

3. Определяют количество добавляемой в грунт воды для достижения ее оптимального значения и количество рейсов поливочной машины.

3.1. Определяют объем грунта полосы длиной 100 м, который необходимо увлажнить до оптимального значения. Для III категории дороги ширина дорожного полотна составляет 12 м (табл. 25.5). Слой увлажняемого грунта – 0,14 м. Рассчитывают объем

$$V = 100 \cdot 12 \cdot 0,14 = 168 \text{ м}^3.$$

Таблица 25.5

Параметры поперечного профиля дорожного полотна

Категория дороги	Ia	Iб	Iв	II	III	IV	V	VIa	VIб
Ширина дорожного полотна, м	24,5 32	22 29	22 29	13	12	10	8	6,5	4,5

3.2. Определяют вес грунта

$$P = V \cdot \rho = 168 \cdot 1,85 = 310,8 \text{ т/м}^3.$$

3.3. Определяют количество добавляемой воды

$$Q_w = \frac{P(W_{\text{опт}} - W)}{\rho_w (1+W)} = \frac{310,8 \cdot (0,14 - 0,08)}{1 \cdot (1 + 0,08)} = 17,3 \text{ т},$$

где P – вес грунта, т/м³;

$W_{\text{опт}}$ – оптимальная влажность грунта (доли единицы);

W – естественная влажность грунта (доли единицы);

ρ_w – плотность воды (1 т/м³).

3.4. Определяют количество рейсов поливомоечной машины с цистерной емкостью 5 т воды:

$$n = \frac{Q_w}{V_{\text{цистерны}}} = \frac{17,3}{5} = 3,5 \approx 4.$$

Заключение

Результаты лабораторных исследований свидетельствуют о том, что образцы грунта, укрепленного цементом, соответствуют марке М 40.

Данные построенной диаграммы показывают, что наибольшие прочностные результаты характерны для укрепления песчано-гравийной смеси цементом в количестве 10 %.

Для увлажнения дорожного полотна автомобильной дороги III категории до оптимального состояния необходимо 17,3 т воды, которая может быть доставлена на объект строительства поливомоечной машиной с емкостью цистерны 5 т за четыре рейса.

Практическая работа № 26

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММЫ ПО УКРЕПЛЕНИЮ ГРУНТА МИНЕРАЛЬНЫМ ВЯЖУЩИМ МАТЕРИАЛОМ

Введение

Материалы, укрепленные минеральными вяжущими, представляют собой искусственный монолитный дорожно-строительный материал в виде уплотненной и затвердевшей смеси, отвечающей нормируемым физико-механическим показателям.

Прочность укрепленных материалов характеризуют маркой. В зависимости от конструктивного слоя дорожной одежды марка по прочности укрепленных материалов должна соответствовать данным, указанным в табл. 26.1.

Таблица 26.1

Марка по прочности укрепленных материалов

Тип дорожной одежды	Вид покрытия	Категория дороги	Марка по прочности на сжатие
Основание дорожной одежды капитального типа	Цементобетонное покрытие	Ia, Ib, Ib, II	M 100
		III	M 75
		IV, V, VIa, VIб	M 40, M 60;
	Асфальтобетон из плотных смесей марки I и II, укладываемых в горячем и теплом состояниях	Ia, Ib, Ib, II	M 60, M 75
III, IV, VIa, Vб		M 40, M 60	
Основание дорожной одежды облегченного типа	Асфальтобетон из плотных смесей марки I, укладываемых в холодном состоянии; Марки III укладываемых в горячем и теплом состоянии; Марки II укладываемых в холодном состоянии	II, IV	M 40, M 60
		V, VIa, VIб	M 20–M 60

Для приготовления укрепленных материалов при устройстве оснований под цементобетонные покрытия автомобильных дорог категорий Ia, Ib, Ib, II применяют портландцемент следующих типов:

- бездобавочный портландцемент ПЦ-ДО-Н, ПЦ-ДО;
- портландцемент с добавками ПЦ-Д5-Н, ПЦ-Д5, ПЦ-Д20-Н, ПЦ-Д20, содержащий в качестве активной минеральной добавки гранулированный доменный шлак в количестве не более 15 % по массе;
- портландцемент типа ЦЕМ 1-го класса прочности.

Для приготовления укрепленных смесей при устройстве оснований под асфальтобетонные покрытия автомобильных дорог категорий Ia, Ib, Ib, II кроме вышеуказанных допускается применять цементы:

- сульфатостойкий бездобавочный и шлакопортландцемент;
- портландцемент и сульфатостойкий портландцемент, содержащие в качестве активных минеральных добавок гранулированный доменный шлак и трепел в соотношении не менее 1 : 1;
- шлакопортландцемент, содержащий в качестве активной минеральной добавки гранулированный доменный шлак в количестве не более 40 % по массе;

Для приготовления укрепленных смесей при устройстве оснований под асфальтобетонные покрытия на автомобильных дорогах III, IV, V, VIa, VIб категорий допускается применять:

– гидравлические вяжущие на основе металлургических шлаков и активаторов твердения;

– активные золы уноса.

Ориентировочные расходы портландцемента М 40 принимают по табл. 26.2. При применении портландцемента М 30 следует увеличить расход с учетом коэффициента 1,12, при применении портландцемента М 40 – 0,87.

Таблица 26.2

Расход цемента по ТКП 028–2006

Укрепляемый материал	Расход цемента, % массы укрепленных смесей, для получения укрепленных материалов марки по прочности				
	М 20	М 40	М 60	М 75	М 100
Щебеночно-песчаные смеси оптимального зернового состава	не применяют	5–6	6–7	8–9	9–10
Щебеночно-песчаные смеси неоптимального зернового состава	5–6	6–7	7–8	9–10	не применяют
Гравийно-песчаные и щебеночно-гравийно-песчаные смеси оптимального зернового состава	не применяют	8–9	9–10	11–12	13–14
Гравийно-песчаные и щебеночно-гравийно-песчаные смеси неоптимального состава, пески гравелистые, крупные	6–7	8–9	9–10	11–12	не применяют
Пески мелкие, пылеватые, супеси и суглинки с числом пластичности не более 12	8–9	10–11	12–13	не применяют	не применяют

Расход активных зол уноса и гидравлических вяжущих на основе металлургического шлака и активаторов твердения назначают в 1,5–2,5 раза больше, чем расход портландцемента, указанный в табл. 26.2.

Грунты должны отвечать требованиям СТБ 943–2007 и иметь значение показателя рН водной вытяжки не менее 7 при укреплении цементом или гидравлическим вяжущим на основе металлургического шлака, значение рН не менее 4 – при укреплении активной золой уноса. Содержание гумусовых веществ в грунтах должно быть не более 2 % по массе.

В глинистых грунтах содержание комков глины размером более 5 мм должно быть не более 25 % по массе, в том числе размером более 10 мм – не более 10 %.

Вода, применяемая для затворения смеси, должна соответствовать требованиям СТБ 1114. Максимально допустимое содержание растворимых солей в

воде не должно превышать 10000 мг/л, в том числе ионов SO_4 – 2700 мг/л, Cl – 3500 мг/л. Расход воды назначают с учетом оптимальной влажности укрепленных смесей. Ориентировочное значение оптимальной влажности принимают по значениям, указанным в табл. 26.3.

Таблица 26.3

Оптимальная влажность укрепляемого материала

Укрепляемый материал	Значение оптимальной влажности, %
Щебеночно-песчаная смесь	3–5
Гравийно-песчаная смесь	4–8
Щебеночно-гравийно-песчаная смесь	3–4
Пески:	
гравелистые и повышенной крупности	4–6
крупные	6–8
средние	7–9
мелкие	8–10
пылеватые и очень мелкие	9–11
Супеси	8–14
Суглинки легкие	12–16

Ориентировочный расход добавок, применяемых с целью улучшения физико-механических свойств укрепленных материалов, принимают в соответствии с табл. 26.4.

Таблица 26.4

Расход применяемых добавок

Цель введения добавки	Наименование добавки	Обозначение добавки	Дозировка добавки, % массы цемента
1	2	3	4
Повышение водостойкости и морозостойкости	Лигносульфونات (модифицированные)	ЛСТ (ЛСТМ)	0,25–0,5
	Смола древесная омыленная	СДО	0,015
	Пластификатор	С-3	0,025
	Добавка СПС	СПС	0,5–0,8
	Побочный продукт производства капролактама	ЩСПК (ЩСПК-М)	0,6–1,0
Повышение деформативности, прочности, водостойкости, морозостойкости	Жидкий битум	ЖБ	1,0–3,0
	Эмульсии битумные анионные	ЭБ	2,0–6,0

1	2	3	4
Ускорение процессов твердения, повышение прочности, водостойкости, морозостойкости	Хлорид кальция	ХК	0,5–1,5
	Сульфат железа	СЖ	0,5–1,5
	Сульфат натрия	СН	0,5–1,0
	Едкий натр	ЕН	0,5–2,0
	Нитрат кальция	НК	0,5–1,5
	Полиметаллический водный концентрат	ПВК	0,5–1,5

Для проведения цикла лабораторных работ по определению оптимального количества вяжущего материала и добавок необходимо проанализировать весь цикл изготовления и испытания образцов и установить параметры, которые присутствуют в работе.

На стадии изготовления образцов такими параметрами являются: грунт, вода, вяжущий материал, добавка.

При хранении образцов учитывают время (7, 14 или 28 суток) и условия твердения (воздушно-влажное, водонасыщенное).

При испытании образцов определяют разрушающую нагрузку, по которой в зависимости от размеров образца определяют предел прочности при сжатии.

Задание

1. Определить факторы и их уровни, на основании которых составить таблицу изменения факторов для программы лабораторных исследований прочностных свойств укрепленного грунта.

2. Определить необходимое число опытов.

3. Составить матрицу планирования эксперимента и определить предел прочности при сжатии по разрушающей нагрузке.

Для расчета используются исходные данные, представленные в табл. П26.

Пример расчета

Исходные данные

1. Вариант –

26.

2. Вид грунта –

супесь легкая крупная.

3. Марка прочности –

М 40.

4. Разрушающая нагрузка грунта, укрепленного цементом, (табл. П26).

5. Вид добавки –

ХК.

6. Разрушающая нагрузка грунта, укрепленного цементом, с добавкой (табл. П26).

7. Коэффициент вариации – 0,1.
 8. Гарантийный коэффициент, зависящий от принятой надежности изменений – 1,3.

Порядок расчета

1. Определяют факторы и их уровни, на основании которых составляют таблицу изменения факторов для программы лабораторных исследований прочностных свойств укрепленного грунта.

1.1. Определяют факторы и обозначают их соответствующими индексами:

- вид грунта – X_1 ;
- содержание грунта в общей массе смеси – X_2 ;
- марка прочности укрепленного грунта – X_3 ;
- тип вяжущего материала – X_4 ;
- содержание вяжущего относительно массы грунта – X_5 ;
- вид добавки к основному вяжущему веществу – X_6 ;
- содержание добавки относительно массы вяжущего – X_7 ;
- содержание оптимального количества воды – X_8 ;
- время твердения – X_9 ;
- условия хранения – X_{10} .

1.2. Определяют среднее значение факторов и проставляют их в нулевой уровень табл. 26.5:

- X_1 – супесь легкая крупная (исходные данные);
- X_2 определяют с учетом содержания вяжущего материала;
- X_3 – М 40 (по исходным данным и табл. 26.1);
- X_4 – бездобавочный портландцемент;
- X_5 – 11 % (см. табл. 26.2);
- X_6 – ХК (исходные данные);
- X_7 – 1 % (см. табл. 26.4);
- X_8 – 12 % (см. табл. 26.3);
- X_9 – 14 суток;
- X_{10} – водонасыщенное.

Таблица 26.5

Таблица изменения факторов

Наименование фактора	Индекс фактора	Ед. измерения	Средний уровень	Интервал варьирования	Значение уровней			
					+2	+1	0	-1
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Укрепляемый грунт: вид	X_1	–	–	–	–	песок пылеватый	супесь легкая	супесь пылеватая
Содержание	X_2	%	89,5	1,5	91	90	89	88

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Марка прочности укрепленного гр.	X_3	–	–	–	–	М 20	М 40	М 60
Вязущий материал: вид	X_4	–	–	–	–	ПЦ-Д20	ПЦ-ДО- Н	ПЦ-Д5- Н
Содержание	X_5	%	10,5	1,5	9	10	11	12
Добавка к вяжущему: вид	X_6	–	–	–	–	СЖ	ХК	СН
Содержание	X_7	%	0,875	0,625	0,25	0,5	1,0	1,5
Оптимальное содержание воды	X_8	%	11	3	8	10	12	14
Время твердения	X_9	сут	17,5	10,5	–	7	14	28
Условия хранения: воздушно-влажное	X_{10}	–	–	–	–	–	X_{10}	–
водонасыщенное	X_{10}	–	–	–	–	X_{10}	–	–

1.3. Заполняют в табл. 26.5 значения соседних уровней с учетом возможного варьирования эксперимента.

1.4. Определяют средний уровень варьирования

$$X_{\text{cp}} = \frac{X_{\text{max}} + X_{\text{min}}}{2},$$

где X_{max} и X_{min} – максимальное и минимальное значение уровней.

1.5. Определяют интервал варьирования из выражения

$$I_v = X_{\text{max}} - X_{\text{cp}}.$$

1.6. Заполняют таблицу изменения факторов (табл. 26.5).

2. Определяют необходимое число опытов

$$n \geq \frac{C_v^2 t^2}{p^2} = \frac{0,1^2 \cdot 1,3^2}{0,05^2} = 6,7,$$

где C_v – коэффициент вариации (исходные данные);

t – гарантийный коэффициент, зависящий от принятой надежности измерений;

P – требуемая точность измерений (обычно принимается не менее 5 %).

Следовательно, на каждую рецептуру должно быть изготовлено не менее 7 образцов.

3. Составляют матрицу планирования эксперимента и определяют предел прочности при сжатии по разрушающей нагрузке.

3.1. Матрица планирования эксперимента (табл. 26.6) имеет три раздела, которые характеризуют:

1) возраст образца, т.е. время, прошедшее после изготовления образца до его испытания. В этом разделе проставляются даты изготовления и испытания образцов;

2) рецептуру смеси, представленную в виде факторов условных единиц. В зависимости от варьирования содержания цемента, добавок и воды заполняется строка факторов;

3) прочностные показатели, выраженные через разрушающую нагрузку (исходные данные) и предел прочности при сжатии (МПа). Предел прочности при сжатии определяется по формуле

$$R_i = \frac{10P_i}{F} = \frac{10 \cdot 8,1}{20} = 4,1 \text{ МПа},$$

где P_i – разрушающая нагрузка, кН;

F – площадь основания образца, см^2 .

Таблица 26.6

Матрица планирования эксперимента

№ рецептуры	Возраст образца		Факторы в условных единицах										Разрушающая нагрузка, кН Предел прочности при сжатии, МПа						
	изготовление	испытание	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8	X_9	X_{10}	$\frac{P_1}{R_1}$	$\frac{P_2}{R_2}$	$\frac{P_3}{R_3}$	$\frac{P_4}{R_4}$	$\frac{P_5}{R_5}$	$\frac{P_6}{R_6}$	$\frac{P_{\text{ср}}}{R_{\text{ср}}}$
1	02.03.2008	16.03.2008	0	+2	0	0	+2	0	0	0	0	+1	$\frac{8,1}{4,1}$	$\frac{8,2}{4,1}$	$\frac{8,3}{4,2}$	$\frac{8,4}{4,2}$	$\frac{8,5}{4,3}$	$\frac{8,6}{4,3}$	$\frac{8,35}{4,2}$
2													—	—	—	—	—	—	—
3													—	—	—	—	—	—	—
4													—	—	—	—	—	—	—
5													—	—	—	—	—	—	—
6													—	—	—	—	—	—	—
7													—	—	—	—	—	—	—
8													—	—	—	—	—	—	—

Образцы изготавливают в виде цилиндров (диаметр и высота равны 50 мм) и балочек (длина 160 мм, ширина и высота по 40 мм). Предел прочности при сжатии вычисляют с точностью до 0,05 МПа. Предел прочности на растяжение при изгибе определяют по формуле

$$R_{\text{изг}} = \frac{30Pl}{2bh^2},$$

где P – разрушающая нагрузка, кН;

l – расстояние между опорами испытательного прибора, см;

b – ширина балочки, см;

h – высота балочки, см.

Заключение

Определены факторы и обозначены их уровни, на основании которых составлена таблица изменения факторов для программы лабораторных исследований прочностных свойств укрепленного грунта.

Определено необходимое число опытов. С учетом коэффициента вариации 0,1, гарантийного коэффициента надежности 1,3 и требуемой точности измерения 5 %, минимальное необходимое количество образцов равно 7.

Составлена матрица планирования эксперимента и определены пределы прочности при сжатии.

Практическая работа № 27

ОБОСНОВАНИЕ КОМПЛЕКСНОГО МЕТОДА УКРЕПЛЕНИЯ ГРУНТОВ

Введение

Комплексным называют метод укрепления грунта вяжущим веществом, в котором вводимая добавка снижает отрицательные факторы основного вяжущего и усиливает положительный эффект по образованию наиболее прочных и нерастворимых в воде соединений.

Использование комплексных методов в дорожном строительстве позволяет:

- расширить диапазон грунтов, пригодных для эффективного укрепления;
- обеспечить оптимальные условия для активного протекания процессов твердения и структурообразования;
- улучшить адгезию между грунтом и вяжущим материалом;
- обеспечить производство работ в неблагоприятные периоды года и в сложных геологических условиях;

– повысить деформативность и уменьшить истираемость укрепленных грунтов;

– распространить применение укрепленных грунтов на дороги различных технических категорий.

Во время подбора добавок при укреплении грунта цементом необходимо учитывать, что для нормальных условий твердения цемента необходим избыток молекул $\text{Ca}(\text{OH})_2$, а также физико-химическое насыщение катионами кальция поверхности тонкодисперсных частиц и, как следствие, создание щелочной среды ($\text{pH} = 12\text{--}13$). При таких условиях в процессе твердения цементогрунта будет обеспечено образование прочных и нерастворимых в воде соединений.

Добавки следует применять в соответствии с их функциональным назначением. Применение добавок, рассмотренных в ТКП 028–2006, направлено на повышение водостойкости, морозостойкости, деформативности, прочности, ускорения или замедления процессов твердения. Все эти добавки можно разделить на группы, к которым относятся побочные продукты производств, жидкие органические вяжущие, химические вещества.

Однако помимо этих веществ в дорожном строительстве широко применяются методы, основанные на одновременной обработке грунтов различными вяжущими. Например, добавка извести к портландцементу позволяет расширить диапазон укрепляемых грунтов, обрабатывать гумусированные и переувлажненные грунты. Добавка золы уноса к цементу позволяет экономить основное вяжущее вещество и уменьшать стоимость искусственного материала. Добавка кремнийорганических веществ при укреплении грунтов портландцементом в количестве 0,3–0,7 % по массе грунта придают несмачиваемость (гидрофобность) поверхности частиц грунта, в результате чего уменьшается в 3–5 раз количество воды, поглощаемое цементогрунтом при его водонасыщении, и значительно повышается морозостойкость такого материала.

При укреплении переувлажненных грунтов сначала необходимо ввести осушающую добавку в количестве, обеспечивающем достижение оптимальной влажности. В качестве осушающих добавок следует применять порошкообразную негашеную известь по ГОСТ 9179 или активную золу уноса.

Для повышения эффективности действия химических добавок, представленных в табл. 26.4, необходимо их применять в комплексном виде (табл. 27.1).

Таблица 27.1

Сочетание комплексных добавок

Назначение комплексной добавки	Добавки и их сочетание
Повышение прочности, водостойкости и морозостойкости укрепленных цементом материалов	ЛСТ + СДО ЛСТ + ГК-Б ЛСТ + ХК С-3 + ЛСТ + СН С-3 + СДО
Противоморозные добавки	ХН + ХК ХН + ХК + ЛСТ

Задание

1. Определить содержание рабочего раствора химической добавки.
2. Определить прочностные результаты, соответствующие номинальному набору прочности укрепленного грунта.
3. Произвести статистическую обработку результатов лабораторных исследований.
4. Построить графики зависимости предела прочности при сжатии от процентного содержания вяжущих и добавок.

Пример расчета

Исходные данные

- | | |
|--|------------------------|
| 1. Вариант – | 26. |
| 2. Вид грунта – | супесь легкая крупная. |
| 3. Марка прочности – | M 40. |
| 4. Разрушающая нагрузка грунта, укрепленного цементом (см. табл. П26). | |
| 5. Вид добавки – | ХК. |
| 6. Разрушающая нагрузка грунта, укрепленного цементом, с добавкой (табл. П26). | |
| 7. Коэффициент вариации – | 0,1. |
| 8. Гарантийный коэффициент, зависящий от принятой надежности измерений – | 1,3. |

Порядок расчета

1. Определяют количество сухого вещества и рабочего раствора химической добавки для получения 1 т грунта, укрепленного цементом.

1.1. На основании исходных данных практической работы № 26 принимают добавку – хлорид кальция (ХК).

1.2. Для расчета принимают рецептуру нулевого уровня табл. 26.5. В частности: супесь легкая – 89 %, цемент – 11 %, вода – 12 % (сверх 100 %), ХК – 1 % от массы цемента в расчете на сухое вещество. Исходная влажность – 3 %.

1.3. Определяют количество воды, необходимой для получения 1 т (1000 кг) установленной рецептуры

$$V_{\text{воды опт.}} = 1000 \cdot 0,12 = 120 \text{ кг (л)}.$$

1.4. Согласно исходной влажности в грунте содержится

$$V_{\text{воды исх.}} = 1000 \cdot 0,03 = 30 \text{ кг (л) воды.}$$

1.5. Определяют количество воды, необходимой для внесения в грунт с учетом ее оптимального содержания:

$$V_{\text{воды доп}} = V_{\text{воды опт.}} - V_{\text{воды исх.}} = 120 - 30 = 90 \text{ кг (л)}.$$

1.6. Определяют количество цемента в смеси:

$$V_{\text{цем}} = 1000 \cdot 0,11 = 110 \text{ кг}.$$

1.7. Определяют количество безводной добавки ХК в 1 т укрепленной смеси

$$V_{\text{доб.}} = 110 \cdot 0,01 = 1,1 \text{ кг}.$$

1.8. В связи с тем, что добавка ХК вводится в грунт в виде раствора 50 %-й концентрации, рассчитывают количество компонентов в 1 кг раствора добавки

$$V_{\text{доб. 1 кг}} = 1 \cdot 0,5 = 0,5 \text{ кг}.$$

Следовательно, в 1 кг раствора содержится 0,5 кг безводной добавки ХК, 0,5 кг воды.

1.9. Определяют количество раствора 50 %-й концентрации для получения 1 т укрепленной смеси. Составляют пропорцию:

в 1 кг раствора ХК 50 %-й концентрации содержится 0,5 кг сухого ХК;
в X кг раствора ХК 50 %-й концентрации содержится 1,1 кг.

$$X = \frac{1,1 \cdot 1}{0,5} = 2,2 \text{ кг}.$$

В рабочем растворе содержится 1,1 кг безводной добавки ХК, 1,1 кг воды.

1.10. Определяют содержание воды в рабочем растворе добавки ХК на 1 т укрепленной смеси:

$$V_{\text{раб.раств}} = 90 - 1,1 = 88,9 \text{ кг (л)}.$$

Следовательно, для приготовления 1 т укрепленной смеси необходимо 2,2 кг раствора ХК 50 %-й концентрации и 88,9 кг (л) воды для разбавления.

2. Определяют прочностные результаты, соответствующие полному набору прочности укрепленного грунта.

2.1. Переносят в рабочую таблицу (табл. 27.2) прочностные результаты образцов в возрасте 14 сут (из табл. 26.6).

2.2. Определяют предел прочности при сжатии образцов, достигших номинальной прочности, укрепленных цементом без добавки (рецептуры 1–4) и с добавкой (рецептуры 5–8):

$$R_{28} = R_n \frac{\lg 28}{\lg n} = 4,1 \frac{\lg 28}{\lg 14} = 5,2 \text{ МПа}.$$

Прочностные результаты образцов в возрасте 28 суток

№ рецептуры	Прочностные результаты образцов (МПа) в возрасте													
	14 суток							28 суток						
	R_1	R_2	R_3	R_4	R_5	R_6	R_{cp}	R_1	R_2	R_3	R_4	R_5	R_6	R_{cp}
1	4,1	4,1	4,2	4,2	4,3	4,3	4,2	5,2	5,2	5,3	5,3	5,4	5,4	5,3
2														
3														
4														
5														
6														
7														
8														

3. Обрабатывают результаты лабораторных исследований методом математической статистики.

3.1. Обработку первичных данных (предел прочности при сжатии) начинают с их группировки и сведения в статистические таблицы. При небольшом числе опытов данные размещают в порядке их возрастания или убывания, образуя ранжированный ряд.

3.2. Определяют:

– среднеарифметическое значение рассматриваемых случайных величин по формуле (25.1);

– среднее квадратичное отклонение по формуле (25.2);

– коэффициент вариации, характеризующий изменчивость рассматриваемого признака, по формуле (25.3);

– среднюю ошибку определения среднеарифметического значения по формуле (25.4).

Результаты вычислений заносят в табл. 27.3.

Таблица 27.3

Статистическая обработка результатов испытаний образцов из укрепленного грунта

Номер образца	Ранжированный ряд, X_i	\bar{X}	$X_i - \bar{X}$	$(X_i - \bar{X})^2$	σ	C_v	m	$P, \%$
1	2	3	4	5	6	7	8	9
11	5,2	5,3	-0,1	0,01	0,089	2,129	0,047	1,124
12	5,2		-0,1	0,01				
13	5,3		0	0				

1	2	3	4	5	6	7	8	9
14	5,3		0	0				
15	5,4		+0,1	0,01				
16	5,4		+0,1	0,01				
Σ	31,8		0	0,04				
21								
22								
23								
24								
25								
26								
Σ								

Опыт считается точным при $P < 2\%$, удовлетворительным при $P > 5\%$.

4. Изображают графическую зависимость предела прочности при сжатии от процентного содержания вяжущих материалов.

4.1. Строят в прямоугольной системе координат график зависимости предела прочности при сжатии от процентного содержания цемента без введения добавки (рис. 27.1).

4.2. Строят в прямоугольной системе координат график зависимости предела прочности при сжатии от процентного содержания цемента при использовании в качестве добавки хлорида кальция (рис. 27.1).

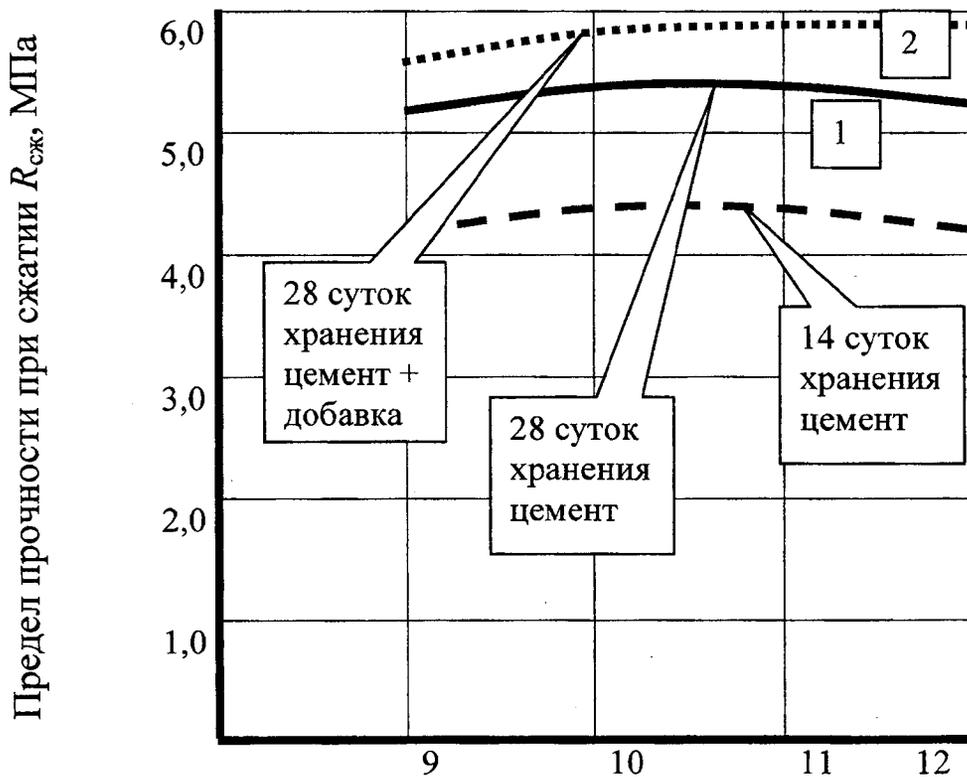


Рис. 27.1. Изменение прочности образцов от содержания цемента

Для укрепления 1 т грунта необходимо 110 кг цемента, 2,2 кг 50 %-го раствора хлорида кальция и 88,9 кг воды.

Определены прочностные результаты укрепленного грунта цементом без добавки и с добавкой хлорида кальция.

Произведена статистическая обработка результатов лабораторных испытаний.

Построены графики зависимости предела прочности при сжатии от процентного содержания цемента без добавки и с добавкой.

ИСКУССТВЕННЫЕ СООРУЖЕНИЯ НА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГАХ

Практическая работа № 28

РАСЧЕТ ОБЪЕМОВ И РЕСУРСОВ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ТРУБ

Введение

Водопропускная труба – это инженерное сооружение, укладываемое в теле насыпи автодороги для пропуска ливневых и талых вод и небольших постоянно действующих водотоков с расходом воды до 100–130 м³/с.

Трубы различаются:

– **по материалу**: бетонные, железобетонные, металлические, пластмассовые гладкие и гофрированные, каменные, деревянные;

– **форме поперечного сечения**: круглые, прямоугольные, овалоидальные, треугольные;

– **числу отверстий**: одно-, двух- и многоочковые;

– **по режиму работы** поперечного сечения: **безнапорные** (заполняемые водой до 2/3 сечения по высоте и работающие на всем протяжении неполным сечением); **полунапорные** (заполняемые водой полного сечения трубы на части ее длины, т.е. работающие вблизи входа полным сечением, а на остальном протяжении – неполным); **напорные** (заполненные водой по всей длине).

Труба как сооружение состоит из тела и двух оголовков – входного и выходного. В железобетонных трубах звенья выполняются длиной 1–5 м.

Оголовок предназначен для обеспечения плавного входа и выхода водного потока, поддержания откосов насыпи, предохранения входного и выходного отверстий трубы от засыпания грунтом.

Возле выходного отверстия трубы устраиваются укрепления русла от размыва с помощью вяжущих материалов, бутовой засыпки или бетонных блоков.

Исходными данными для определения объемов работ по строительству железобетонных труб являются: количество труб, их диаметр, длина и тип фундаментов. Эти данные берутся из продольного профиля строящейся дороги.

Длину трубы, изготавливаемой из метровых колец, определяют расчетным путем по следующей формуле:

$$L_{\text{тр}} = B + 2 m (H - d - \delta), \quad (28.1)$$

где B – ширина земляного полотна, м;

m – заложение откоса;

H – высота насыпи, м;

d – внутренний диаметр трубы, м;

δ – толщина стенки трубы, м.

Технологический процесс (рис. 28.1) по строительству железобетонной трубы включает следующие основные операции:

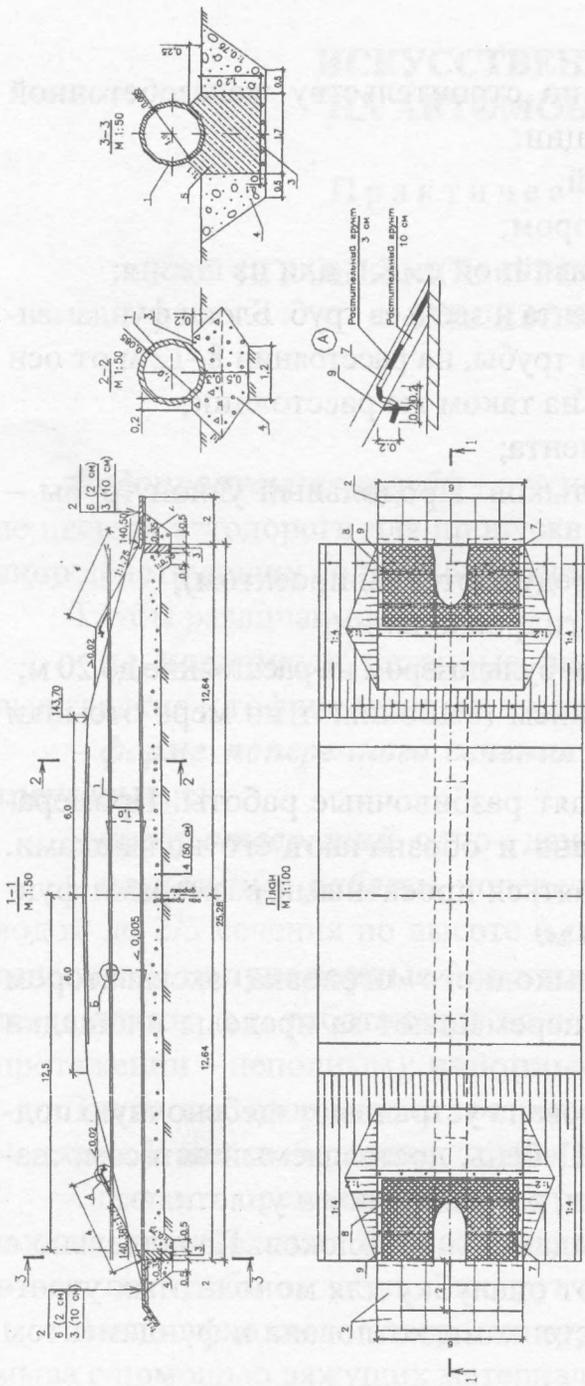
- 1) разбивочные работы с выносной осей;
- 2) рытье котлована под трубу экскаватором;
- 3) устройство основания из песчано-гравийной смеси или из щебня;
- 4) доставка и сортировка блоков фундамента и звеньев труб. Блоки фундамента складываются параллельно с одной стороны трубы, на расстоянии 8–12 м от оси трубы, а звенья трубы – с противоположной на таком же расстоянии;
- 5) установка лекальных блоков фундамента;
- 6) монтаж звеньев трубы с заделкой стыков. Продольный уклон трубы – 0,005 %;
- 7) изготовление оголовков (если они предусмотрены проектом);
- 8) устройство окрасочной и оклеечной гидроизоляции;
- 9) засыпка трубы грунтом с перемещением бульдозером на расстояние до 20 м;
- 10) уплотнение с послойным трамбованием (выполняют по мере отсыпки грунта).

До начала отрывки котлована производят разбивочные работы. Промерами от оси трубы намечают контур котлована и обозначают его колышками. Размеры котлована в плане должны определяться проектными размерами фундамента и запасами в каждую сторону по 0,3 м.

Отрывку котлована производят от выходного оголовка экскаватором ЭО-2621. Грунт, выбранный из котлована, перемещают за пределы площадки бульдозером.

Сразу же после отрывки и приемки котлована устраивают щебеночную подготовку ($h = 0,1$ м) под блоки фундамента. Щебень, доставляемый автосамосвалами, выгружают непосредственно в котлован, разравнивают и уплотняют.

После этого приступают к укладке фундаментных блоков. Параллельно с монтажом фундаментных блоков устраивают опалубку для монолитных участков фундамента и засыпают пазухи между стенками котлована и фундаментом на высоту фундамента и уплотняют.



Спецификация элементов ж. б.

№ п/п	Обозначение	Наименование	Материал	Примечание
1	Б.3.503.1-02	Водоотлив Д. 100	Бетон В-20, М-4	1.5 м
2	ЛПМ 87.04.00000	Плита П-2	Бетон В-20, М-4	1.5 м
4	ГОСТ 23735-79	Плиты бетонно-гравийные	Бетон В-20, М-4	1.5 м
5	СТБ 1319-2002	Бетон В-20, М-4, F-200	Бетон В-20, М-4	1.5 м
6	СТБ 1307-2002	Решетка стержневая	А-3	1.5 м
7	ТУ РК 20147964.017-2003	Материал цементный	М-400	1.5 м
8	ГОСТ 5781-82	Арматура стальная	А-3	1.5 м
9		Деревянная опалубка	Дуб	1.5 м

1. В скобках указана толщина плиты, а уметки строительно-монтажные.
 2. Плиты изготовлены синтетическим материалом маркировка бетона с переворотом 15 см.
 3. Указаны размеры элементов конструкции в мм и в разрезной калитке.
 4. Указаны размеры элементов конструкции в мм и в разрезной калитке.

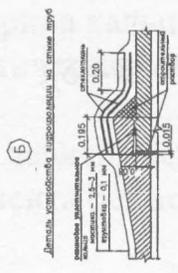
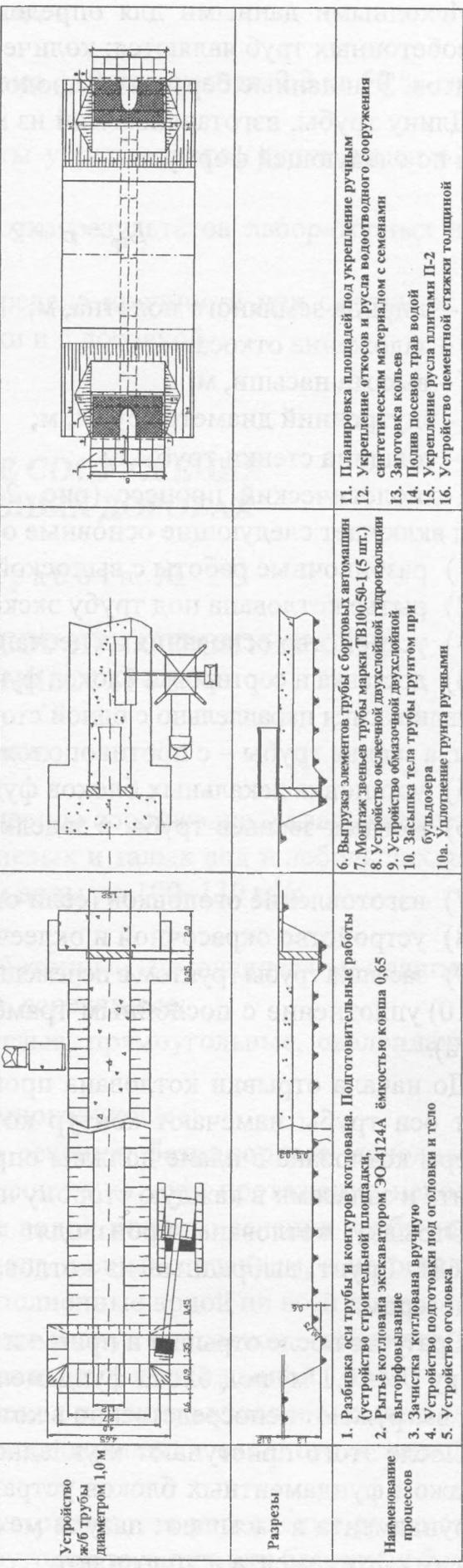


Схема строительства железобетонной трубы диаметром



Устройство ж/б трубы диаметром 1,0 м

Разрезы

Наименование процессов

1. Разбивка оси трубы и контуров котлована. Подготовительные работы (устройство строительной площадки, выторфовывание)
2. Рытье котлована экскаватором ЭО-4124А ёмкостью ковша 0,65
3. Зачистка котлована вручную
4. Устройство подготовки под оголовки и тело
5. Устройство оголовка

6. Выгрузка элементов трубы с бортовых автомашин
7. Монтаж звеньев трубы марки ТВ100.50-1 (5 шт.)
8. Устройство оклеечной двухслойной гидроизоляции
9. Устройство обмазочной двухслойной гидроизоляции
10. Засыпка тела трубы грунтом при бульдозера
- 10а. Уплотнение грунта ручными

11. Планировка площадей под укрепление ручным
12. Укрепление откосов и русла водоотводного сооружения синтетическим материалом с семенами
13. Заготовка кольев
14. Полив посевов трав водой
15. Укрепление русла плитами П-2
16. Устройство цементной стяжки толщиной

Рис. 28.1. Технологическая схема строительства дорожной водопропускной трубы

Затем приступают к монтажу звеньев трубы. Заделку швов между звеньями труб и блоками оголовков выполняют цементным раствором и заполняют паклей, пропитанной битумом.

После монтажа звеньев приступают к оклеечной и окрасочной гидроизоляции звеньев и установке блоков-упоров. Устройство обмазочной гидроизоляции выполняется путем нанесения двух слоев: горячего битума и холодной мастики по битумной грунтовке.

После устройства гидроизоляции приступают к засыпке трубы на высоту звеньев. Трубы засыпают в два приема, одновременно с двух сторон горизонтальными слоями толщиной 0,15–0,2 м с тщательным уплотнением. Уплотнение производят послойно вдоль тела трубы. Минимальная толщина грунта над трубой составляет 0,5 м.

Укрепление русел и откосов земляного полотна проводят каменной наброской, бутовым камнем на растворе, монолитным бетоном, сборными бетонными плитами, синтетическим нетканым материалом с семенами трав и засыпкой.

Задание

1. Определить длину водопропускной трубы.
2. Определить длину оголовков железобетонной трубы.
3. Произвести расчет потребности в материально-технических ресурсах при строительстве железобетонных труб.
4. Произвести комплектование специализированных звеньев.

Для расчета используются исходные данные, представленные в табл. П28.

Пример расчета

Исходные данные

- | | |
|------------------------|------------------------------|
| 1. Вариант – | 26. |
| 2. Диаметр трубы, м – | 1,0. |
| 3. Толщина стенки, м – | 0,12. |
| 4. Тип оголовка – | с нормальным входным звеном. |
| 5. Тип фундамента – | бесфундаментные. |
| 6. Высота насыпи, м – | 3,5; 3,6; 3,7; 3,8. |

Порядок расчета

1. Определяют длину водопропускной трубы по формуле (28.1):

$$L_{\text{тр}} = B + 2 m (H - d - \delta) = 13 + 2 \cdot 1,5 \cdot (3,5 - 1,0 - 0,12) = 16,57 \text{ м.}$$

Ширину дорожного полотна принимают в зависимости от категории дороги по табл. 17.2 (практическая работа № 17). Длину трубы округляют до целого метра, поскольку строительство осуществляют из метровых колец. Результаты расчетов заносят в табл. 28.1.

Таблица 28.1

Расчет длины водопропускной трубы

№ п/п	Параметр трубы	Значения параметров труб			
		1	2	3	4
1	Категория дороги	II	II	II	II
2	Ширина дорожного полотна, м	13	13	13	13
3	Высота насыпи, м	3,5	3,6	3,7	3,8
4	Диаметр трубы, м	1,0	1,0	1,0	1,0
5	Толщина стенки трубы, м	0,12	0,12	0,12	0,12
6	Длина трубы, м	17 (16,57)			
7	Длина двух оголовков, м	6,9			

2. Определяют длину двух оголовков в зависимости от отверстия и вида трубы по табл. 28.2.

Таблица 28.2

Длины оголовков железобетонных труб

Наименование	Вид трубы					
	круглая			прямоугольная		
Отверстие трубы, м	0,75	1	1,5	2	2–2,5	3–4
Длина двух оголовков, м	0,8	6,9	8,8	10,7	10,9	9,7

3. Определяют потребности в материально-технических ресурсах при строительстве железобетонных труб. Результаты расчетов заносят в табл. 28.3.

Таблица 28.3

Расчет потребности в материально-технических ресурсах при строительстве железобетонных труб

№ п/п	Пикетное положение труб	Диаметр трубы, м	Длина трубы, м	Звенья		Число отрядосмен	Гидроизоляция, м ²
				железобетон, м ³	арматура, кг		
1	2	3	4	5	6	7	8
Строительство трубы							
1	ПК 2 + 60	1,0	14	$\frac{0,35}{4,9}$	$\frac{36,8}{515,2}$	$\frac{0,06}{0,84}$	$\frac{3,8}{53,2}$
2	ПК 4 + 50	1,0	14	$\frac{0,35}{4,9}$	$\frac{36,8}{515,2}$	$\frac{0,06}{0,84}$	$\frac{3,8}{53,2}$

1	2	3	4	5	6	7	8
3	ПК 5 + 90	1,0	16	<u>0,35</u> 5,6	<u>36,8</u> 588,8	<u>0,06</u> 0,96	<u>3,8</u> 60,8
4	ПК 16 + 50	1,0	16	<u>0,35</u> 5,6	<u>36,8</u> 588,8	<u>0,06</u> 0,96	<u>3,8</u> 60,8
	Итого			21	2208	3,6	228
Строительство оголовков							
1	ПК 2 + 60	1,0	14	6	320,4	4,2	30
2	ПК 4 + 50	1,0	14	6	320,4	4,2	30
3	ПК 5 + 90	1,0	16	6	320,4	4,2	30
4	ПК 16 + 50	1,0	16	6	320,4	4,2	30
	Итого			24	1281,6	16,8	120
Укрепление русел и откосов							
1	ПК 2 + 60	1,0	14	—	0,086	—	—
2	ПК 4 + 50	1,0	14	—	0,086	—	—
3	ПК 5 + 90	1,0	16	—	0,086	—	—
4	ПК 16 + 50	1,0	16	—	0,086	—	—
					0,344		
				45	3489,944	20,4	348

Рытье котлована, м ³	Подушка из гравия, щебня, м ³	Засыпка котлована, м ³	Монолитный бетон, м ³	Цементный раствор, м ³	Планировка откосов, м ²	Земляные работы, м ³	Затраты труда, чел.-дни	Ссылка на нормативный докум.
9	10	11	12	13	14	15	16	17
Строительство трубы								
<u>0,5</u> 7	<u>0,6</u> 8,4							Табл. 33 РП ПОС Табл. 3.2
<u>0,5</u> 7	<u>0,6</u> 8,4							Табл. 33 РП ПОС Табл. 3.2
<u>0,5</u> 8	<u>0,6</u> 9,6							Табл. 33 РП ПОС Табл. 3.2
<u>0,5</u> 8	<u>0,6</u> 9,6							Табл. 33 РП ПОС Табл. 3.2
30	36							
Строительство оголовков								
38	10	22	1,0	0,2				Табл. 38 РП ПОС Табл. 3.3

9	10	11	12	13	14	15	16	17
38	10	22	1,0	0,2				Табл. 38 РП ПОС Табл. 3.3
38	10	22	1,0	0,2				Табл. 38 РП ПОС Табл. 3.3
38	10	22	1,0	0,2				Табл. 38 РП ПОС Табл. 3.3
152	40	88	4,0	0,8				
Укрепление русел и откосов								
	3,9		4,6		39,2	7,2	6,7	Табл. 41 РП ПОС Табл. 3.4
	3,9		4,6		39,2	7,2	6,7	Табл. 41 РП ПОС Табл. 3.4
	3,9		4,6		39,2	7,2	6,7	Табл. 41 РП ПОС Табл. 3.4
	3,9		4,6		39,2	7,2	6,7	Табл. 41 РП ПОС Табл. 3.4
	15,6		18,4		156,8	28,8	26,8	
182	91,6	88	22,4	0,8	156,8	28,8	26,8	

3.1. Определяют ресурсы при строительстве трубы.

3.1.1. Показатели потребности в материально-технических ресурсах для строительства круглых бесфундаментных железобетонных труб при насыпях высотой до 4 м принимают по табл. 28.4 («Расчетные показатели для составления проекта организации строительства» Ч. 10. «Автомобильные дороги»).

Таблица 28.4

Показатели потребности в материально-технических ресурсах
на 1 м трубы

Размеры от- верстий труб, м	Количество					
	звенья		число от- рядосмен	гидроизо- ляция, м ²	рытье кот- лована, м ³	подушка из гравия, м ³
	железобетон, м ³	арматура, кг				
0,75	0,21	27,1	0,06	2,9	0,4	0,4
1	0,35	36,8	0,06	3,8	0,5	0,6
1,25	0,52	13,3	0,07	4,7	0,6	0,8
1,5	0,72	66,7	0,09	5,6	0,8	0,9

Результаты записывают в табл. 28.3 в виде дроби, где в числителе представляется норма расхода железобетона (м^3) и арматуры (кг) на 1 м трубы, а в знаменателе – результат умножения этого расхода на длину трубы.

3.1.2. Определяют число отрядо-смен, необходимых для выполнения работ.

3.1.3. Определяют объем работ по гидроизоляции (м^2), рытью котлована (м^3), устройству подушки из гравия, щебня (м^3).

3.2. Определяют ресурсы при строительстве оголовков.

3.2.1. Определяют объем железобетона (м^3) и расход арматуры (кг), необходимые для сооружения двух оголовков. Показатели потребности в материально-технических ресурсах и объемы работ для строительства оголовков круглых и овалоидальных бесфундаментных железобетонных труб приведены в табл. 28.5.

Таблица 28.5

Показатели потребности в материально-технических ресурсах на 2 оголовка

Параметры		Количество								
Размеры отверстий труб, м	Тип оголовка	Отрядосмены	Рытье котлована, м^3	Блоки оголовка		Монолитный бетон лотка, м^3	Гравий или щебень, м^3	Гидроизоляция, м^3	Цементный раствор, м^3	Засыпка котлована, м^3
				Железобетон, м^3	Арматура, кг					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
0,75	С нормальным входным звеном	0,68	22	2,4	59,8	-	-	18	-	20
1		4,2	38	6	320,4	1	10	30	0,2	22
1,25		4,8	42	7,4	365	1,4	11,4	36	0,4	26
1,5		5,6	54	9,8	489,4	2,2	13,4	44	0,4	34
1	С коническим входным звеном	4,2	46	8,4	468,2	1,4	11,6	47,8	0,4	28
1,25		4,9	56	11,4	425	2,2	13	61,8	0,4	36
1,5		5,7	74	14,6	773,4	3,2	16	78,4	0,4	48

3.2.2. Определяют число отрядо-смен, необходимых для сооружения двух оголовков.

3.2.3. Определяют объем работ по гидроизоляции (м^2), рытью котлована (м^3), устройству подушки из гравия, щебня (м^3), засыпке котлована, производству монолитного бетона и цементного раствора (м^3).

3.3. Определяют ресурсы при укреплении русел и откосов. Показатели потребности в материально-технических ресурсах и объемы работ для укрепления русел и откосов у круглых и овоидальных труб приведены в табл. 28.6.

Показатели потребности в материально-технических ресурсах на 1 трубу

Отверстие трубы, м	Количество						
	Планировка откосов, м ²	Щебень, м ³	Монолит- ный бе- тон, м ³	Арматура, т	Асфаль- товые планки, м ³	Земляные работы, м ³	Затраты труда, чел.-дн.
0,75	40,2	4	4,6	0,089	0,4	13,3	7,1
1	39,2	3,9	4,6	0,086	0,4	7,2	6,7
1,25	49	4,9	5,1	0,108	0,4	8,3	7,3
1,5	58,4	5,9	6	0,129	0,4	9,5	8,2

Результаты расчетов заносят в табл. 28.3. В заключительной строке табл. 28.3 суммируют показатели по строительству труб, оголовков, укреплению русел. Суммарное значение числа отрядосмен округляют в большую сторону до целого числа, которое соответствует количеству смен, необходимых для строительства четырех водопропускных труб.

4. Производят комплектование специализированных звеньев.

Составы специализированных отрядов для строительства круглых и овоидальных железобетонных труб приведены в табл. 28.7.

Таблица 28.7

Составы специализированных отрядов

Наименование	Единица измерения	Количество при размере отверстий, м		
		1	1,5	2
<i>Личный состав</i>				
Водители дорожных машин и мотористы	чел.	4	4	4
Строительные рабочие	чел.	6	6	6
<i>Машины и оборудование</i>				
Автокран:				
КС-2561 Д	шт.	1	1	—
КС-3562 А	шт.	—	—	1
Бульдозер тягового класса ТС-10	шт.	1	1	1
Каток ДУ-4 (Д-263) прицепной на пневматических шинах	шт.	1	1	1
Электростанция ЖЭС-4,5	шт.	1	1	1
Электровибраторы:				
С-413	шт.	1	1	1
И-50	шт.	1	1	1
И-116	шт.	1	1	1
Битумный котел Д-387	шт.	1	1	1

На основании исходных данных (диаметр трубы равен 1 м) и табл. 28.7 выбирают состав специализированного отряда (табл. 28.8).

Состав специализированного отряда

Наименование	Ед. измерения	Количество
<i>Личный состав</i>		
Водители дорожных машин и мотористы	чел.	4
Строительные рабочие	чел.	6
Итого	чел.	10
<i>Машины и оборудование</i>		
Автокран КС-2561 Д	шт.	1
Бульдозер тягового класса ТС-10	шт.	1
Каток ДУ-4 (Д-263) прицепной на пневматических шинах	шт.	1
Электростанция ЖЭС-4,5	шт.	1
Электровибраторы:		
С-413	шт.	1
И-50	шт.	1
И-116	шт.	1
Битумный котел Д-387	шт.	1
Итого	шт.	8

Заключение

Длина водопропускной трубы на дорожном полотне шириной 13 м и высотой насыпи 3,5 м равна 17 м. Длина двух оголовков равна 6,9 м.

Расчет ресурсов позволил определить количество необходимых материалов для строительства 4 труб.

Число отрядов-смен, необходимых для выполнения строительных работ, равно 21 смене.

Выполнено комплектование специализированных звеньев в количестве 10 человек и 8 единиц техники.

Практическая работа № 29

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ ПОДПОРНОЙ СТЕНКИ
ПРИ ПЕСЧАНОЙ ЗАСЫПКЕ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ
РАВНОМЕРНО-РАСПРЕДЕЛЕННОЙ НАГРУЗКЕ**

Ведение

Подпорная стенка – геотехническая конструкция, предназначенная для обеспечения устойчивости вертикальных или крутых склонов, обсыпных мостовых устоев, опор арочных мостов и анкерных опор висячих мостов (рис. 29.1). Монолитные массивные стены по форме поперечного сечения и наклону лицевой и тыльной граней могут быть:

- а) с двумя вертикальными гранями;
- б) с вертикальной лицевой и наклонной тыльной;
- в) с наклонной лицевой и вертикальной тыльной;
- г) с наклоном обеих граней (лицевой и тыльной) в сторону засыпки.

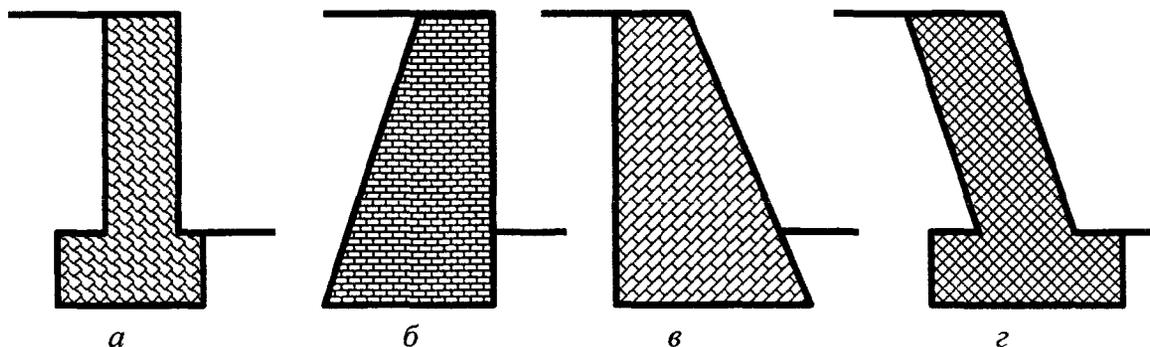


Рис. 29.1. Схемы массивных подпорных стенок

Фундамент подпорной стенки заглубляется в грунт на глубину фундамента. Верх фундамента выходит на уровень нижнего горизонта грунта. Верх подпорной стенки находится на уровне верхнего горизонта грунта. Разница между верхним и нижним горизонтами грунта составляет высоту грунтового массива, удерживаемого подпорной стенкой в устойчивом состоянии. Высота подпорной стенки равна сумме превышения верхнего горизонта грунта над нижним и глубины фундамента (рис. 29.2).

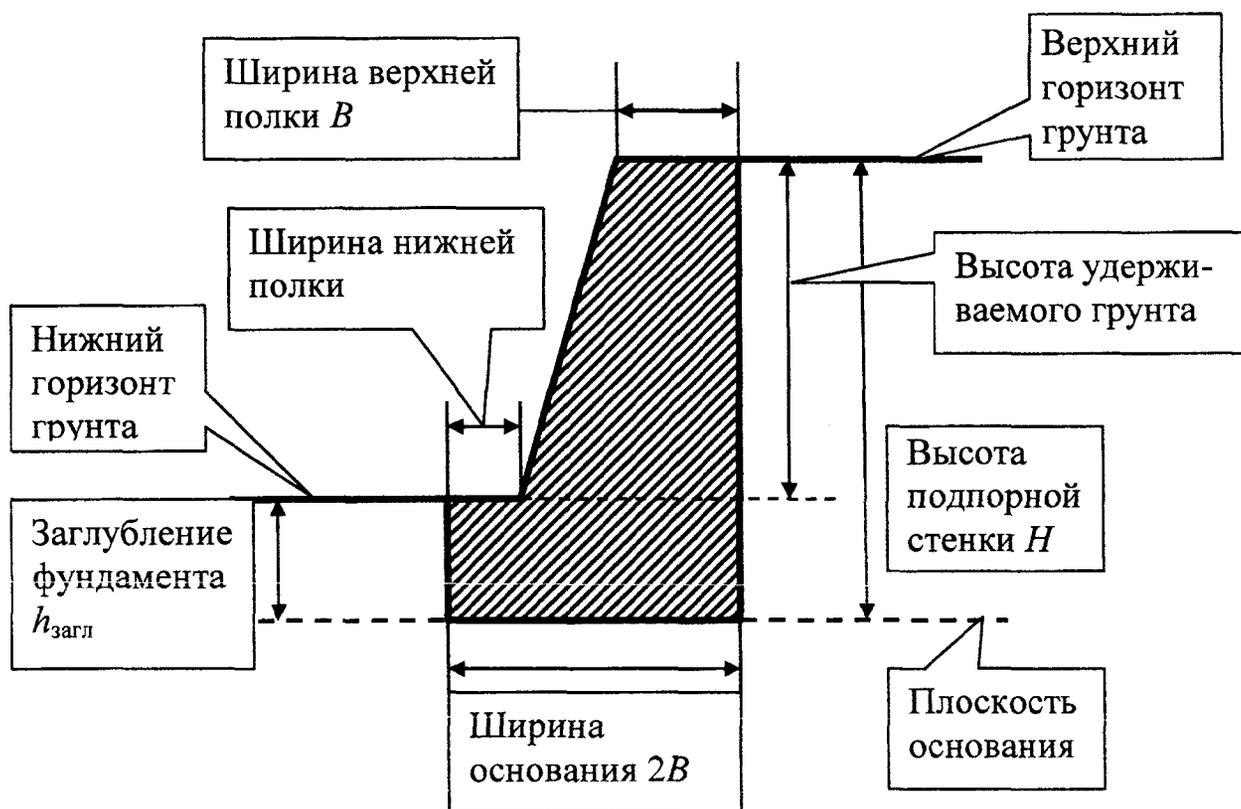


Рис. 29.2. Конструктивная схема подпорной стенки

В зависимости от принятого конструктивного решения материалом для подпорных стенок может быть: бетон, железобетон, бутовый камень (валуны, глыбы), металл, дерево или комбинированное сочетание этих материалов.

При оценке надежности сооружения, находящегося под одновременным воздействием вертикальных и горизонтальных нагрузок, необходимо считаться с возможностью нарушения устойчивости сооружения в результате плоского или глубокого сдвига (рис. 29.3). Плоский сдвиг выражается в поступательном смещении сооружения по некоторой плоской поверхности скольжения, совпадающей с контактом грунтовой толщи и подошвы сооружения. Плоский сдвиг происходит в сооружениях при относительно низких вертикальных нагрузках и относительно высоком сдвигающем усилии, приложенном к сооружению с широко развитой подошвой.

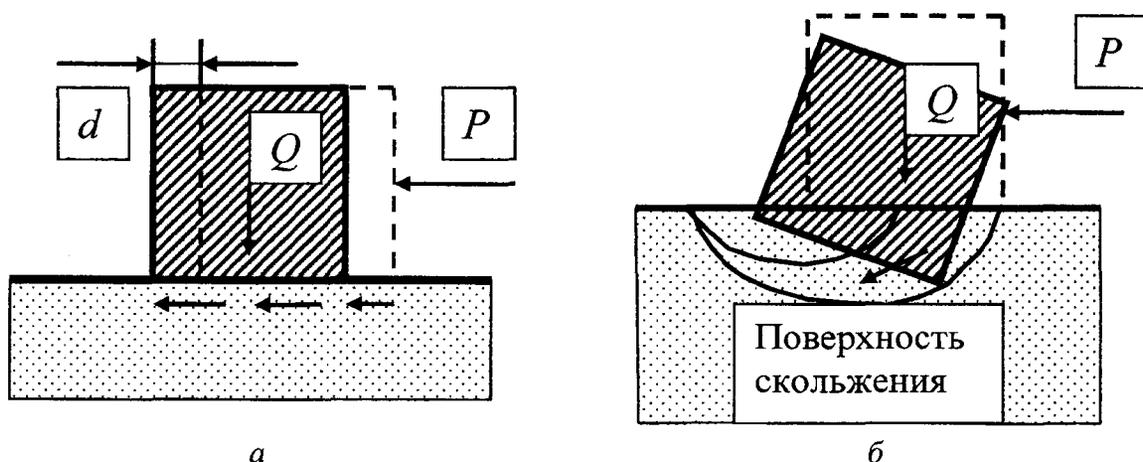


Рис. 29.3. Схема сдвига подпорного сооружения:
а – плоского сдвига; б – глубокого сдвига

При глубоком сдвиге сооружение испытывает просадку, поворот и смещение по криволинейной поверхности скольжения. Этот процесс происходит с нарушением устойчивости основания сооружения, которое резко деформируется. Сдвиг происходит по принципу «сдвиг грунта по грунту», и общее сопротивление сдвигу включает силы трения, связность и структурное сцепление.

Глубокий сдвиг происходит при недостаточной несущей способности основания и большой массе сооружения.

Проектирование подпорных стен осуществляется с учетом требований П17–02 к СНБ 5.01.01–99 «Проектирование и устройство подпорных стен и крепление котлованов».

На подпорную стенку со стороны засыпки действует активное давление, а со стороны фундамента – пассивное.

Активное боковое давление грунта – минимальное значение бокового давления от грунта на смещающуюся от него в горизонтальном направлении конструкцию.

Пассивное боковое давление грунта – максимальное значение бокового давления от грунта на смещающуюся к нему в горизонтальном направлении конструкцию.

Если на поверхность засыпки действует сплошная равномерно распределенная нагрузка P_0 , то ее действие заменят давлением приведенного столба грунта:

$$h = \frac{P_0}{\gamma_w},$$

где P_0 – равномерно распределенная нагрузка, кН/м²;

γ_w – удельный вес грунта, кН/м³.

Равномерно распределенная нагрузка на поверхности увеличивает горизонтальное давление соответствующего слоя грунта. Это равносильно тому, если бы высота грунта была увеличена на величину h .

На плоский сдвиг требуется обязательно проверять все сооружения, воспринимающие горизонтальную нагрузку, при неглубоко заложенных фундаментах.

Оценка степени устойчивости сооружения на плоский сдвиг с возможностью его смещения по подошве заключается в определении величины коэффициента запаса устойчивости, который определяют по формуле

$$K_{\text{сдв}} = \frac{R}{S}, \quad (29.1)$$

где R – пассивные удерживающие силы;

S – активные сдвигающие силы.

Активные сдвигающие силы в общем случае определяют по формуле

$$S = (Q_{\text{в}} - Q_{\text{н}}) + (E_{\text{а}} - E_{\text{п}}),$$

где $Q_{\text{в}}$ – сдвигающее усилие с верховой стороны в случае наличия верхнего бьефа воды;

$Q_{\text{н}}$ – сдвигающее усилие с низовой стороны в случае наличия нижнего бьефа воды;

$E_{\text{а}}$ – активное давление грунта на подпорную стенку, действующее со стороны засыпки;

$E_{\text{п}}$ – пассивное давление грунта на фундамент подпорной стенки, удерживающее стенку от плоского сдвига.

Силы сопротивления сдвигу сооружения – пассивные удерживающие силы определяют по формуле

$$R = T + C,$$

где T – силы трения, возникающие под сооружением в плоскости основания, определяемые по формуле

$$T = (P - U) \operatorname{tg} \varphi,$$

где P – вес подпорной стенки;

U – равнодействующая взвешивающего противодействия со стороны грунта основания с учетом наличия воды со стороны Q_B или Q_H ;

$\operatorname{tg} \varphi$ – коэффициент внутреннего трения грунта;

C – силы сцепления грунта по контактной площади по подошве сооружения, определяемые по формуле

$$C = \omega c,$$

где ω – площадь основания, определяемая по формуле

$$\omega = 2b \cdot 2a,$$

где b – половина ширины основания;

a – половина длины основания;

c – сцепление грунта.

Подставив значения S и R в формулу (29.1), получают формулу для определения коэффициента запаса устойчивости в общем виде:

$$K_{\text{сдв}} = \frac{(P - U) \operatorname{tg} \varphi + \omega c}{(Q_B - Q_H) + (E_a - E_{\text{п}})}.$$

Задание

1. Определить активное и пассивное давление на уровне подошвы фундамента подпорной стенки при песчаной засыпке и наличии равномерно-распределенной нагрузки.

2. Определить полное активное и пассивное давление песчаного грунта на 1 м длины подпорной стенки.

3. Построить эпюры активного и пассивного давлений.

4. Определить коэффициент запаса устойчивости.

Для расчета используются исходные данные, представленные в табл. П29.

Пример расчета

Исходные данные

1. Вариант –	26.
2. Высота подпорной стенки, м –	6.
3. Величина заглубления фундамента $h_{\text{загл}}$, м –	1,5.
4. Ширина подпорной стенки по низу $2B$, м –	2,0.

5. Сцепление грунта C_w , кН/м ² –	20.
6. Удельный вес грунта γ_w , кН/м ³ –	20.
7. Угол внутреннего трения грунта ϕ_w , град. –	40.
8. Равномерно распределенная нагрузка P_0 , кН/м ² –	150.

Порядок расчета

1. Определяют активное и пассивное давление на уровне подошвы фундамента подпорной стенки при песчаной засыпке и наличии равномерно распределенной нагрузки.

1.1. Определяют давление приведенного столба грунта

$$h = \frac{P_0}{\gamma_w} = \frac{150}{20} = 7,5 \text{ м} .$$

1.2. Определяют активное давление от песчаной засыпки с учетом наличия равномерно распределенной нагрузки на поверхности засыпки

$$P_a = \gamma_w (H + h) \operatorname{tg}^2 \left(45 - \frac{\phi_w}{2} \right) = 20(6 + 7,5) \operatorname{tg}^2 \left(45 - \frac{12}{2} \right) = 177 \text{ кН/м}^2 .$$

1.3. Определяют пассивное давление от песчаного грунта на фундамент подпорной стенки

$$P_{\text{п}} = \gamma_w h_{\text{загл}} \operatorname{tg}^2 \left(45 + \frac{\phi_w}{2} \right) = 20 \cdot 1,5 \cdot \operatorname{tg}^2 \left(45 + \frac{12}{2} \right) = 46 \text{ кН/м}^2 .$$

2. Определяют полное активное и пассивное давление песчаного грунта на 1 м длины подпорной стенки.

2.1. Определяют полное активное давление песчаного грунта с учетом наличия равномерно распределенной нагрузки на 1 м длины подпорной стенки

$$\begin{aligned} E_a &= \frac{\gamma_w}{2} (H^2 + 2Hh) \operatorname{tg}^2 \left(45 - \frac{\phi_w}{2} \right) = \\ &= \frac{20}{2} (6^2 + 2 \cdot 6 \cdot 7,5) \operatorname{tg}^2 \left(45 - \frac{12}{2} \right) = 827 \text{ кН/м}. \end{aligned} \quad (29.1)$$

2.2. Определяют точку приложения активного давления

$$e_a = \frac{H}{3} \cdot \frac{H + 3h}{H + 2h} = \frac{6}{3} \cdot \frac{6 + 3 \cdot 7,5}{6 + 2 \cdot 7,5} = 2,7 \text{ м} .$$

2.3. Определяют полное пассивное давление песчаного грунта на 1 м длины фундамента подпорной стенки

$$E_{\text{п}} = \gamma_{\text{ш}} \frac{h_{\text{загл}}^2}{2} \operatorname{tg}^2 \left(45 + \frac{\varphi_{\text{ш}}}{2} \right) = 20 \frac{1,5^2}{2} \operatorname{tg}^2 \left(45 + \frac{12}{2} \right) = 77 \text{ кН/м}. \quad (29.2)$$

2.4. Определяют точку приложения пассивного давления

$$e_{\text{п}} = \frac{1}{3} h_{\text{загл}} = \frac{1}{3} 1,5 = 0,5 \text{ м.}$$

3. Строят эпюры активного и пассивного давлений со стороны грунта на подпорную стенку.

3.1. На миллиметровой бумаге формата А-4 (210 × 297 мм) в масштабе 1 : 100 вычерчивают профиль подпорной стенки (см. рис. 29.2) с учетом ее габаритных размеров, приведенных в исходных данных. Подпорную стенку размещают по оси симметрии листа миллиметровой бумаги (рис. 29.4).

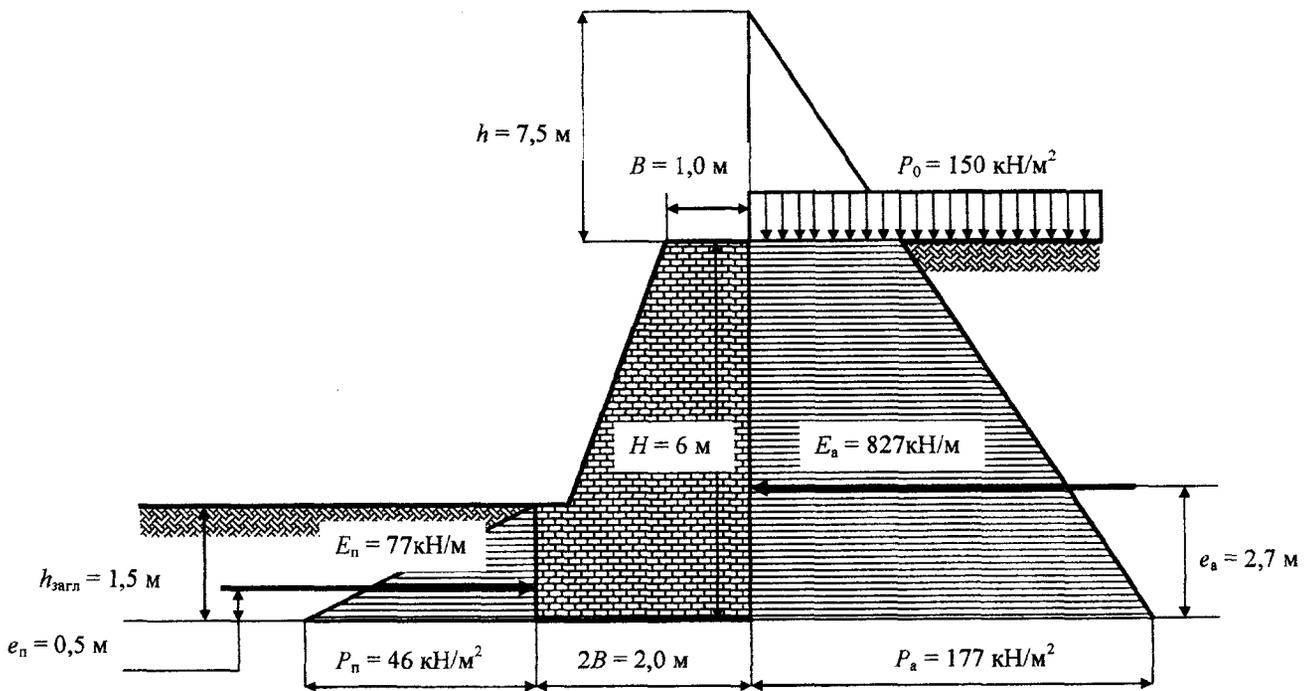


Рис. 29.4. Эпюра давлений при песчаной засыпке и дополнительной равномерно распределенной нагрузке

Размер подпорной стенки по верху равен половине размера этой же стенки по низу.

Ширину нижней полки подпорной стенки принимают из условия, что она должна быть меньше ширины верхней полки.

3.2. Строят эпюры активного и пассивного давлений на подпорную стенку. Эти эпюры носят прямолинейный характер.

Для построения эпюры активного давления от верхней кромки подпорной стенки в плоскости засыпки откладывают вверх отрезок равный длине $h = 7,5$ м (в масштабе 1 : 100). Получают точку А.

В плоскости подошвы подпорной стенки проводят горизонтальную линию. Выбирают масштаб в зависимости от свободного пространства между подпорной стенкой и краем листа. Откладывают величину P_a и получают точку Б. Соединяют точки А и Б прямой линией. Заштриховывают эпюру активного давления, как это сделано на рис. 29.4.

Откладывают от основания подпорной стенки величину $-e_a$. Проводят горизонтальную стрелку, направленную на боковую сторону подпорной стенки. Эта стрелка обозначает полное активное давление песчаного грунта с учетом наличия равномерно распределенной нагрузки на 1 м длины подпорной стенки. Подписывают величину полного активного давления.

Аналогичным образом строят эпюру пассивного давления и обозначают пассивное давление от песчаного грунта на фундамент подпорной стенки и полное пассивное давление песчаного грунта на 1 м длины фундамента подпорной стенки.

4. Определяют коэффициент запаса устойчивости.

4.1. Определяют активные сдвигающие силы

$$S = E_a - E_{\text{п}} = 827 - 77 = 750 \text{ кН/м},$$

где E_a – полное активное давление грунта на подпорную стенку, действующее со стороны засыпки (29.1);

$E_{\text{п}}$ – полное пассивное давление грунта на фундамент подпорной стенки, удерживающее стенку от плоского сдвига (29.2).

4.2. Определяют объем бетона подпорной стенки, условно приняв его за прямоугольную фигуру:

$$V = H \cdot 2B \cdot 2a = 6 \cdot 2 \cdot 1 = 12 \text{ м}^3.$$

4.3. Определяют вес подпорной стенки

$$P = V \cdot \gamma_6 = 12 \cdot 20 = 240 \text{ кН} = 24000 \text{ кг} = 24 \text{ т},$$

где γ_6 – удельный вес бетона, принимают равным 20 кН/м^3 .

Бетоны подразделяются:

1) на особо тяжелые ($\gamma_6 = 25 \text{ кН/м}^3$) (средняя плотность 2500 кг/м^3 и более), приготовленные на природных или искусственных рудосодержащих заполнителях, используют для строительства специальных защитных сооружений;

2) тяжелые ($\gamma_6 = 18\text{--}25 \text{ кН/м}^3$) (средняя плотность $1800\text{--}2500 \text{ кг/м}^3$), в качестве заполнителей используют песок, гравий, щебень из естественного камня или гравия, отвалы, доменные и металлургические шлаки;

3) легкие ($\gamma_6 = 5\text{--}18 \text{ кН/м}^3$) (средняя плотность $500\text{--}1800 \text{ кг/м}^3$), готовят на искусственных и естественных пористых заполнителях, применяют для изготовления конструктивных, конструктивно-изоляционных элементов зданий и сооружений;

4) особо легкие (γ_6 менее 5 кН/м^3) (средняя плотность менее 500 кг/м^3), предназначены для теплоизоляции зданий и сооружений.

4.4. Определяют силы трения, возникающие под сооружением в плоскости основания:

$$T = P \operatorname{tg} \varphi = 240 \cdot \operatorname{tg} 40 = 202 \text{ кН}.$$

4.5. Определяют площадь основания, приняв длину равной 1 м:

$$\omega = 2b \cdot 2a = 2 \cdot 1 = 2 \text{ м}^2.$$

4.6. Определяют силы сцепления грунта по контактной площади по подошве сооружения

$$C = \omega c = 2 \cdot 20 = 40 \text{ кН}.$$

4.7. Определяют общее сопротивление сооружения

$$R = T + C = 202 + 40 = 242 \text{ кН}.$$

Подставив значения S и R в (29.1), получают формулу для определения коэффициента запаса устойчивости в общем виде:

$$K_{\text{сдв}} = \frac{R}{S} = \frac{242}{750} = 0,4.$$

Заключение

Определены активное и пассивное давления на уровне подошвы фундамента подпорной стенки при песчаной засыпке и наличии равномерно распределенной нагрузки.

Определены полное активное давление на 1 м длины подпорной стенки и полное пассивное давление песчаного грунта на 1 м длины фундамента.

Построены эпюры активного и пассивного давлений.

Определен коэффициент запаса устойчивости подпорной стенки, равный 0,4, что свидетельствует о недостаточном запасе устойчивости против сдвиговых деформаций.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ ПОДПОРНОЙ СТЕНКИ ПРИ ГЛИНИСТОЙ ЗАСЫПКЕ

Ведение

Если устойчивость откосов насыпей, выемок или склонов не обеспечивается простейшими способами, то необходимо устраивать подпорные стенки. Расчет подпорной стенки сводится к определению ее устойчивости к сдвигу по основанию и опрокидывания при повороте вокруг внешнего ребра подошвы. Давление грунтов на подпорные стенки зависит не только от свойств грунтовой засыпки, но и от размеров самой стенки.

Грунты, обладающие как трением, так и сцеплением, причем каждый член уравнения имеет существенное значение, характеризуются законом Кулона для связных грунтов

$$\tau = \sigma \operatorname{tg} \varphi + c,$$

где τ – касательное напряжение в грунтах;
 σ – нормальное напряжение в грунтах;
 φ – угол внутреннего трения грунта;
 $\operatorname{tg} \varphi$ – коэффициент внутреннего трения грунта;
 c – сцепление грунта.

Закон Кулона формулируется следующим образом: *предельное сопротивление связных грунтов сдвигу при завершённой их консолидации есть функция первой степени от сжимающего напряжения.*

К этой группе грунтов относятся все супеси, жесткие и скрытопластичные глины и пылеватые пески

При действии усилия на грунт он сжимается в направлении большего из действующих напряжений и расширяется в перпендикулярном ему направлении. Величина бокового давления характеризуется коэффициентом бокового давления ξ , который представляет собой отношение бокового давления σ_2 к сжимающему усилию σ_1 . Коэффициент бокового давления отвечает состоянию предельного равновесия для связных грунтов. Для этого состояния между главными напряжениями σ_1 и σ_2 справедливо соотношение Ранкина–Мора

$$\sin \varphi = \frac{\sigma_1 - \sigma_2}{2C \cdot \operatorname{ctg} \varphi + \sigma_1 + \sigma_2},$$

где C – сцепления связного грунта, кН/м^2 .

После преобразований можно получить формулы для определения полного активного E_a и полного пассивного E_n давления на стенку с высотой H при учете сил сцепления в грунте c .

$$E_a = \gamma_W \frac{H^2}{2} \operatorname{tg}^2 \left(45 - \frac{\varphi_W}{2} \right) - 2C_W \left[H \cdot \operatorname{tg} \left(45 - \frac{\varphi_W}{2} \right) - \frac{C_W}{\gamma_W} \right];$$

$$E_n = \gamma_W \frac{H^2}{2} \operatorname{tg}^2 \left(45 + \frac{\varphi_W}{2} \right) + 2C_W H \cdot \operatorname{tg} \left(45 + \frac{\varphi_W}{2} \right),$$

где γ_W – удельный вес грунта, кН/м^3 .

Сопоставляя эти выражения с зависимостями, полученными для сыпучего грунта, можно сделать следующее заключение. В грунтах, обладающих сцеплением и углом внутреннего трения, величина полного бокового давления уменьшается на величину давления P_c , по следующей формуле:

$$P_c = \frac{C}{\operatorname{tg} \varphi}.$$

Это давление можно заменить эквивалентным слоем грунта, в котором благодаря наличию сил сцепления давление будет равно нулю:

$$h = \frac{C}{\gamma_W \cdot \operatorname{tg} \varphi}.$$

Следовательно, при глинистой засыпке величина полного бокового давления уменьшается, а величина полного пассивного давления увеличивается, и эпюра вместо треугольной конфигурации принимает трапецевидную форму.

Задание

1. Определить активное давление на уровне подошвы подпорной стенки при глинистой засыпке.
2. Определить пассивное давление на уровне нижнего горизонта грунта и на уровне подошвы фундамента подпорной стенки при глинистой засыпке.
3. Определить полное активное и пассивное давление глинистого грунта на 1 м длины подпорной стенки.
- 3 Построить эпюры активного и пассивного давлений при глинистой засыпке.
4. Определить коэффициент запаса устойчивости подпорной стенки.

Для расчета используются исходные данные, представленные в табл. П30.

Пример расчета

Исходные данные

1. Вариант –	26.
2. Высота подпорной стенки, м –	6.
3. Величина заглубления фундамента $h_{\text{загл}}$, м –	1,5.
4. Ширина подпорной стенки по низу $2B$, м –	2,0.
5. Удельный вес грунта γ_w , кН/м ³ –	20.
6. Угол внутреннего трения грунта φ_w , град. –	12.
7. Сцепление грунта C_w , кН/м ² –	20.

Порядок расчета

1. Определяют активное давление на уровне подошвы подпорной стенки при глинистой засыпке.

1.1. Определяют активное давление грунта на подпорную стенку с учетом сцепления C_w

$$\begin{aligned} P''_a &= \gamma_w H \operatorname{tg}^2 \left(45 - \frac{\varphi_w}{2} \right) - 2C_w \operatorname{tg} \left(45 - \frac{\varphi_w}{2} \right) = \\ &= 20 \cdot 6 \cdot \operatorname{tg}^2 \left(45 - \frac{12}{2} \right) - 2 \cdot 20 \cdot \operatorname{tg} \left(45 - \frac{12}{2} \right) = 47 \text{ кН}. \end{aligned}$$

Поскольку глинистый грунт обладает сцеплением, которое связывает частицы в массиве, то активное давление на подпорную стенку на уровне ее подошвы меньше, чем в варианте засыпки песчаным грунтом.

1.2. Определяют активное давление грунта без учета сцепления

$$P'_a = \gamma_w H \operatorname{tg}^2 \left(45 - \frac{\varphi_w}{2} \right) = 20 \cdot 6 \cdot \operatorname{tg}^2 \left(45 - \frac{12}{2} \right) = 79 \text{ кН}.$$

1.3. Определяют глубину h_c , на которой активное давление равно нулю, поскольку наличие сцепления уменьшает боковое давление грунта на стенку:

$$h_c = \frac{2C_w}{\gamma_w \operatorname{tg} \left(45 - \frac{\varphi_w}{2} \right)} = \frac{2 \cdot 20}{20 \cdot \operatorname{tg} \left(45 - \frac{12}{2} \right)} = 2,5 \text{ м}.$$

1.4. Определяют высоту подпорной стенки, на которую действует активное давление:

$$H_C = H - h_C = 6 - 2,5 = 3,5 \text{ м.}$$

2. Определяют пассивное давление на уровне нижнего горизонта грунта и на уровне подошвы фундамента подпорной стенки при глинистой засыпке.

2.1. Определяют пассивное давление на поверхности фундамента подпорной стенки (при $h_{\text{загл}} = 0$)

$$P'_\Pi = 2C_W \cdot \text{tg} \left(45 + \frac{\varphi_W}{2} \right) = 2 \cdot 20 \cdot \text{tg} \left(45 + \frac{12}{2} \right) = 50 \text{ кН.}$$

2.2. Определяют пассивное давление грунта на подпорную стенку на уровне подошвы фундамента с учетом сцепления

$$\begin{aligned} P''_\Pi &= \gamma_W h_{\text{загл}} \text{tg}^2 \left(45 + \frac{\varphi_W}{2} \right) + 2C_W \cdot \text{tg} \left(45 + \frac{\varphi_W}{2} \right) = \\ &= 20 \cdot 1,5 \cdot \text{tg}^2 \left(45 + \frac{12}{2} \right) + 2 \cdot 20 \cdot \text{tg} \left(45 + \frac{12}{2} \right) = 95 \text{ кН.} \end{aligned}$$

3. Определяют полное активное и пассивное давление глинистого грунта на 1 м длины подпорной стенки.

3.1. Определяют полное активное давление связного грунта на 1 м длины подпорной стенки

$$\begin{aligned} E_a &= \gamma_W \frac{H^2}{2} \text{tg}^2 \left(45 - \frac{\varphi_W}{2} \right) - 2C_W \left[H \cdot \text{tg} \left(45 - \frac{\varphi_W}{2} \right) - \frac{C_W}{\gamma_W} \right] = \\ &= 20 \frac{6^2}{2} \text{tg}^2 \left(45 - \frac{12}{2} \right) - 2 \cdot 20 \left(6 \cdot \text{tg} \left(45 - \frac{12}{2} \right) - \frac{20}{20} \right) = 83 \text{ кН.} \end{aligned}$$

3.2. Определяют точку приложения активного давления

$$e_a = \frac{H_C}{3} = \frac{3,5}{3} = 1,2 \text{ м.}$$

3.3. Определяют полное пассивное давление связного грунта на 1 м длины фундамента подпорной стенки

$$E_{\text{п}} = \gamma_W \frac{h_{\text{загл}}^2}{2} \operatorname{tg}^2 \left(45 + \frac{\varphi_W}{2} \right) + 2 C_W h_{\text{загл}} \cdot \operatorname{tg} \left(45 + \frac{\varphi_W}{2} \right) =$$

$$= 20 \frac{1,5^2}{2} \operatorname{tg}^2 \left(45 + \frac{12}{2} \right) + 2 \cdot 20 \cdot 1,5 \cdot \operatorname{tg} \left(45 + \frac{12}{2} \right) = 108 \text{ кН.}$$

3.4. Определяют точку приложения полного пассивного давления

$$e_{\text{п}} = \frac{h_{\text{загл}}}{3} \cdot \frac{(a+2d)}{(a+d)} = \frac{1,5}{3} \cdot \frac{(95+2 \cdot 50)}{(95+50)} = 0,7 \text{ м,}$$

где a – нижнее основание трапеции равное величине пассивного давления на уровне подошвы фундамента;

d – верхнее основание трапеции равное величине пассивного давления на уровне нижнего горизонта грунта.

4. Строят эпюру активного и пассивного давлений при глинистой засышке (рис. 30.1).

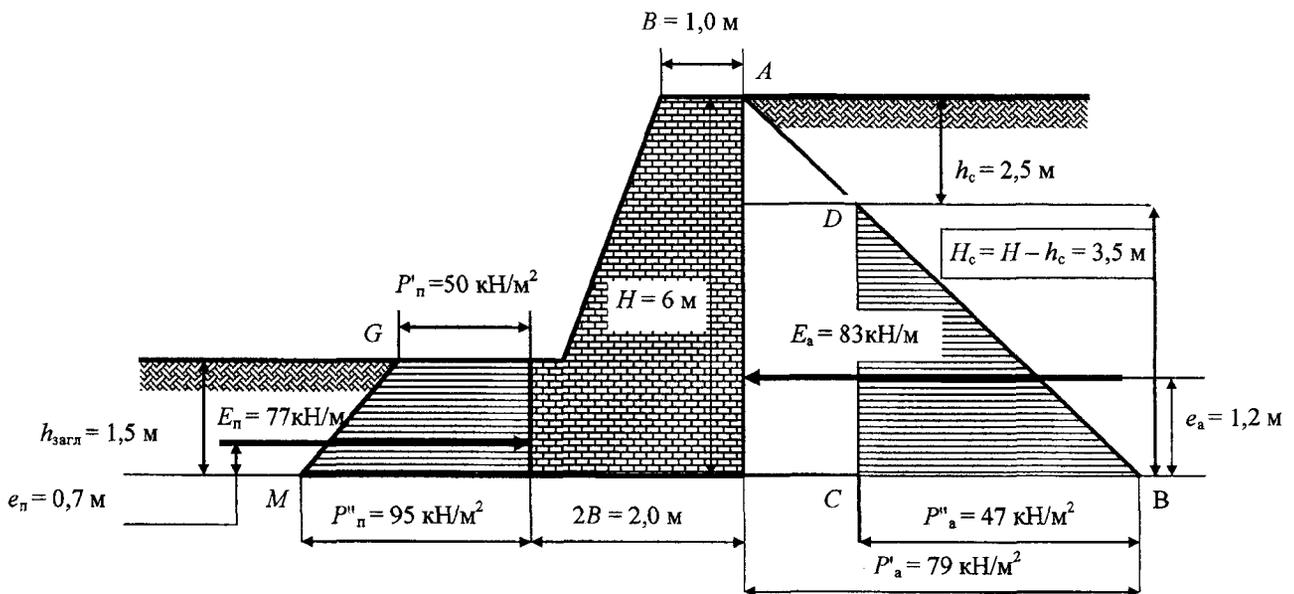


Рис. 30.1. Эпюры давлений при глинистой засышке

На листе миллиметровой бумаги формата А-4 в масштабе вычерчивают профиль подпорной стенки с учетом исходных данных.

4.1. Для построения эпюры активного давления откладывают на горизонтальной линии подошвы подпорной стенки величину P'_a . Получают точку B .

Эту точку соединяют прямой линией с верхней кромкой подпорной стенки – точкой A , получая треугольную эпюру.

4.2. От точки B в той же плоскости откладывают величину P''_a . Получают точку C .

4.3. От верхнего горизонта грунта (см. рис. 30.1) откладывают величину h_c и проводят горизонтальную линию. Точку пересечения прямой AB с горизонтальной обозначают через D .

4.4. Соединяют точки D и C прямой линией. Полученный треугольник – BCD является эпюрой активных давлений на подпорную стенку со стороны глинистой засыпки. Треугольник закрашивают горизонтальной штриховкой.

4.5. От горизонтальной линии подошвы подпорной стенки на расстоянии e_a проводят горизонтальную стрелку, направленную в сторону подпорной стенки. Эта стрелка обозначает полное активное давление глинистого грунта на 1 м длины подпорной стенки. Обозначают стрелку через E_a .

4.6. В плоскости нижнего горизонта грунта откладывают пассивное давление, соответствующее давлению на поверхности фундамента $P''_п$. Получают точку G .

4.7. В плоскости подошвы фундамента откладывают пассивное давление $P''_п$ с учетом сцепления. Получают точку M .

4.8. Соединяют точки D и G и получают трапецевидную эпюру пассивных давлений на фундамент подпорной стенки. Трапецию заштриховывают горизонтальными линиями.

4.9. От горизонтальной линии подошвы фундамента на расстоянии $e_п$ проводят горизонтальную стрелку, направленную в сторону фундамента. Эта стрелка обозначает полное пассивное давление глинистого грунта на 1 м длины фундамента $E_п$.

5. Определяют коэффициент запаса устойчивости

$$K_{\text{сдв}} = \frac{R}{S},$$

где R – пассивные удерживающие силы;

S – активные сдвигающие силы.

5.1. Определяют активные сдвигающие силы

$$S = E_a - E_п = 83 - 108 = -25 \text{ кН/м}, \quad (30.1)$$

где E_a – полное активное давление грунта на подпорную стенку, действующее со стороны засыпки;

$E_п$ – полное пассивное давление грунта на фундамент подпорной стенки, удерживающее стенку от плоского сдвига.

Результаты расчета показали, что величина активного давления незначительна, и превалирует величина пассивного давления. Поскольку расчет пассивных сил приведет к увеличению сил, препятствующих деформации сдвига, то дальнейший расчет не имеет смысла.

Если при расчете активных сдвигающих сил по формуле (30.1) величина S окажется положительной, то необходимо продолжить расчет по методике, изложенной в практической работе № 29.

Заключение

Определены активное и пассивное давления на уровне подошвы фундамента подпорной стенки при глинистой засыпке.

Определены полное активное давление на 1 м длины подпорной стенки и полное пассивное давление глинистого грунта на 1 м длины фундамента.

Построены эпюры активного и пассивного давлений с учетом сил сцепления.

Расчет коэффициента запаса устойчивости показал, что в данной задаче пассивное давление больше, чем активное. Следовательно, подпорная стенка находится в устойчивом положении и сдвиговые деформации не возникают.

Практическая работа № 31

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ ПОДПОРНОЙ СТЕНКИ В ВИДЕ НАБЕРЕЖНОЙ

Введение

Автомобильная дорога может проходить по берегу канала, водохранилища, реки, плотины. В этом случае подпорная стенка работает в самых неблагоприятных условиях, когда засыпка фундамента и грунт подошвы подпорной стенки находятся в водонасыщенном состоянии. В этом случае ослабевают силы внутреннего трения грунта, и пассивное давление со стороны засыпки ослабевает. При таких условиях возможен не только плоский, но и глубокий сдвиг (см. рис. 29.3).

Если горизонт воды расположен выше подошвы сооружения, то в соответствии с законом Архимеда, сооружение теряет в весе столько, сколько весит вытесненная им вода. Это равносильно утверждению, что к подошве сооружения приложена направленная снизу верх нагрузка, называемая взвешивающей сооружение силой, равная по величине весу вытесненной сооружением воды.

Грунт со стороны засыпки будет находиться в двух состояниях:

- 1) выше уровня горизонта вод – в сухом состоянии;
- 2) ниже уровня горизонта вод – в водонасыщенном.

При решении задач, в которых грунт находится в различных состояниях (сухом и водонасыщенном) применяют метод эквивалентного слоя (метод Г.И. Покровского), в котором сухой грунт заменяют водонасыщенным, но большей мощности, с таким расчетом, чтобы давление на уровне горизонта вод оставалось неизменным.

Задание

1. Определить активное давление песчаных грунтов, находящихся в сухом и водонасыщенном состояниях.

2. Построить эпюру давлений при песчаной засыпке и частичном затоплении подпорной стенки.

Для расчетов используются исходные данные, представленные в табл. ПЗ1.

Пример расчета

Исходные данные

1. Вариант –	26.
2. Высота подпорной стенки, м –	6.
3. Величина заглубления фундамента $h_{\text{загл}}$, м –	1,5.
4. Ширина подпорной стенки по низу $2B$, м –	2,0.
5. Удельный вес грунта γ_W , кН/м^3 –	20.
6. Угол внутреннего трения грунта φ_W , град. –	12.
7. Сцепление грунта C_W , кН/м^2 –	20.
8. Уровень воды (УВ), м –	2,5.

Порядок расчета

1. Определяют активное давление песчаных грунтов.

1.1. Определяют высоту подпорной стенки выше уровня воды

$$Z = H - (h_{\text{загл}} + \text{УВ}) = 6 - (1,5 + 2,5) = 2 \text{ м},$$

где H – высота подпорной стенки, м;

$h_{\text{загл}}$ – глубина фундамента подпорной стенки, м;

УВ – уровень воды перед подпорной стенкой, м.

1.2. Определяют активное давление грунта, лежащего выше уровня воды:

$$P'_a = \gamma_W \cdot Z \cdot \text{tg}^2 \left(45 - \frac{\varphi_W}{2} \right) = 20 \cdot 2 \cdot \text{tg}^2 \left(45 - \frac{12}{2} \right) = 26 \text{ кН/м}^2.$$

1.3. Определяют удельный вес грунта во взвешенном состоянии

$$\gamma_W^{\text{вз}} = \gamma_W - \gamma_{\text{в}} = 20 - 10 = 10 \text{ кН/м}^3,$$

где $\gamma_{\text{в}}$ – удельный вес воды равный 10 кН/м^3 .

1.4. Определяют высоту слоя эквивалентного грунта (водонасыщенного), создающего такое же давление на слой грунта ниже уровня воды, что и сухой грунт:

$$h = \frac{\gamma_W \cdot Z}{\gamma_W^{в3}} = \frac{20 \cdot 2}{10} = 4 \text{ м.}$$

1.5. Определяют общую приведенную высоту слоя грунта засыпки, находящегося в водонасыщенном состоянии:

$$H_W = h + h_{\text{загл}} + УВ = 4 + 1,5 + 2,5 = 8 \text{ м.}$$

1.6. Определяют активное давление грунта на уровне подошвы подпорной стенки

$$P''_a = \gamma^{в3}_W \cdot H_W \cdot \text{tg}^2 \left(45 - \frac{\Phi_W}{2} \right) = 10 \cdot 8 \cdot \text{tg}^2 \left(45 - \frac{12}{2} \right) = 53 \text{ кН/м}^2.$$

1.7. Определяют полное активное давление песчаного грунта, находящегося выше УВ, на 1 м длины подпорной стенки:

$$E'_a = \gamma_W \frac{Z^2}{2} \text{tg}^2 \left(45 - \frac{\Phi_W}{2} \right) = 20 \cdot \frac{2^2}{2} \text{tg}^2 \left(45 - \frac{12}{2} \right) = 27 \text{ кН/м.}$$

1.8. Определяют точку приложения полного активного давления песчаного грунта, находящегося выше УВ:

$$e'_a = \frac{2}{3} Z = \frac{2}{3} \cdot 2 = 1,3 \text{ м.}$$

1.9. Определяют полное активное давление песчаного грунта, находящегося ниже УВ, на 1 м длины подпорной стенки:

$$E'_a = \frac{P'_a + P''_a}{2} (h_{\text{загл}} + УВ) = \frac{26 + 53}{2} (1,5 + 2,5) = 158 \text{ кН/м.}$$

1.10. Определяют точку приложения полного активного давления песчаного грунта, находящегося ниже УВ:

$$e''_a = \frac{h_{\text{загл}} + УВ}{3} \cdot \frac{(P''_a + 2P'_a)}{(P''_a + P'_a)} = \frac{1,5 + 2,5}{3} \cdot \frac{(53 + 2 \cdot 26)}{(53 + 26)} = 1,7 \text{ м.}$$

1.11. Определяют полное активное давление песчаного грунта на 1 м длины подпорной стенки с учетом грунта, находящегося выше и ниже УВ:

$$E_a = E'_a + E''_a = 27 + 158 = 185 \text{ кН/м.}$$

1.12. Определяют расстояние между точками приложения E'_a и E''_a

$$X = H - (e'_a + e''_a) = 6 - (1,3 + 1,7) = 3 \text{ м.}$$

1.13. Определяют точку приложения полного активного давления E_a . Для этого составляют пропорцию

$$E''_a e_a = E'_a (X - e_a),$$

отсюда

$$e_a = \frac{E'_a \cdot X}{E''_a + E'_a} = \frac{27 \cdot 3}{158 + 27} = 0,16 \text{ м.}$$

2. Строят эпюру активного давления при песчаной засыпке и частичном затоплении подпорной стенки.

На листе миллиметровой бумаги формата А-4 в масштабе 1:100 и с учетом исходных данных вычерчивают профиль подпорной стенки (рис. 31.1). На схему наносят уровень воды (УВ). Линию УВ продолжают по другую сторону подпорной стенки.

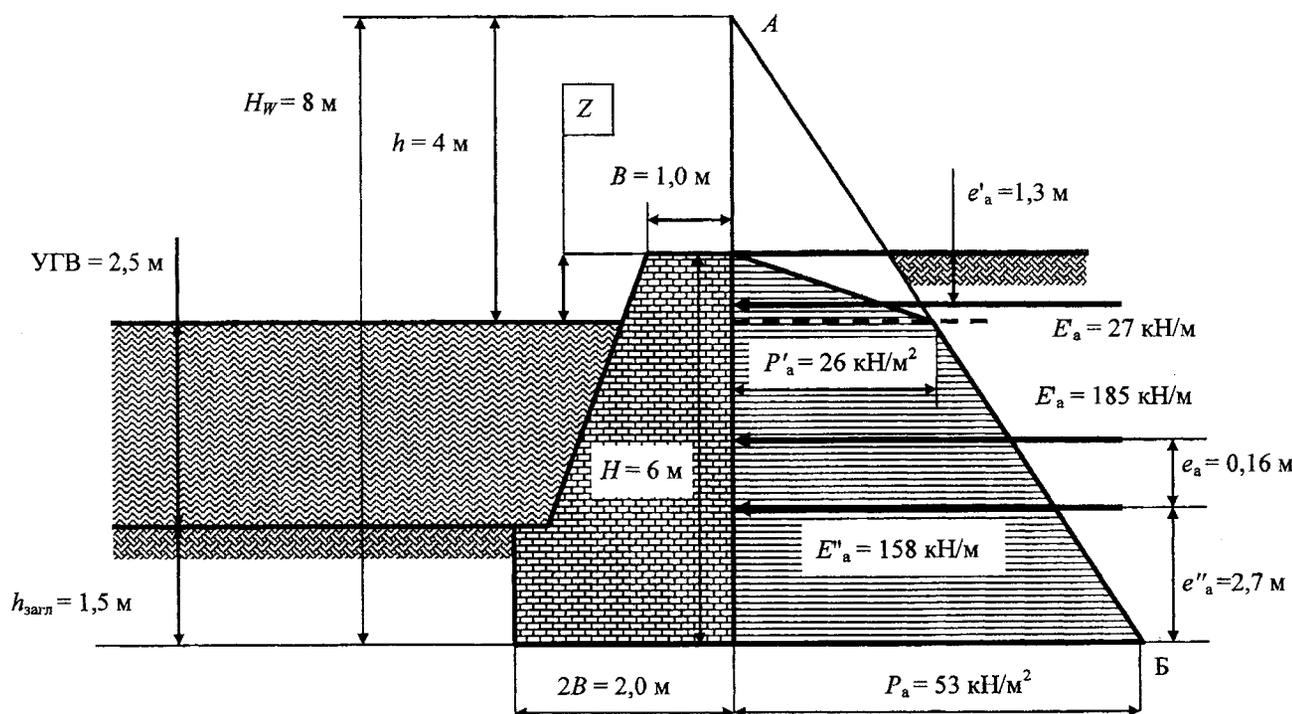


Рис. 31.1. Эпюра активного давления песчаного грунта на подпорную стенку при частичном затоплении

2.1. От уровня УВ вдоль вертикальной стенки сооружения откладывают значение высоты h . Получают точку A .

2.2. На уровне УВ от вертикальной стенки сооружения в масштабе откладывают значение P'_a . Получают точку B .

2.3. На уровне подошвы подпорной стенки в том же масштабе откладывают значение P''_a . Получают точку C .

2.4. Соединяют точки A , B , C . Получают эпюру активного давления для водонасыщенного грунта

2.5. Соединяют точку B с верхней кромкой подпорной стенки. Получают эпюру с учетом наличия грунта в сухом и водонасыщенном состояниях. Эпюру заштриховывают горизонтальными линиями.

2.6. Откладывают от верхнего горизонта грунта (см. рис. 29.3) величину e'_a . Проводят горизонтальную стрелку, направленную к подпорной стенке. Стрелку обозначают E'_a .

2.7. Откладывают от подошвы подпорной стенки величину e''_a . Проводят горизонтальную стрелку и обозначают E''_a .

2.8. От стрелки E''_a откладывают величину e_a . Проводят горизонтальную стрелку и обозначают E_a .

Заключение

Определено активное давление на уровне подошвы фундамента подпорной стенки и уровне воды.

Определена высота эквивалентного слоя водонасыщенного грунта относительно сухого грунта.

Определено полное активное давление на 1 м длины подпорной стенки от песчаной засыпки при частичном затоплении сооружения.

ОРГАНИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Практическая работа № 32

ПОСТРОЕНИЕ ЛИНЕЙНОГО КАЛЕНДАРНОГО ГРАФИКА ВОЗВЕДЕНИЯ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА

Введение

Одним из элементов проекта организации строительства является линейный календарный график, показывающий очередность и сроки строительства. Этот график включает: количество, направление и скорости комплексных потоков, сроки выполнения подготовительных и сосредоточенных работ.

Календарный график должен обеспечивать оптимальную организацию строительства, что требует точной согласованности всех работ с учетом их особенностей. Одной из основных задач, решаемых организацией строительства, является максимальное увеличение сменности использования машин, поэтому дорожно-строительные работы необходимо проводить в две смены.

Одной из важных особенностей линейных календарных графиков является детализация поточного производства, начиная от изображения комплексного потока одной линией до нанесения нескольких линий, каждая из которых отражает работу вплоть до бригад и звеньев.

Календарные графики подразделяются на директивные и рабочие. Генеральный график охватывает подготовительный, основной и заключительный периоды строительства. Утвержденный вышестоящими организациями генеральный график является директивным, т.е. обязательным для выполнения. Рабочий график строительства составляет строительная организация. На нем в соответствии с реальными условиями показывают уточненные сроки и затраты труда на каждый вид строительно-монтажных работ. Рабочий график имеет подробный перечень всех работ. На его основе составляют графики обеспечения строительства элементами сборных конструкций, материалами, инвентарным оборудованием, а также графики потребности в рабочих, механизмах и монтажном оборудовании.

На календарном графике линии работ по всем сооружениям наносят по срокам предполагаемого их строительства. Строительство нелинейных объектов (труб, мостов, подпорных стенок) изображают в виде вертикальных линий, напротив мест их расположения на плане дороги, по срокам, принимаемым по типовым или индивидуальным проектам. Линии работ нелинейных сооружений наносят по срокам работ бригад и звеньев, выполняющих эти работы.

Линейные земляные работы выполняют тремя специализированными отрядами – бульдозерным, скреперным и экскаваторным.

Календарный график (рис. 32.1) представляет собой комплексный график, имеющий информационную составляющую и графическое изображение видов работ. График состоит из двух частей: нижней, содержащей информационные характеристики видов работ, и верхней, в которой виды работ, обозначенные ниже, представлены графически.

Линейные графики строят, принимая по горизонтали километры дороги, по вертикали – время, выраженное в сменах на весь период строительства. Под графиком показывают выпрямленный в линию план дороги с расположением всех сооружений, а ниже – объемы всех работ на каждом километре. Ниже графика приводят номера и состав отрядов и звеньев, участвующих в работе.

Информационная часть графика включает:

- протяженность дороги с разбивкой по пикетам;
- план трассы;
- объем и продолжительность выполнения подготовительных работ;
- строительство железобетонных труб;
- объем и продолжительность выполнения бульдозерных работ;
- объем и продолжительность выполнения скреперных работ;
- объем и продолжительность выполнения экскаваторных работ;
- выторфовывание болота с засыпкой грунтом;
- устройство присыпных обочин;
- отделочные работы.

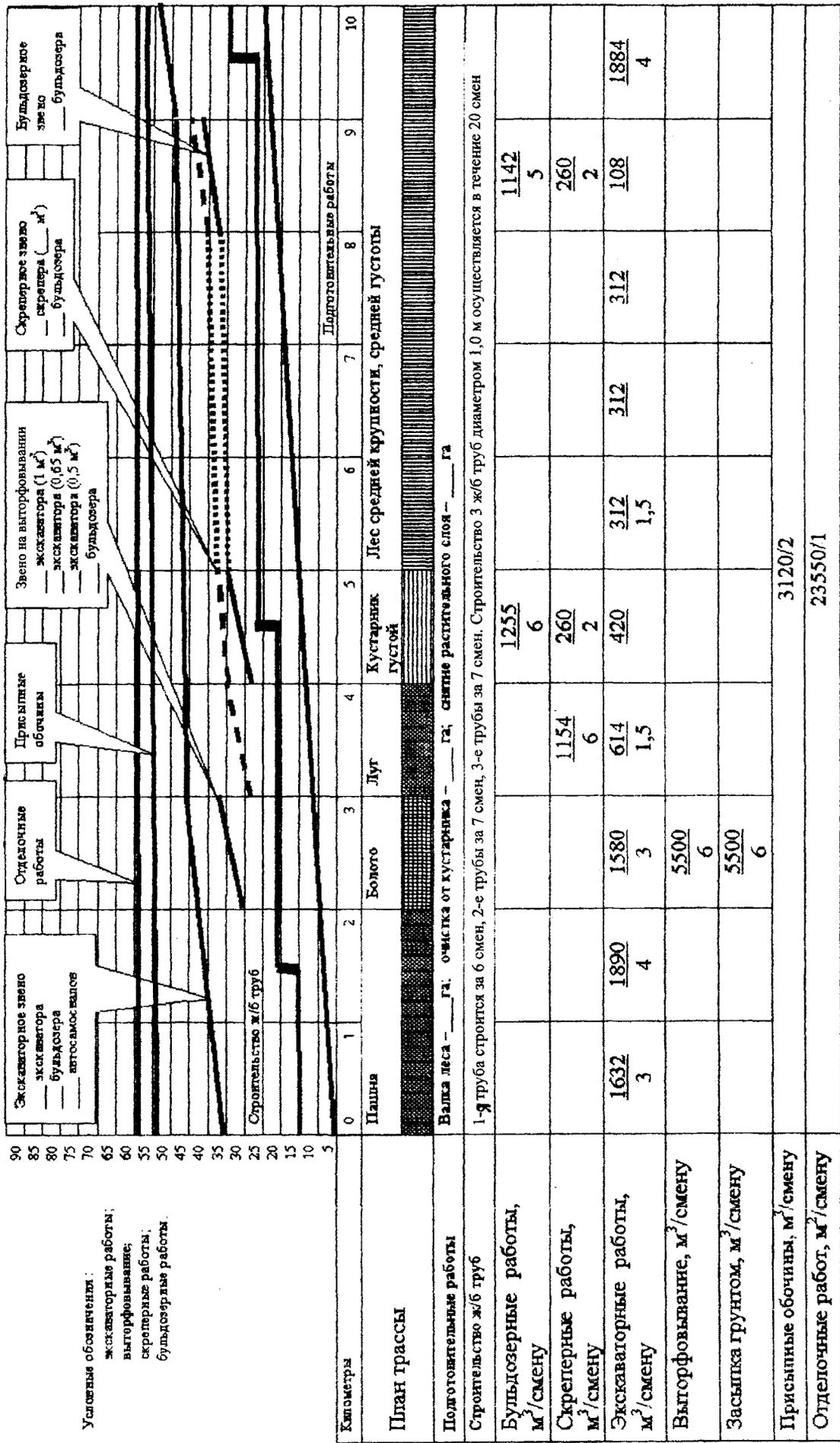


Рис. 31.1. Линейный календарный график возведения земляного полотна

Задание

1. Определить объемы работ, выполняемые машинно-дорожными отрядами, задействованными на земляных работах.
2. Построить линейный график возведения земляного полотна,

Для расчетов используются исходные данные, представленные в табл. ПЗ2.

Пример расчета

Исходные данные

1. Вариант –	26.
2. Количество рабочих смен в период строительства –	320.
3. Продолжительность выполнения работ, смен:	
– бульдозерных –	10.
– скреперных –	10.
– экскаваторных –	17.
– по выторфовыванию –	6.
– устройству присыпных обочин –	2.
– отделочных работ –	1.
4. Протяженность участка строительства, км –	1.
5. Количество водопропускных труб, шт. –	3.

Порядок расчета

1. На отдельном листе вычерчивают график, состоящий из двух частей:
 - верхней, отражающей выполнение отдельных видов работ во времени;
 - нижней, содержащий информацию об объемах работ и времени, в течение которого они выполняются.

1.1. Построение верхней графической части выполняют с учетом следующих рекомендаций. По горизонтали протяженность строящегося участка дороги разбивают на пикеты (протяженность участка принимается по исходным данным). По вертикали откладывают период строительства (в сменах), примерно равный 0,3 от $D_{рс}$.

В примере, участок длиной 1 км разбивается на 10 пикетов. Временную ось принимают из расчета

$$320 \text{ смен (исходные данные)} \cdot 0,3 = 96 \text{ смен.}$$

- 1.2. Нижняя часть графика имеет следующую последовательность сверху вниз:

- 1) пикеты;
- 2) план трассы;

- 3) подготовительные работы;
- 4) строительство железобетонных труб;
- 5) бульдозерные работы;
- 6) скреперные работы;
- 7) экскаваторные работы;
- 8) выторфовывание;
- 9) засыпка грунтом;
- 10) присыпные обочины;
- 11) отделочные работы.

1.3. План трассы заполняется по данным продольного профиля или плана трассы дороги в горизонталях.

В учебных целях участок дороги разбивают в соответствии с характеристикой полосы отвода:

- 1) лес – 0,5 протяженности участка дороги;
- 2) кустарник – 0,1;
- 3) луг – 0,1;
- 4) болото – 0,1;
- 5) пашня – 0,2.

Болото располагают в месте устройства насыпи с минимальным объемом земляных работ. На выемке болото не размещать.

2. Определяют количество рабочих смен, в течение которых должны быть выполнены подготовительные работы:

$$D_{\text{смен пр}} = D_{\text{рс}} \cdot 0,06 = 320 \cdot 0,06 = 19,2 \approx 20 \text{ смен},$$

где $D_{\text{рс}}$ – количество рабочих смен в период строительства (исходные данные).

На графике проводят наклонную прямую линию, соединяющую нулевую точку графика и точку, соответствующую количеству смен выполнения подготовительных работ, отложенную в конце участка дороги.

В течение установленного периода должны быть выполнены работы:

- по восстановлению и закреплению трассы дороги;
- расчистке полосы отвода;
- удалению растительного слоя;
- проведению разбивочных работ;
- постройке временных сооружений, линий связи, электропередач, временных дорог.

3. Обозначают на графике сосредоточенные работы, к которым относится строительство искусственных сооружений. Сосредоточенные работы обозначаются отрезками вертикальных прямых, проведенных в точке их месторасположения. Разрыв между прямыми линиями, обозначающими отставание последующих работ от предыдущих, составляет 2–6 смен. Этот промежуток времени связан с технологическим разрывом.

3.1. Железобетонные трубы размещают в местах скапливания талой и дождевой вод возле дорожного полотна, там, где насыпь преграждает путь отходу воды по уклону. Для того, чтобы правильно выбрать месторасположение водопропускных труб необходимо иметь продольный профиль и план трассы в горизонталях, на основании которых можно спрогнозировать места скопления воды и пути ее отвода от дорожного полотна.

Для решения учебной задачи необходимо воспользоваться графиком распределения земляных масс (см. табл. 17.1, строка 1). Из профильного объема работ по насыпи выбирают три пикета, на которых объем насыпи наибольший, и закладывают на этих пикетах строительство водопропускных труб. В данном примере такими пикетами являются 2, 5 и 10. На третьем пикете расположено болото, на котором производят полное выторфовывание, поэтому водопропускную трубу не устраивают. Согласно исходным данным строительство железобетонных труб должно быть закончено через 20 смен. Разбивают это количество смен на изготовление каждой трубы. Например:

1-я труба – 6 смен;

2-я труба – 7 смен;

3-я труба – 7 смен.

3.2. На линейном календарном графике наносят вертикальные отрезки, равные числу смен для каждой трубы. Эти отрезки соединяют горизонтальными линиями. При обозначении сосредоточенных работ необходимо контролировать, чтобы строительство труб не начиналось раньше выполнения подготовительных работ и, чтобы между этими работами был технологический разрыв в 2–3 смены.

4. Обозначают бульдозерные работы. Судя по графику распределения земляных масс, бульдозерные работы выполняются на 5-м и 9-м пикетах (строка 23). На 5-м пикете объем работ составляет 1255 м^3 , на 9-м пикете – 1142 м^3 . Переносят объемы работ на аналогичные пикеты линейного графика. Согласно исходным данным эти работы выполняются за 10 смен. Делят эти смены пропорционально объемам:

5-й пикет – объем 1255 м^3 – за 6 смен;

9-й пикет – объем 1142 м^3 – за 5 смен.

На графике наносят две наклонные линии: на 5-м пикете – на 6 смен, на 9-м пикете – на 5 смен.

5. Обозначают скреперные работы. По графику распределения земляных масс скреперные работы выполняются на 4-м, 5-м и 9-м пикетах (строки 24 и 25). Переносят объемы скреперных работ на соответствующие пикеты линейного графика. Согласно исходным данным скреперные работы должны быть выполнены за 10 смен. Делят смены пропорционально объемам:

4-й пикет – объем 1154 м^3 – 6 смен;

5-й пикет – объем 260 м^3 – 2 смены;

9-й пикет – объем 260 м^3 – 2 смены.

На линейном графике на соответствующих пикетах проводят три наклонные линии, соответствующие количеству смен работы на пикетах.

6. Обозначают экскаваторные работы. Из графика распределения земляных масс (строка 31) переносят объемы работ на соответствующие пикеты линейного графика. Согласно исходным данным экскаваторные работы выполняются в течение 17 смен. Делят количество смен пропорционально выполненным объемам на пикетах:

1-й пикет – объем 1632 м^3 – 3 смены;

2-й пикет – объем 1890 м^3 – 4 смены;

3-й пикет – объем 1580 м^3 (из 7080 м^3 вычитается объем грунта засыпки траншеи равный 5500 м^3 , который будет учитываться отдельно в линейном графике) – 3 смены;

4-й пикет – объем 614 м^3 – ПК 4 + 5 = 1,5 смены;

5-й пикет – объем 420 м^3 ;

6-й пикет – объем 312 м^3 – ПК 6 + 7 + 6 + 9 = 1,5 смены;

7-й пикет – объем 312 м^3 ;

8-й пикет – объем 312 м^3 ;

9-й пикет – объем 108 м^3 ;

10-й пикет – объем 1884 м^3 – 4 смены.

Итого объем экскаваторных работ составил 9064 м^3 .

На линейном графике проводят наклонные линии, соответствующие выполнению экскаваторных работ на отрезке ПК 1–3 – 10 смен; ПК 4–9 – 3 смены; ПК 10 – 4 смены.

7. Обозначают работы по выторфовыванию. Согласно нанесенной ситуации на план трассы болото расположено на третьем пикете. Через болото глубиной 2,5 м будет проходить насыпь высотой 3 м дороги, относящейся ко II технической категории. Перед сооружением насыпи выполняют полное выторфовывание болотистого грунта до минерального дна (на глубину 2,5 м). Ширина полосы выторфовывания равна ширине насыпи понизу.

На основании данных графика распределения земляных масс (строка 34) объем выторфовывания составляет 5500 м^3 . Согласно исходным данным этот объем работ должен быть выполнен за 6 смен. Проводят на третьем пикете линейного графика наклонную линию, соответствующую 6 сменам работы. Этот вид работ должен предшествовать экскаваторным работам, когда начнется отсыпка насыпи дорожного полотна.

8. Заполняют графу линейного графика по засыпке образовавшейся траншеи после удаления болотистого грунта привозным дренирующим грунтом. Объем привозного грунта соответствует объему образовавшейся траншеи. Работы по засыпке траншеи совмещают с рытьем траншеи.

После замены грунта на болоте производят отсыпку насыпи. Поэтому экскаваторные работы возобновляют через 6 смен, в течение которых автосамосвалы были заняты на вывозке торфа и подвозке грунта для засыпки, а экскаваторы находились на профилактическом ремонте.

9. Обозначают работы по устройству присыпных обочин. Объем работ принимают из строки 7 графика распределения земляных масс (см. табл. 17.2).

В примере этот объем составляет 3120 м³. Согласно исходным данным работы по устройству присыпных обочин выполняют в течение 2 смен.

Наносят на линейный график наклонную линию от нулевого пикета до последнего с количеством смен равным 2.

10. Обозначают отделочные работы, связанные с профилированием верха дорожного полотна и обочин. Этот вид работ измеряется в м². Согласно строкам 36 и 37 графика распределения земляных масс суммарная цифра составляет 23550 м². Этот вид работ планируется быть выполненным в течение одной рабочей смены.

Наносят на график наклонную линию, соответствующую количеству смен равной одной.

11. При наличии данных по составу звеньев (экскаваторного, бульдозерного, скреперного, звена по выторфовыванию) на графике заполняются данные по количественному машин, входящих в состав звена.

После проведения земляных работ объект готов для сооружения дорожной одежды.

Заключение

На основании графика распределения земляных масс получены объемы работ, выполняемые бульдозерным, скреперным, экскаваторным звеньями, а также звеном по выторфовыванию болота. Суммарное количество рабочих смен, необходимых для выполнения каждого вида работ составляет 87 смен. Однако за счет параллельного проведения работ с технологическими разрывами в 2–6 смен количество рабочих смен составило 62 смены.

Практическая работа № 33

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СКОРОСТИ СТРОИТЕЛЬНОГО ПОТОКА И РАСЧЕТ КОЛИЧЕСТВА МАТЕРИАЛА ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ СКОРОСТИ ПОТОКА

Введение

Поточный метод организации производства дорожно-строительных работ – это такой метод, при котором все работы ведутся передвижными специализированными дорожно-строительными подразделениями, движущимися по дороге одно за другим в непрерывной технологической последовательности с заданной средней скоростью, обеспечивающей согласованное движение всего потока.

По составу и назначению различают: частные, специализированные и объектные или комплексные потоки.

При сооружении сложных конструкций специализированный поток разделяют на **частные потоки**, для которых подбирают механизированные звенья. Производительность частного потока определяют его скоростью в смену, т.е. протяженностью сменной захватки. **Частные линейные потоки** могут быть для подготовительных работ, возведения труб, выполнения линейных земляных работ и водоотводных сооружений, дорожных оснований, дорожных покрытий, обстановки пути.

К частным нелинейным потокам относят: возведение земляного полотна в местах сосредоточенных работ, строительство больших искусственных сооружений.

Специализированный поток – часть потока комплексного при организации дорожно-строительных работ для выполнения отдельных видов этих работ. Его можно характеризовать как совокупность частных потоков, объединенных системой параметров и схемой потока, а также общей строительной продукцией в виде части дороги или какого-либо сооружения.

Специализированный поток по строительству дорожной одежды в общем случае будет состоять из 3 частных потоков:

- 1) впередиидущий частный поток по строительству дополнительного слоя основания;
- 2) частный поток по строительству дорожного основания;
- 3) поток по строительству дорожного покрытия.

Комплексный поток – это совокупность специализированных потоков, объединенных общей организационной структурой дорожно-строительной организации. Включает кроме потоков, выполняющих строительно-монтажные работы непосредственно на дороге, подразделения, выполняющие заготовительные работы, в том числе по приготовлению дорожно-строительных материалов и полуфабрикатов, транспортные работы и работы по техническому обслуживанию машин.

Одним из элементов поточного метода дорожного строительства является скорость потока.

Скорость потока – длина участка дороги, на котором поток заканчивает все работы за час, смену, сутки. Скорость потока для каждого конструктивного слоя дорожной одежды устанавливается в зависимости от длины дороги и срока строительства.

Целесообразно скорость потока принимать равной длине сменной захватки. В этом случае механизированное звено получает в свое распоряжение захватку, на которой в течение смены выполняется определенный рабочий процесс.

Захватка – это участок строящейся дороги, на котором расположены основные производственные средства, выполняющие одну или несколько совмещенных во времени рабочих операций одним специализированным звеном в течение смены.

На линейных календарных графиках при поточном методе и одинаковой скорости потока по всем конструктивным слоям линейные работы обозначаются

узкими полосами. При этом проекции вертикального сечения на ось времени показывают период развертывания поточного производства линейных работ t_p . Проекция горизонтального сечения на ось дороги показывает длину потока и место его нахождения в данный отрезок времени.

Основной параметр (скорость потока) на линейном календарном графике характеризуется углом наклона линий.

При определении времени развертывания потока t_p следует учитывать, что для каменных материалов, неукрепленных вяжущими веществами, черного щебня (гравия), асфальтобетонных смесей время между началом работ по устройству отдельных слоев должно составлять не менее 2 смен (сегодня – на завтра). При наличии в конструктивных слоях материалов, укрепленных минеральными вяжущими, жидкими битумами, когда требуется твердение основного вяжущего или регулирование движения, это время увеличивается до 3–7 суток. При устройстве поверхностной обработки по свежееуложенному цементобетонному покрытию требуется твердение бетона не менее 28 суток.

Задание

1. Определить скорость потока при строительстве автомобильной дороги.
2. Определить необходимое количество перевозимого материала.
3. Построить график средней дальности возки дорожно-строительных материалов.
4. Определить транспортную работу для сравниваемых вариантов.

Для расчетов используются исходные данные, представленные в табл. ПЗЗ.

Пример расчета

Исходные данные

- | | |
|--|------|
| 1. Вариант – | 26. |
| 2. Длина строящегося участка, км – | 20. |
| 3. Число рабочих смен в году $D_{рс}$ – | 327. |
| 4. Число рабочих смен на выполнение земляных работ $D_{рс зр}$ – | 150. |
| 5. Время развертывания потока – | 10. |

Порядок расчета

1. Определяют скорость потока при строительстве автомобильной дороги.
 - 1.1. Определяют количество рабочих смен, в течение которых выполняют подготовительные работы:

$$D_{рс.пр} = (0,06 - 0,1)D_{рс} = 0,06 \cdot 327 = 20 \text{ см},$$

где $D_{рс}$ – количество рабочих смен в году, в течение которых выполняются все виды работ (исходные данные).

1.2. Определяют количество рабочих смен, в течение которых сооружают дорожную одежду:

$$D_{\text{рс.до.}} = D_{\text{рс}} - D_{\text{рс зр}} - D_{\text{рс.пр.}} = 327 - 150 - 20 = 157 \text{ см,}$$

где $D_{\text{рс зр}}$ – количество рабочих смен, в течение которых выполняются земляные работы (исходные данные).

1.3. Определяют скорость потока

$$V_{\text{п}} = \frac{L}{\sum D_{\text{рс до}} \cdot t_{\text{р}}}, \text{ м/смену,}$$

где L – длина участка дороги (исходные данные);

$t_{\text{р}}$ – время на развертывание потока (исходные данные).

$$V_{\text{п}} = \frac{20000}{157 - 10} = 136 \text{ м/смену.}$$

Принимают скорость потока равной 136 м/смену.

2. Определяют потребность в материалах для обеспечения скорости потока.

2.1. Рассчитывают количество составляющих на полную длину строящегося участка автомобильной дороги. Для этого принимают количество компонентов, рассчитанное на 1 км (см. табл. 23.3), и умножают на длину участка:

$$Q_0 = Q_1 \cdot L_{\text{уч}} = 6050 \cdot 20 = 121000 \text{ м}^3,$$

где Q – количество материала на 1 км дороги, м^3 ;

L – длина участка строящейся дороги, км.

Полученные результаты заносят в табл. 33.1.

Таблица 33.1

Результаты расчета материалов

Наименование материала	Количество, необходимое на 1 км	Количество, необходимое для участка строящейся дороги
1	2	3
Дополнительный слой основания:		
песок	6050	121000
вода	275	5500
Нижний слой основания:		
песок	1046	20920
гравий	697	13940
зола уноса	634	12680
ПАВ	16	320

1	2	3
Верхний слой основания:		
Гравий	889	17780
щебень	382	7640
вода	53	1060
битум	68	1360
Нижний слой покрытия:		
пористый асфальтобетон	1619	32380
Верхний слой покрытия:		
плотный асфальтобетон	1470	29400

2.2. Определяют количество материала, необходимого для обеспечения скорости потока:

$$Q_{\Pi} = \frac{Q_0}{L} \cdot V_{\Pi},$$

где Q_0 – общая потребность в материалах на строительство конструктивного слоя одежды;

L – длина участка дороги, м;

V_{Π} – скорость потока.

Расчет потребности материала для обеспечения скорости потока ведут в табличной форме (табл. 33.2).

Таблица 33.2

Ведомость потребности материалов для обеспечения скорости потока

Наименование конструктивных слоев дорожной одежды	Наименование материала	Единицы измерения	Кол-во материалов на дорогу	Порядок расчета	Кол-во материала с учетом скорости потока
1	2	3	4	5	6
1. Дополнительный слой основания из песка	песок	м ³	121000	$\frac{121000}{20000} \cdot 136$	823
	вода	м ³	5500	$\frac{5500}{20000} \cdot 136$	38
2. Нижний слой основания из гравийно-песчаной смеси, укрепленной золой уноса	песок	м ³	20920	$\frac{20920}{20000} \cdot 136$	143
	гравий	м ³	13940	$\frac{13940}{20000} \cdot 136$	95
	зола уноса	т	12680	$\frac{12680}{20000} \cdot 136$	87
	ПАВ	т	320	$\frac{320}{20000} \cdot 136$	3

1	2	3	4	5	6
3. Верхний слой основания из гравийного материала с добавлением 30 % щебня, обработанных битумной эмульсией	гравий	м ³	17780	$\frac{17780}{20000}^{136}$	121
	щебень	м ³	7640	$\frac{7640}{20000}^{136}$	
	вода	м ³	1060	$\frac{1060}{20000}^{136}$	8
	битум	т	1360	$\frac{1360}{20000}^{136}$	
4. Нижний слой покрытия из горячего щебенистого пористого асфальтобетона крупнозернистого	АБС	т	32380	$\frac{32380}{20000}^{136}$	221
5. Верхний слой покрытия из горячего асфальтобетона мелкозернистого типа Б	АБС	т	29400	$\frac{29400}{20000}^{136}$	200

Заключение

Рассчитана скорость потока (136 м/смену).

Определена потребность в дорожно-строительных материалах, необходимых для обеспечения скорости потока.

Практическая работа № 34

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЛИЧЕСТВА МАШИН, НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ РАБОТ

Введение

Подвозка необходимых материалов к местам их использования осуществляется автомобильным транспортом. Для производства транспортных работ необходимо выбрать тип автомобиля и его грузоподъемность. Республика Беларусь обеспечивает свои потребности в грузовом автотранспорте моделями, выпускаемыми на Минском автомобильном заводе. Технические характеристики автомобилей-самосвалов представлены в табл. 34.1. Грузоподъемность автомобилей должна быть увязана с производительностью погрузочных средств и производительностью производственного предприятия.

Технические характеристики автомобилей-самосвалов

Марка автомобиля	МАЗ-5551	МАЗ-55513	МАЗ-5516	МАЗ-55165
Полная масса автомобиля (автопоезда), кг	17620	16000	32000	33000
Грузоподъемность, кг	10000	7000	20000	19500
Объем платформы, м ³	5,5	5,5	10,5	10,5
Мощность двигателя, кВт	132	176	243	243
Максимальная скорость, км/ч	83	70	88	74
Контрольный расход топлива, л/100 км, при $V = 60$ км/ч	22,6	38	32	40

После выбора автомобиля переходят к проектированию транспортных работ. При этом необходимо учесть возможность сочетания различных видов транспортных работ по срокам, чтобы обеспечить равномерную загрузку автотранспорта. С этой целью необходимо исходить из постоянной занятости определенного минимального количества машин, обеспечивающего выполнение работ в установленные сроки с учетом бесперебойного вывоза на трассу таких материалов, как асфальтобетонная смесь. Вывозку других материалов на трассу и на производственные предприятия необходимо проектировать так, чтобы всегда полностью удовлетворялась потребность в этих материалах, а количество работающих машин было бы не более минимально необходимого количества, устанавливаемого расчетом, исходя из следующих условий:

1) количество машин должно быть не меньше требуемого для перевозки асфальтобетонной смеси и других материалов при наибольшей дальности их возки. При этом должна быть обеспечена принятая скорость потока;

2) количество машин должно быть не менее такого, которое требуется для равномерного выполнения всех транспортных работ за принятый срок строительства. Для определения этого количества машин производится расчет общей потребности в перевозках (т/км).

Задание

1. Определить ориентировочные границы действия гравийных и песчаных карьеров.

2. Определить производительность автосамосвалов.
3. Определить количество автосамосвалов, необходимых для перевозки дорожно-строительных материалов, обеспечивающих скорость строительного потока.

Для расчета используются исходные данные, представленные в табл. ПЗ4.

Пример расчета

Исходные данные

1. Вариант –	26.
2. Расстояние от П-1 до строящегося участка, км –	2.
Расстояние от П-2 до стоящего участка, км –	4.
№ км примыкания подъездной дороги от П-1 –	2.
№ км примыкания подъездной дороги от П-2 –	19.
3. Расстояние от ГР-1 до строящегося участка, км –	3.
Расстояние от ГР-2 до стоящего участка, км –	6.
№ км примыкания подъездной дороги от ГР-1 –	1.
№ км примыкания подъездной дороги от ГР-2 –	18.
4. Насыпная плотность песка, т/м ³ –	1,5.
5. Насыпная плотность ПГС, т/м ³ –	1,6.
6. Расстояние от трассы до АБЗ, км –	10.
№ км примыкания подъездной дороги от АБЗ –	6.
7. Марка автомобиля –	МАЗ-5551.
8. Протяженность строящегося участка, км –	20.

Порядок расчета

1. По исходным данным составляют схему размещения производственных предприятий (рис. 34.1), учитывая километры примыкания подъездов к строящемуся участку автомобильной дороги длиной 20 километров.

2. Составляют конструктивную схему дорожной одежды, состоящей:

- из дополнительного слоя песка;
- нижнего слоя основания;
- верхнего слоя основания;
- нижнего слоя покрытия;
- верхнего слоя покрытия.

2.1. Материал для конструктивных слоев дорожной одежды принимают такой же, как и в практической работе № 33.

3. Составляют таблицу потребности в дорожно-строительных материалах (табл. 34.2). Для этого из табл. 33.2 выбирают количество материала с учетом скорости потока.

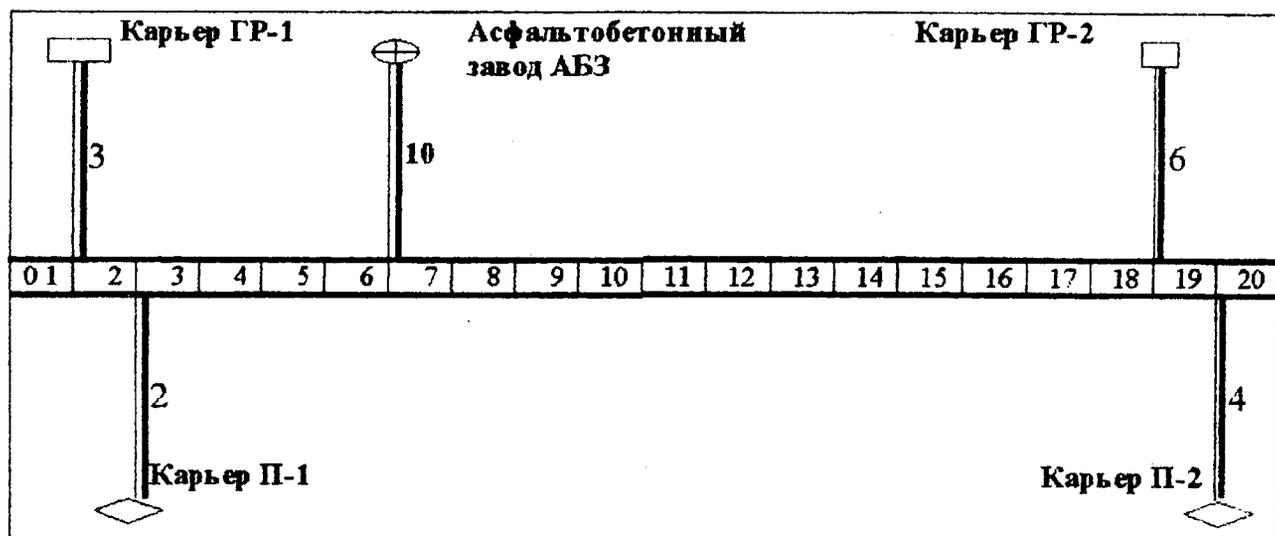


Рис. 34.1. Схема расположения производственных предприятий

Таблица 34.2

Количество дорожно-строительного материала, необходимого для строительства дорожной одежды участка автомобильной дороги

Наименование конструктивных слоев дорожной одежды	Наименование материала	Единицы измерения	Количество материала с учетом скорости потока
1	2	3	4
1. Дополнительный слой основания из песка	песок	м ³	823
	вода	м ³	38
2. Нижний слой основания из гравийно-песчаной смеси, укрепленной золой уноса	песок	м ³	143
	гравий	м ³	95
	зола уноса	т	87
	ПАВ	т	3
3. Верхний слой основания из гравийного материала с добавлением 30 % щебня, обработанных битум. эмульсий	гравий	м ³	121
	щебень	м ³	52
	вода	м ³	8
	битум	т	10
4. Нижний слой покрытия из горячего щебенистого пористого асфальтобетона крупнозернистого	АБС	т	221
5. Верхний слой покрытия из горячего асфальтобетона мелкозернистого типа Б	АБС	т	200

4. Определяют ориентировочную границу действия карьеров. Для точного определения границы производят расчет стоимости перевозки одного м³

материала с учетом его отпускной цены и транспортных расходов. Построив эпюру стоимости перевозки материалов из каждого предприятия, определяют точку пересечения эпюр, свидетельствующих о равенности стоимости грузоперевозок.

Ориентировочный расчет выполняется с учетом подъездных дорог от карьеров к строящемуся участку и расстояния между этими подъездными дорогами.

4.1. Ориентировочная граница действия гравийных карьеров.

Расстояние от карьера ГР-1 до строящегося участка составляет 3 км.

Расстояние от карьера ГР-2 до строящегося участка составляет 6 км.

Расстояние между подъездными дорогами – 17 км.

4.2. Определяют разность между подъездными дорогами

$$l = l_{1,ГР} - l_{2,ГР} = 6 - 3 = 3 \text{ км},$$

где $l_{1,ГР}$ – подъездная дорога от карьера ГР-1, км;

$l_{2,ГР}$ – подъездная дорога от карьера ГР-2, км.

4.3. Определяют длину строящегося участка с учетом разности подъездных дорог

$$L_1 = L - l = 17 - 3 = 14 \text{ км},$$

где L – участок строящейся дороги между подъездными дорогами, км;

l – разность между подъездными дорогами, км.

4.4. Полученную длину делят пополам:

$$L_2 = \frac{L_1}{2} = \frac{14}{2} = 7 \text{ км}.$$

4.5. Определяют границу действия гравийных карьеров

$$L_{ГР,1} = L_2 + l = 7 + 3 = 10 \text{ км}.$$

С учетом длины всего строящегося участка получают

$$10 + 1 = 11 \text{ км}.$$

Таким образом, на 11-м километре расположена точка зоны действия гравийных карьеров

5. Аналогичным образом определяют зону действия песчаных карьеров.

5.1. Ориентировочная граница действия песчаных карьеров.

Расстояние от карьера П-1 до строящегося участка составляет 2 км.

Расстояние от карьера П-2 до строящегося участка составляет 4 км.

Расстояние между подъездными дорогами – 17 км.

5.2. Определяют разность между подъездными дорогами

$$l = l_{2,П} - l_{1,П} = 4 - 2 = 2 \text{ км},$$

где $l_{1,П}$ – подъездная дорога от карьера П-1, км;

$l_{2,П}$ – подъездная дорога от карьера П-2, км.

5.3. Определяют длину строящегося участка с учетом разности подъездных дорог

$$L_1 = L - l = 17 - 2 = 15 \text{ км},$$

где L – участок строящейся дороги между подъездными дорогами, км;

l – разность между подъездными дорогами, км.

5.4. Полученную длину делят пополам:

$$L_2 = \frac{L_1}{2} = \frac{15}{2} = 7,5 \text{ км}.$$

5.5. Определяют границу действия песчаных карьеров:

$$L_{П,1} = L_2 + l = 7,5 + 2 = 9,5 \text{ км}.$$

С учетом длины всего строящегося участка получают

$$9,5 + 2 = 11,5 \text{ км}.$$

Таким образом, на 11,5-м километре расположена точка зоны действия песчаных карьеров.

6. Определяют среднее расстояние пробега отдельно для каждого маршрута автомобиля:

– от карьера (ГР-1, ГР-2) до трассы;

– от карьера ГР-1 до начала трассы (до нулевого пикета), т.е. с поворотом направо;

– от карьера ГР-1 до зоны действия карьеров (до 11 пикета), т.е. с поворотом налево;

– от карьера ГР-2 до зоны действия карьеров (до 11 пикета), т.е. с поворотом направо;

– от карьера ГР-2 до конца строящегося участка, т.е. с поворотом налево;

– от карьера (П-1, П-2) до трассы;

– от карьера П-1 до начала трассы (до нулевого пикета), т.е. с поворотом налево;

– от карьера П-1 до границы действия карьеров (до 11,5 пикета), т.е. с поворотом направо;

– от карьера П-2 до границы действия карьеров (до 11,5 пикета), т.е. с поворотом направо;

– от карьера П-2 до конца строящегося участка, т.е. с поворотов направо.

Аналогичным образом определяют среднее расстояние пробега для каждого маршрута при вывозке гравия и асфальтобетонной смеси:

– от АБЗ до трассы;

– от АБЗ до начала трассы (до нулевого пикета), т.е. с поворотом направо;

– от АБЗ до конца трассы, т.е. с поворотом налево.

Результаты расчетов сводят в табл. 34.3.

Таблица 34.3

Результаты расчета среднего расстояния пробега

Отправной пункт	Среднее расстояние пробега, км		
	до строящегося участка дороги	с поворотом направо	с поворотом налево
ГР-1	3	4	13
Гр-2	6	13	8
П-1	2	11,5	4
П-2	4	5	11,5
АБЗ	10	16	24

7. Определяют производительность автосамосвалов при расчете потребности автомобильного транспорта

$$P_a = \frac{T V K_{\text{пр}} q K_{\text{Г}} K_{\text{в}}}{(L_{\text{п.г}} + t V K_{\text{пр}}) \rho_{\text{н}}}, \text{ м}^3/\text{смену},$$

где T – продолжительность смены, ч ($T = 8$ ч);

V – средняя техническая скорость автомобиля, принимаемая 25 км/ч;

$K_{\text{пр}}$ – коэффициент полезного использования пробега, т.е. отношение пробега с грузом к общему пробегу (0,5);

q – грузоподъемность автомобиля (см. табл. 34.1) с учетом исходных данных;

$K_{\text{Г}}$ – коэффициент использования грузоподъемности (принимают равным 1,0);

$L_{\text{п.г}}$ – среднее расстояние пробега с грузом, км;

$K_{\text{в}}$ – коэффициент использования рабочего времени (принимают 0,87);

t – продолжительность простоя автомобиля под погрузкой и разгрузкой за одну поездку, рассчитывают с учетом данных табл. 21.3, ч;

$\rho_{\text{н}}$ – насыпная плотность материала, т/м³.

7.1. Определяют продолжительность простоя автомобиля под погрузкой и разгрузкой за одну поездку с учетом нормы простоя (табл. 34.4).

Нормы простоя автомобиля-самосвала под погрузкой-разгрузкой сыпучих материалов (песок, щебень, гравий, грунт и т.д.)

Грузоподъемность автомобиля, т	Продолжительность погрузки, мин			Продолжительность разгрузки, мин
	Экскаватор с ковшом объемом		из бункера	
	до 1 м ³	от 1 до 2 м ³		
1,5–2,25	2	–	1,5	1–2
2,25–4,5	2–4	2–3	3	1,5–2,5
4,5–7,0	5–7	3–4	4	2–3
7,0–10,0	10–12	3–5	6	3–6

Продолжительность простоя для автомобиля МАЗ-5551, имеющего грузоподъемность 10 т:

$$t = 12 + 3 = 15 \text{ мин.}$$

8. Определяют количество автомобилей

$$N_a = \frac{M}{P_a} \text{ авт,}$$

где M – количество материала, необходимого для обеспечения скорости потока (см. табл. 34.2);

P_a – производительность автосамосвала.

9. Результаты расчета сводят в табл. 34.5.

Таблица 34.5

Определение количества автосамосвалов

Наименование транспортируемого груза	Определение количества автосамосвалов			
	Производительность автосамосвалов, м ³ /смену		Количество, шт.	
	Расчет	Значение	Расчет	Значение
1	2	3	4	5
Дополнительный слой основания Песок карьер П-1 до трассы	$8 \cdot 25 \cdot 0,5 \cdot 10 \cdot 1,0 \cdot 0,87$	113,3	$\frac{823}{113,3}$	7,7 (8)
	$(2 + 0,25 \cdot 25 \cdot 0,5) \cdot 1,5$			
П-1 с поворотом налево	$8 \cdot 25 \cdot 0,5 \cdot 10 \cdot 1,0 \cdot 0,87$	81,3	$\frac{823}{81,3}$	10,2 (11)
	$(4 + 0,25 \cdot 25 \cdot 0,5) \cdot 1,5$			

1	2	3	4	5
П-1 с поворотом направо	$8 \cdot 25 \cdot 0,5 \cdot 10 \cdot 1,0 \cdot 0,87$	39,8	<u>823</u>	20,7
	$(11,5 + 0,25 \cdot 25 \cdot 0,5) \cdot 1,5$		39,8	(21)
Песок карьер П-2 до трассы	$8 \cdot 25 \cdot 0,5 \cdot 10 \cdot 1,0 \cdot 0,87$	81,3	<u>823</u>	10,2
	$(4 + 0,25 \cdot 25 \cdot 0,5) \cdot 1,5$		81,3	(11)
П-2 с поворотом налево	$8 \cdot 25 \cdot 0,5 \cdot 10 \cdot 1,0 \cdot 0,87$	39,8	<u>823</u>	20,7
	$(11,5 + 0,25 \cdot 25 \cdot 0,5) \cdot 1,5$		39,8	(21)
П-2 с поворотом направо	$8 \cdot 25 \cdot 0,5 \cdot 10 \cdot 1,0 \cdot 0,87$	71,3	<u>823</u>	11,6
	$(5 + 0,25 \cdot 25 \cdot 0,5) \cdot 1,5$		71,3	(12)
Основание (нижний слой) (60 % П + 40 % ГР) Песок карьер П-1 до трассы	$8 \cdot 25 \cdot 0,5 \cdot 10 \cdot 1,0 \cdot 0,87$	113,3	<u>143</u>	1,3
	$(2 + 0,25 \cdot 25 \cdot 0,5) \cdot 1,5$		113,3	(2)
П-1 с поворотом налево	$8 \cdot 25 \cdot 0,5 \cdot 10 \cdot 1,0 \cdot 0,87$	81,3	<u>143</u>	1,7
	$(4 + 0,25 \cdot 25 \cdot 0,5) \cdot 1,5$		81,3	(2)
П-1 с поворотом направо	$8 \cdot 25 \cdot 0,5 \cdot 10 \cdot 1,0 \cdot 0,87$	39,8	<u>143</u>	3,6
	$(11,5 + 0,25 \cdot 25 \cdot 0,5) \cdot 1,5$		39,8	(4)
Песок карьер П-2 до трассы	$8 \cdot 25 \cdot 0,5 \cdot 10 \cdot 1,0 \cdot 0,87$	81,3	<u>143</u>	1,7
	$(4 + 0,25 \cdot 25 \cdot 0,5) \cdot 1,5$		81,3	(2)
П-2 с поворотом налево	$8 \cdot 25 \cdot 0,5 \cdot 10 \cdot 1,0 \cdot 0,87$	39,8	<u>143</u>	3,6
	$(11,5 + 0,25 \cdot 25 \cdot 0,5) \cdot 1,5$		39,8	(4)
П-2 с поворотом направо	$8 \cdot 25 \cdot 0,5 \cdot 10 \cdot 1,0 \cdot 0,87$	71,3	<u>143</u>	2,0
	$(5 + 0,25 \cdot 25 \cdot 0,5) \cdot 1,5$		71,3	(2)
Гравий карьер ГР-1 до трассы	$8 \cdot 25 \cdot 0,5 \cdot 10 \cdot 1,0 \cdot 0,87$	94,6	<u>95</u>	1,0
	$(3 + 0,25 \cdot 25 \cdot 0,5) \cdot 1,6$		94,6	(1)
ГР-1 с поворотом налево	$8 \cdot 25 \cdot 0,5 \cdot 10 \cdot 1,0 \cdot 0,87$	35,9	<u>95</u>	2,7
	$(13 + 0,25 \cdot 25 \cdot 0,5) \cdot 1,5$		35,9	(3)
ГР-1 с поворотом направо	$8 \cdot 25 \cdot 0,5 \cdot 10 \cdot 1,0 \cdot 0,87$	81,3	<u>95</u>	1,2
	$(4 + 0,25 \cdot 25 \cdot 0,5) \cdot 1,6$		81,3	(2)
Гравий карьер ГР-2 до трассы	$8 \cdot 25 \cdot 0,5 \cdot 10 \cdot 1,0 \cdot 0,87$	63,5	<u>95</u>	1,5
	$(6 + 0,25 \cdot 25 \cdot 0,5) \cdot 1,6$		63,5	(2)
ГР-2 с поворотом налево	$8 \cdot 25 \cdot 0,5 \cdot 10 \cdot 1,0 \cdot 0,87$	52,1	<u>95</u>	1,8
	$(8 + 0,25 \cdot 25 \cdot 0,5) \cdot 1,6$		52,1	(2)
ГР-2 с поворотом направо	$8 \cdot 25 \cdot 0,5 \cdot 10 \cdot 1,0 \cdot 0,87$	35,9	<u>95</u>	2,7
	$(13 + 0,25 \cdot 25 \cdot 0,5) \cdot 1,6$		35,9	(3)
Основание (верхний слой) (70% ГР + 30 Ш) Гравий Карьер ГР-1 до трассы	$8 \cdot 25 \cdot 0,5 \cdot 10 \cdot 1,0 \cdot 0,87$	94,6	<u>121</u>	1,3
	$(3 + 0,25 \cdot 25 \cdot 0,5) \cdot 1,6$		94,6	(2)

1	2	3	4	5
ГР-1 с поворотом налево	$8 \cdot 25 \cdot 0,5 \cdot 10 \cdot 1,0 \cdot 0,87$	35,9	$\frac{121}{35,9}$	3,4
	$(13 + 0,25 \cdot 25 \cdot 0,5) \cdot 1,5$		(4)	
ГР-1 с поворотом направо	$8 \cdot 25 \cdot 0,5 \cdot 10 \cdot 1,0 \cdot 0,87$	81,3	$\frac{121}{81,3}$	1,5
	$(4 + 0,25 \cdot 25 \cdot 0,5) \cdot 1,6$		(2)	
Гравий карьер ГР-2 до трассы	$8 \cdot 25 \cdot 0,5 \cdot 10 \cdot 1,0 \cdot 0,87$	63,5	$\frac{121}{63,5}$	1,9
	$(6 + 0,25 \cdot 25 \cdot 0,5) \cdot 1,6$		(2)	
ГР-2 с поворотом налево	$8 \cdot 25 \cdot 0,5 \cdot 10 \cdot 1,0 \cdot 0,87$	52,1	$\frac{121}{52,1}$	2,3
	$(8 + 0,25 \cdot 25 \cdot 0,5) \cdot 1,6$		(3)	
ГР-2 с поворотом направо	$8 \cdot 25 \cdot 0,5 \cdot 10 \cdot 1,0 \cdot 0,87$	35,9	$\frac{121}{35,9}$	3,4
	$(13 + 0,25 \cdot 25 \cdot 0,5) \cdot 1,6$		(4)	
Щебень ж/д станция до трассы	$8 \cdot 25 \cdot 0,5 \cdot 10 \cdot 1,0 \cdot 0,87$	41,4	$\frac{52}{41,4}$	1,3
	$(10 + 0,25 \cdot 25 \cdot 0,5) \cdot 1,6$		(2)	
ж/д станция с поворотом налево	$8 \cdot 25 \cdot 0,5 \cdot 10 \cdot 1,0 \cdot 0,87$	20,0	$\frac{52}{20,0}$	2,6
	$(24 + 0,25 \cdot 25 \cdot 0,5) \cdot 1,6$		(3)	
ж/д станция с поворотом направо	$8 \cdot 25 \cdot 0,5 \cdot 10 \cdot 1,0 \cdot 0,87$	28,4	$\frac{52}{28,4}$	1,8
	$(16 + 0,25 \cdot 25 \cdot 0,5) \cdot 1,6$		(2)	
Покрытие АБС (нижний слой) АБЗ до трассы	$8 \cdot 25 \cdot 0,5 \cdot 10 \cdot 1,0 \cdot 0,87$	66,3	$\frac{221}{66,3}$	3,4
	$(10 + 0,25 \cdot 25 \cdot 0,5)$		(4)	
АБЗ с поворотом налево	$8 \cdot 25 \cdot 0,5 \cdot 10 \cdot 1,0 \cdot 0,87$	32,1	$\frac{221}{32,1}$	6,9
	$(24 + 0,25 \cdot 25 \cdot 0,5)$		(7)	
АБЗ с поворотом направо	$8 \cdot 25 \cdot 0,5 \cdot 10 \cdot 1,0 \cdot 0,87$	45,5	$\frac{221}{45,5}$	4,9
	$(16 + 0,25 \cdot 25 \cdot 0,5)$		(5)	
Покрытие АБС (верхний слой) АБЗ до трассы	$8 \cdot 25 \cdot 0,5 \cdot 10 \cdot 1,0 \cdot 0,87$	66,3	$\frac{200}{66,3}$	3,0
	$(10 + 0,25 \cdot 25 \cdot 0,5)$		(3)	
АБЗ с поворотом налево	$8 \cdot 25 \cdot 0,5 \cdot 10 \cdot 1,0 \cdot 0,87$	32,1	$\frac{200}{32,1}$	6,3
	$(24 + 0,25 \cdot 25 \cdot 0,5)$		(7)	
АБЗ с поворотом направо	$8 \cdot 25 \cdot 0,5 \cdot 10 \cdot 1,0 \cdot 0,87$	45,5	$\frac{200}{45,5}$	4,4
	$(16 + 0,25 \cdot 25 \cdot 0,5)$		(5)	

На основании табл. 34.5. составляют сводную ведомость потребности в автосамосвалах (табл. 34.6).

**Ведомость потребности в автосамосвалах для перевозки
дорожно-строительных материалов**

Наименование материала		Маршрут следования автомобилей					
		Карьеры (песок, ПГС)			АБЗ, ж/д станция		
		до места выхода на трассу	влево от места выхода	вправо от места выхода	до места выхода на трассу	влево от места выхода	вправо от места выхода
Дополнительный слой основания. Песок	П-1	$\frac{113,3}{8}$	$\frac{81,3}{11}$	$\frac{39,8}{21}$			
	П-2	$\frac{81,3}{11}$	$\frac{39,8}{21}$	$\frac{71,3}{12}$			
Основание нижний слой (60 % П + + 40 %Гр)	П-1	$\frac{113,3}{2}$	$\frac{81,3}{21}$	$\frac{71,3}{12}$			
	П-2	$\frac{81,3}{2}$	$\frac{39,8}{4}$	$\frac{71,3}{2}$			
	Гр-1	$\frac{94,6}{1}$	$\frac{35,9}{3}$	$\frac{81,3}{2}$			
	Гр-2	$\frac{63,5}{2}$	$\frac{52,1}{2}$	$\frac{35,9}{3}$			
Основание верхний слой (70 %Гр + + 30 %Щ)	Гр-1	$\frac{94,6}{2}$	$\frac{35,9}{4}$	$\frac{81,3}{2}$			
	Гр-2	$\frac{63,5}{2}$	$\frac{52,1}{3}$	$\frac{35,9}{2}$			
	Щ				$\frac{41,4}{2}$	$\frac{20,0}{3}$	$\frac{28,4}{2}$
Покрытие нижний слой АБС	АБЗ				$\frac{66,3}{4}$	$\frac{32,1}{7}$	$\frac{45,5}{5}$
Покрытие верхний слой АБС	АБЗ				$\frac{66,3}{3}$	$\frac{32,1}{7}$	$\frac{45,5}{5}$

Примечание: в числителе – производительность машины; в знаменателе – необходимое количество машин.

Заключение

Определены ориентировочные границы действия песчаных и гравийных карьеров. Определены производительность автосамосвалов с учета расстояния перевозки дорожно-строительных материалов. Определено количество автосамосвалов, необходимых для перевозки дорожно-строительных материалов, обеспечивающих скорость строительного потока.

ОБОСНОВАНИЕ МЕСТА РАСПОЛОЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Введение

Производственное предприятие дорожное – это предприятие, обеспечивающее дорожно-строительную или дорожно-ремонтную организацию дорожно-строительными материалами, смесями, изделиями.

К основным дорожным предприятиям относятся:

- цементобетонные заводы (ЦБЗ);
- асфальтобетонные заводы (АБЗ);
- камнедробильно-сортировочные заводы (КДСЗ);
- заводы железобетонных конструкций (ЗЖБК);
- заводы сухой смеси;
- предприятия по выпуску модифицированных битумов и битумных эмульсий;
- карьеры;
- полигоны.

Кроме основных производственных предприятий существуют вспомогательные предприятия, направленные на ремонт машин и механизмов, а также их материальное обеспечение деталями и конструкциями (ремонтные мастерские, парки-стоянки дорожных и транспортных машин, склады материалов, готовых конструкций, инструментов и запасных частей). Кроме того, существуют обслуживающие предприятия, предназначенные для обеспечения основного и неосновного производства электроэнергией (электростанции), сжатым воздухом (компрессорные), паром (котельные), водой (насосные).

Размещение производственного предприятия должно обеспечить минимальную средневзвешенную стоимость франко-трасса приготовленных на предприятии полуфабрикатов и изделий. Место расположения производственного предприятия выбирается на основе технико-экономического сравнения нескольких вариантов.

При выборе площадки для строительства производственного предприятия учитываются также геологические и гидрологические условия района строительства, существующая транспортная сеть, обеспеченность района электроэнергией и водой.

При выборе вариантов необходимо учитывать, что пункты возможного расположения производственного предприятия должны отвечать следующим условиям (рис. 35.1):

- 1) находиться вблизи источников получения основных материалов, т.е. у железнодорожных станций, карьеров и т.д.;

2) располагаться по возможности ближе к трассе строящейся дороги и иметь удобные подъезды к ней;

3) иметь достаточные по размерам и удобные площадки для размещения оборудования, складов материалов и других сооружений.

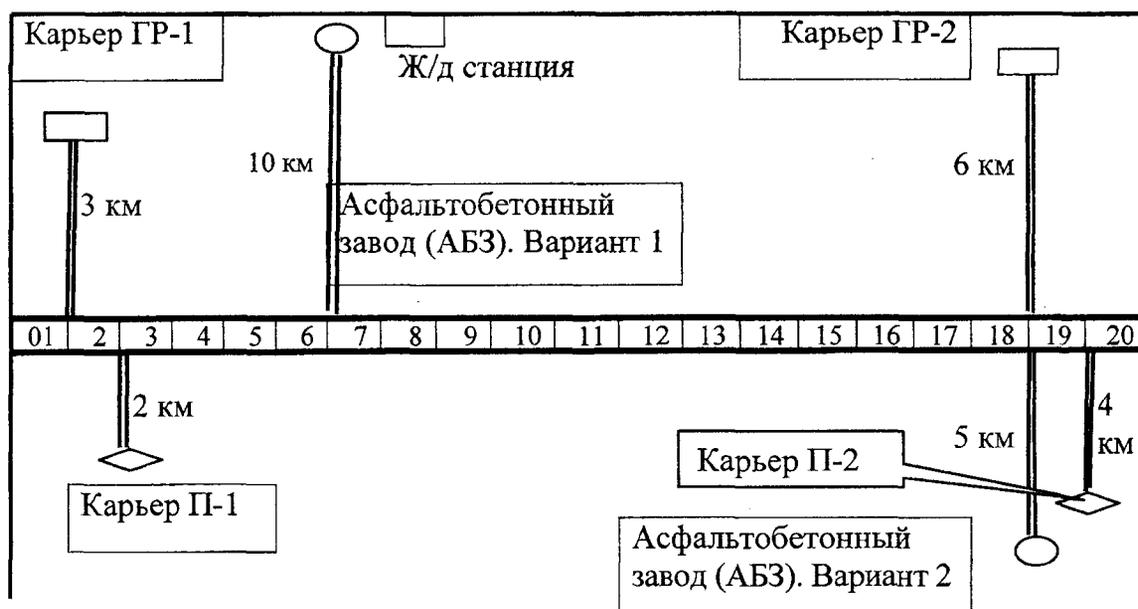


Рис. 35.1. Схема расположения участка автомобильной дороги с примыканием дорог от песчаных и гравийных карьеров и асфальтобетонных заводов

Для технико-экономического сравнения составляют график средней дальности возки и рассчитывают транспортную работу.

График средней дальности возки дорожно-строительных материалов представляет собой схему расположения производственных предприятий, тяготеющих к территории строительства, с расчетными показателями моментов, характеризующих перевозку тонны груза на расстояние транспортирования. График состоит из двух частей: расчетной схемы и схемы расположения предприятий. Расчетная схема составляется отдельно для материала покрытия и отдельно для основания. В данной задаче график включает только доставку материалов для асфальтобетонного покрытия.

Задание

1. Составить схему размещения производственных предприятий.
2. Определить необходимое количество перевозимого материала.
3. Построить график средней дальности возки дорожно-строительных материалов.
4. Определить транспортную работу для сравниваемых вариантов.

Для расчетов используются исходные данные, представленные в табл. П35.

Пример расчета

Исходные данные

1. Вариант –	26.
2. Расстояние от трассы:	
– до АБЗ-1 –	10 км;
– до АБЗ-2 –	5 км;
– карьера П-1 –	2 км;
– карьера П-2 –	4 км.
3. Расстояние от АБЗ-1 до ж/д станции, км –	1.
Расстояние от АБЗ-2 до карьера П-2, км –	2.
4. Насыпная плотность песка, г/см ³ –	1,5.
5. Насыпная плотность ПГС, г/см ³ –	1,6.
6. Протяженность участка, км –	20.

Порядок расчета

1. Составляют схему размещения производственных предприятий (рис. 35.2).

С учетом приведенных выше данных и исходных данных принимают два варианта расположения асфальтобетонного завода (АБЗ):

1) возле железнодорожной станции с выходом на n -й километр трассы (согласно исходным данным на 6-й км) – АБЗ-1. Расстояние между железнодорожной станцией и АБЗ-1 принимают равным 1 км;

2) возле песчаного карьера (П-2), соответственно с выходом на m -й километр трассы (например на 18-й км) – АБЗ-2.

1.1. В графическом разделе «Схема расположения баз, станций, карьеров, дорожно-строительных материалов» проводят горизонтальную линию равную по протяженности длине строящегося участка дороги, например 20 км (в масштабе 1 : 100).

1.2. Проведенную линию разбивают на пикеты (в данном случае горизонтальная линия длиной 20 км разбивается на двадцать одинаковых отрезков длиной 1 км).

1.3. Согласно исходным данным по примыканию подъездов от АБЗ к строящейся дороге отмечают точки выхода (например, 6 км – от АБЗ-1, расположенного возле железнодорожной станции, 18 км – от АБЗ-2, расположенного возле песчаного карьера № 2).

1.4. В пикетах выхода проводят прямые линии, на конце которых ставят обозначение АБЗ, а на линии ставят протяженность подъездной дороги (например, на 6 км удаленность АБЗ-1 составляет 10 км, а на 18 км – 5 км).

1.5. Аналогичным образом обозначают расположение, удаленность и пикет примыкания подъездных дорог от песчаных карьеров П-1 и П-2.

1-й вариант 2-й вариант

	1-й вариант						2-й вариант					
	6 км (30 %) (1-й вариант)	14 км (70 %) (1-й вариант)	18 км (90 %) (2-й вариант)	2 км (10 %)	20 (100 %)		6 км (30 %) (1-й вариант)	14 км (70 %) (1-й вариант)	18 км (90 %) (2-й вариант)	2 км (10 %)	20 (100 %)	
Горячий щебенный асфальтобетон мелкозернистый	Протяженность участка, км	6 км (30 %) (1-й вариант)	14 км (70 %) (1-й вариант)	18 км (90 %) (2-й вариант)	2 км (10 %)	20 (100 %)	6 км (30 %) (1-й вариант)	14 км (70 %) (1-й вариант)	18 км (90 %) (2-й вариант)	2 км (10 %)	20 (100 %)	
	Требуемое количество, т	8820 (1-й вариант)	20580 (70 %) (1-й вариант)	26460 (90 %) (2-й вариант)	2940 (10 %)	29400 (100 %)	8820 (1-й вариант)	20580 (70 %) (1-й вариант)	26460 (90 %) (2-й вариант)	2940 (10 %)	29400 (100 %)	
Материалы для покрытия	Дальность возки, км	13 (1-й вариант)	17 (1-й вариант)	14 (2-й вариант)	6	15/10	13 (1-й вариант)	17 (1-й вариант)	14 (2-й вариант)	6	15/10	
	Момент, т км	114660 (1-й вариант)	349860 (1-й вариант)	370440 (2-й вариант)	17640	464520/ /388080	114660 (1-й вариант)	349860 (1-й вариант)	370440 (2-й вариант)	17640	464520/ /388080	
Горячий щебенный асфальтобетон пористый крупнозернистый	Протяженность участка, км	6 км (30 %) (1-й вариант)	14 км (70 %) (1-й вариант)	18 км (90 %) (2-й вариант)	2 км (10 %)	20 (100 %)	6 км (30 %) (1-й вариант)	14 км (70 %) (1-й вариант)	18 км (90 %) (2-й вариант)	2 км (10 %)	20 (100 %)	
	Необходимое количество, т	9714 (1-й вариант)	32380 (70 %) (1-й вариант)	29142 (90 %) (2-й вариант)	3238 (10 %)	32380 (100 %)	9714 (1-й вариант)	32380 (70 %) (1-й вариант)	29142 (90 %) (2-й вариант)	3238 (10 %)	32380 (100 %)	
Схема расположения станции, асфальтобетонных заводов, карьеров песчаных смесей	Дальность возки, км	13 (1-й вариант)	17 (1-й вариант)	14 (2-й вариант)	6	15/10	13 (1-й вариант)	17 (1-й вариант)	14 (2-й вариант)	6	15/10	
	Момент, т км	126282 (1-й вариант)	550460 (1-й вариант)	407988 (2-й вариант)	19428	676742/ /427416	126282 (1-й вариант)	550460 (1-й вариант)	407988 (2-й вариант)	19428	676742/ /427416	
АБЗ-1												
01 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20												
П-1						АБЗ-2						П-2

Рис. 35.2. График средней дальности возки асфальтобетонной смеси

2. Заполняют расчетную часть графика средней дальности возки дорожно-строительных материалов (рис. 35.2), которая состоит из следующих граф:

- протяженности участка, км;
- необходимое количество дорожно-строительных материалов, т;
- дальность возки, км;
- момент, т км.

Поскольку асфальтобетонное покрытие состоит из двух слоев: верхнего и нижнего, то расчет ведется отдельно для каждого слоя.

2.1. Рассчитывают результаты перевозки составляющих компонентов асфальтобетонной смеси для верхнего слоя покрытия. Заполняют верхнюю строку «протяженность участка». В точке, где дорога от АБЗ примыкает к трассе, проводят вертикальную линию, которая делит участок дороги на два отрезка: 1) с поворотом направо, 2) с поворотом налево. Участок между пикетами выхода делят пополам.

В строке проставляют отрезки трассы, на которые этот пикет делит всю дорогу, и вычисляют процент. Например, для первого варианта: 6 км (30 %) и 14 км (70 %). Точно так же разбивают дорогу для второго варианта. В конце строки ставят общую протяженность строящегося участка дороги.

2.2. Заполняют строку «требуемого количества материалов». Верхний слой асфальтобетонного покрытия представляет собой горячий асфальтобетон мелкозернистый типа Б, марки 1, толщиной 0,07 м. Необходимое количество этой смеси принимают по ведомости потребности в основных дорожно-строительных материалах и полуфабрикатах по строительству дорожной одежды (см. табл. 23.3 столбец 5). Следует учитывать, что в этой ведомости расчет произведен на 1 км дороги, а в данном случае протяженность участка составляет 20 км. Потребность в асфальтобетоне для верхнего слоя

$$G_{\text{в.сл.}} = G_1 \cdot 20 = 1470 \cdot 20 = 29400 \text{ т,}$$

где G_1 – потребность в АБС на 1 км дороги.

Полученную цифру ставят в итоговой графе строки «требуемое количество». Далее эту цифру разбивают в соответствии с процентным количеством смеси на каждом отрезке дороги. Для первого варианта

$$29400 \cdot 0,3 = 8820 \text{ т;}$$

$$29400 \cdot 0,7 = 20580 \text{ т.}$$

Аналогичным образом разбивают количество смеси для второго варианта.

2.3. Заполняют строку «дальность возки». Дальность возки определяют по формуле

$$L_i = L_{\text{под}} + 0,5L_y,$$

где $L_{\text{под}}$ – длина подъездного пути от АБЗ до выхода на трассу, км;

L_y – длина участка дороги, расположенного вправо и влево от пикета выхода на трассу, км.

Для первого варианта

$$L'_{\text{право}} = 10 + 0,5 \cdot 6 = 13 \text{ км};$$

$$L'_{\text{лево}} = 10 + 0,5 \cdot 14 = 17 \text{ км}.$$

Аналогичным образом определяют дальность вывозки для второго варианта.

В конце строки проставляют среднюю дальность вывозки с учетом обоих поворотов:

$$\frac{13+17}{2} = 15 \text{ км}.$$

2.4. Заполняют строку «момент». Момент представляет собой произведение силы на плечо, в данном случае – вес материала, умноженный на расстояние транспортирования. Момент определяют по формуле

$$M = G \cdot L_i = 8820 \cdot 13 = 114660 \text{ т} \cdot \text{км}.$$

Вычисленный момент получен для отрезка первого варианта с поворотом направо. Аналогичным образом вычисляют момент с поворотом налево, а также оба момента для второго варианта.

3. Рассчитывают результаты перевозки составляющих компонентов асфальтобетонной смеси для нижнего слоя покрытия.

Нижний слой создается из горячего щебенистого пористого асфальтобетона крупнозернистого толщиной 0,08 м.

Расчет проводится в той же последовательности, что и для верхнего слоя покрытия.

3.1. Заполняют строку «протяженность участка», км.

3.2. Определяют требуемое количество асфальтобетонной смеси по данным табл. 10.3 с учетом перевода ее на дорогу протяженностью 20 км. Необходимое количество определяют по формуле

$$G_{\text{в.сх}} = G_1 \cdot 20 = 1619 \cdot 20 = 32380 \text{ т}.$$

Данное количество разбивают в соответствии с теми же процентами:

$$32380 \cdot 0,3 = 9714 \text{ т};$$

$$32380 \cdot 0,7 = 22666 \text{ т}.$$

3.3. Дальность возки будет точно такой, как и для смеси верхнего слоя, т.е. переносят цифры из аналогичной строки верхнего слоя.

3.4. Определяют момент дальности возки путем умножения потребного количества смеси на дальность возки. Для первого варианта

$$M = G \cdot L_i = 9714 \cdot 13 = 126282 \text{ т} \cdot \text{км}.$$

4. Определяют транспортную работу для сравниваемых вариантов. Транспортная работа определяется по формуле

$$T = \sum_{i=1}^m Q_i \cdot l_i + \sum_{j=1}^n Q_j \cdot l_j ,$$

где T – суммарная транспортная работа, т км;

Q_i – масса привозимых на завод материалов (Щ, П, МП, Б) м³ или т;

l_i – расстояние перевозки материалов, км;

Q_j – масса асфальтобетона, т;

l_j – расстояние перевозки асфальтобетонной смеси, км;

m – количество перевозимых материалов;

n – количество видов асфальтобетонов.

Условие для выбора оптимального варианта заключается в минимальных значениях транспортной работы. Следовательно, просчитав два варианта по суммарным показателям, выбирают тот вариант, у которого суммарная транспортная работа будет меньше. Результаты расчета сводят в табл. 35.1.

Таблица 35.1

Результаты расчета транспортной работы

Наименование материалов	Конструктивный слой покрытия	
	Верхний слой покрытия	Нижний слой покрытия
	1-й вариант (подвозка компонентов АБС и щебня по железной дороге и доставка на АБЗ-1, а песка – из карьера П-1)	
1	2	3
Щебень	$11240 \cdot 1,6 \cdot 1 = 17984$	$11700 \cdot 1,6 \cdot 1 = 18720$
Песок	$6720 \cdot 1,5 \cdot 16 = 161280$	$9440 \cdot 1,5 \cdot 16 = 226560$
Минеральный порошок	$1980 \cdot 1 = 1980$	$660 \cdot 1 = 660$
Битум	$1660 \cdot 1 = 1660$	$1620 \cdot 1 = 1620$
ПАВ	$124 \cdot 1 = 124$	$122 \cdot 1 = 122$
Асфальтобетонная смесь (поворот направо)	$\frac{(1470+1619) \cdot 20 \cdot 6}{20} \cdot \left(10 + \frac{6}{2}\right) = 240942$	

1	2	3
Асфальтобетонная смесь (пов. налево)	$\frac{(1470+1619) \cdot 20 \cdot 14}{20} \cdot \left(10 + \frac{14}{2}\right) = 735182$	
Итого по 1-му варианту	17984 + 161280 + 1980 + 1660 + 124 + 240942 + 735182 + 18720 + 226560 + 660 + 1620 + 122 = 1406834	
Наименование материалов	2-й вариант (подвозка компонентов АБС и щебня по железной дороге с доставкой на АБЗ-2, а песка – из карьера П-2)	
Щебень	$11240 \cdot 1,6 \cdot (10 + 12 + 5) = 485568$	$11700 \cdot 1,6 \cdot (10 + 12 + 5) = 505440$
Песок	$6720 \cdot 1,5 \cdot 2 = 20160$	$9440 \cdot 1,5 \cdot 2 = 28320$
Минеральный порошок	$1980 \cdot (10 + 12 + 5) = 53460$	$960 \cdot (10 + 12 + 5) = 25920$
Битум	$1660 \cdot (10 + 12 + 5) = 44820$	$1620 \cdot (10 + 12 + 5) = 43740$
ПАВ	$124 \cdot (10 + 12 + 5) = 3348$	$122 \cdot (10 + 12 + 5) = 3294$
Асфальтобетонная смесь (пов. направо)	$\frac{(1470+1619) \cdot 20 \cdot 18}{20} \cdot \left(5 + \frac{18}{2}\right) = 778428$	
Асфальтобетонная смесь (пов. налево)	$\frac{(1470+1619) \cdot 20 \cdot 2}{20} \cdot \left(5 + \frac{2}{2}\right) = 37068$	
Итого по 2-му варианту	485568 + 20160 + 53460 + 44820 + 3348 + 778428 + 37068 + 505440 + 28320 + 25920 + 43740 + 3294 = 2029566	

4.1. Чтобы приготовить единицу объема асфальтобетонной смеси необходимо доставить на завод расчетное количество составляющих компонентов: щебень, песок, минеральный порошок, битум.

Щебень в республике Беларусь добывается в гранитном карьере «Микашевичи» и доставляется на АБЗ по железной дороге.

Песок является местным сырьем и добывается на местных карьерах в результате сортировки и промывки на спиральных классификаторах (моечных машинах).

Доставка песка на АБЗ для каждого варианта имеет свои особенности.

1. Для АБЗ-1 первого варианта песок добывается и доставляется из песчаного карьера П-1.

2. Второй АБЗ-2 расположен рядом с карьером П-2. Поэтому песок на АБЗ-2 доставляется из второго карьера по кратчайшему пути без объезда через строящуюся дорогу. В связи с этим принимают расстояние доставки песка на АБЗ-2 равным 2 км.

4.2. Заполняют строку (см. табл. 35.1), соответствующую транспортной работе, выполняемой при доставке щебня на АБЗ-1.

Расчет производят следующим образом.

4.2.1. Рассчитывают верхний слой покрытия. Из строки 5 табл. 23.3 выписывают объемы щебня, необходимого для приготовления асфальтобетона для верхнего слоя покрытия. При расчете нужно учитывать, что в табл. 10.3 результаты

расхода материалов приведены для дороги протяженностью 1 км. В данной задаче протяженность выбранного участка равна 20 км. Следовательно:

фракции 10–20 – расход $281 \cdot 20 = 5620$;

фракции 5–10 – расход $281 \cdot 20 = 5620$.

$$\text{Транспортная работа} = (5620 + 5620) \cdot \rho_n \cdot L_{\text{пр}} = 11240 \cdot 1,6 \cdot 1 = 17984 \text{ т}\cdot\text{км},$$

где ρ_n – насыпная плотность щебня, т/м³;

$L_{\text{пр}}$ – расстояние от АБЗ-1 до строящегося участка, км.

Полученное значение транспортной работы записывают в графе «щебень – верхний слой».

4.2.2. Определяют транспортную работу для перевозки песка на АБЗ-1 по аналогичной схеме:

песок – расход $336 \cdot 20 = 6720$;

$$\text{Транспортная работа} = 6720 \cdot 1,5 \cdot (2 + 4 + 10) = 161280 \text{ т}\cdot\text{км}.$$

Полученное значение транспортной работы записывают в графе «песок – верхний слой».

4.2.3. Определяют транспортную работу для перевозки минерального порошка:

минеральный порошок – расход $99 \cdot 20 = 1980$;

$$\text{Транспортная работа} = 1980 \cdot 1 = 1980.$$

Полученное значение транспортной работы записывают в графе «минеральный порошок – верхний слой».

4.2.4. Определяют транспортную работу для перевозки битума:

битум – расход $83 \cdot 20 = 1660$;

$$\text{Транспортная работа} = 1660 \cdot 1 = 1660.$$

Полученное значение транспортной работы записывают в графе «битум – верхний слой».

4.2.5. Определяют транспортную работу для перевозки «Поверхностно-активных веществ»:

ПАВ – расход $6,2 \cdot 20 = 124$;

$$\text{Транспортная работа} = 124 \cdot 1 = 124.$$

Полученное значение транспортной работы записывают в графе «ПАВ – верхний слой».

4.3. По аналогичной схеме определяют доставку составляющих компонентов для приготовления асфальтобетонной смеси для нижнего слоя покрытия на АБЗ-1.

Расчет компонентов для нижнего слоя ведется с учетом данных табл. 23.3:
 щебень – расход $(206 + 264 + 115) \cdot 20 = 11700$;
 песок – расход $472 \cdot 20 = 9440$;
 минеральный порошок – расход $33 \cdot 20 = 660$;
 битум – расход $81 \cdot 20 = 1620$;
 ПАВ – расход $6,1 \cdot 20 = 122$.

4.4. Приготовленную асфальтобетонную смесь доставляют от АБЗ-1 до строящегося участка дороги.

Асфальтобетонная смесь вывозится вначале на участок, расположенный справа от примыкания дороги от АБЗ-1, а затем на участок расположенный слева. Расчет ведется по следующей форме:

асфальтобетонная смесь с поворотом направо

$$T = \frac{(1470 + 1619) \cdot 20 \cdot 6}{20} \cdot \left(10 + \frac{6}{2}\right) = 240942 \text{ т} \cdot \text{км};$$

асфальтобетонная смесь с поворотом налево

$$T = \frac{(1470 + 1619) \cdot 20 \cdot 14}{20} \cdot \left(10 + \frac{14}{2}\right) = 735182 \text{ т} \cdot \text{км}.$$

4.5. Суммарное значение транспортной работы для первого варианта

$$T = 17984 + 161280 + 1980 + 1660 + 124 + 240942 + 75182 + 18720 + 226560 + 660 + 1620 + 122 = 1406834.$$

5. По вышеизложенной форме проводят расчет транспортной работы для второго варианта, для которого составляющие компоненты на АБЗ-2 доставляются от железной дороги, а песок – от карьера П-2.

6. Сравнивают суммарную транспортную работу для обоих вариантов:

– для первого варианта $T = 1406834$ т·км;

– для второго варианта $T = 2029566$ т·км.

Расчет показал, что минимальное значение транспортной работы будет у первого варианта.

Следовательно, расположение асфальтобетонного завода вблизи железнодорожной станции является наиболее приемлемым вариантом.

Заключение

Составлена схема размещения асфальтобетонных заводов песчаных карьеров в соответствии с вариантным проектированием.

Определено требуемое количество перевозимых компонентов для приготовления на асфальтобетонном заводе смеси, а также количество смеси для укладки двухслойного асфальтобетонного покрытия.

Построен график средней дальности возки песка из карьеров П-1 и П-2.

Рассчитана транспортная работа для двух вариантов расположения асфальтобетонного завода возле железнодорожной станции и возле одного из песчаных карьеров.

Практическая работа № 36

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГРАНИЦ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КАРЬЕРОВ

Введение

Наличие строительных материалов в районе строительства играет решающую роль в выборе типа и конструкции сооружений. Скопление в земной коре определенных горных пород, разработка которых представляет практический интерес для строительства, называется месторождением. Нерудные полезные ископаемые добывают открытым способом в горных выработках (карьерах).

Карьер – производственное предприятие для добычи и переработки каменных материалов (щебня, гравия, песка). Карьеры бывают притрассовые (временные) и промышленные (базисные). Притрассовые карьеры располагаются в непосредственной близости от участка строящейся дороги.

По положению залежи относительно поверхности земли различают:

- карьеры поверхностные (глубиной до 40–60 м);
- глубинные (глубина свыше 60 м);
- нагорные (при залежах выше господствующего уровня земной поверхности);
- нагорно-глубинные;
- подводные.

По типу добываемой горной породы различают карьеры по разработке скальных и полускальных пород, гравийные и песчаные карьеры.

Горным отводом называется часть земных недр, предоставляемая для промышленной разработки содержащихся в ней полезных ископаемых.

Подготовка месторождения к разработке включает вырубку леса и корчевание пней, ограждение карьера от притока поверхностных и подземных вод, удаление почвенного покрова и складирование его для последующего использования, сооружение первичных подъездных дорог к участкам первоначальных горных работ и отвалов.

На карьерах дорожно-строительных организаций добыча пород ведется одним уступом, высота которого не должна превышать максимальную высоту черпания экскаватора.

Разработка карьера экскаватором, оборудованным прямой лопатой, производится:

а) боковым забоем, когда транспортные средства размещаются сбоку экскаватора на одном или разных уровнях;

б) лобовым забоем, когда экскаватор выгружает грунт из ковша в транспортные средства, размещенные сзади экскаватора на одном с ним уровне.

Рекомендуемые размеры забоев при работе экскаватора с прямой лопатой с погрузкой грунта в транспортные средства приведены в табл. 36.1.

В качестве автотранспортных средств для перемещения грунта из карьера применяют автомобили-самосвалы.

Таблица 36.1

Рекомендуемые размеры забоев

Показатели	Размеры забоя, м, при объеме ковша экскаватора				
	0,3	0,4–0,5	0,6–0,65	1–1,25	1,6
Наибольшая высота резания, м	4,8–6	6,5	6,5–8	8–9	9–9,5
Ширина подошвы забоя от оси пути экскаватора до стенки забоя, м	3	4	4,5	5	5
Ширина подошвы забоя от оси пути экскаватора до погрузки грунта, м	2	2,8–2,5	3	3,6–2,5	3,6–2,5

При возведении дорожного полотна или приготовления бетонов возникает необходимость определения рациональной дальности возки материала из карьеров, для чего находят границы зон действия этих карьеров.

В качестве рациональной границы зон действия карьеров принимают такую точку на дороге, в которой совпадают стоимости вывозки единицы материала из соседних карьеров. Экономически целесообразные зоны использования местных материалов устанавливают по стоимости перевозки грузов, принимаемой по СНиП 4.04–91, ССЦПГ ч. 1 (табл. 36.2).

Таблица 36.2

Перевозка грузов автомобилями-самосвалами из карьеров (Сб. сметных цен на перевозки грузов для строительства (ССЦПГ), ч. 1: СНиП 4.04–91)

Расстояние, км	Провозная плата за 1 т, руб.	Расстояние, км	Провозная плата за 1 т, руб.
до 1	0,17	св. 6 до 6,5	0,63
св. 1 до 1,5	0,2	св. 6,5 до 7	0,67
св. 1,5 до 2	0,25	св. 7 до 7,5	0,71
св. 2 до 2,5	0,3	св. 7,5 до 8	0,75

1	2	3	4
св. 2,5 до 3	0,35	св. 8 до 8,5	0,79
св. 3 до 3,5	0,39	св. 8,5 до 9	0,83
св. 3,5 до 4	0,43	св. 9 до 9,5	0,87
св. 4 до 4,5	0,47	св. 9,5 до 10	0,91
св. 4,5 до 5	0,51	св. 10	$0,91 + 0,065 \cdot X$
св. 5 до 5,5	0,55		
св. 5,5 до 6	0,59		

Границы использования карьеров при равноценном качестве материалов удобно определять графически. Вертикальный отрезок, отложенный в точке выезда из каждого карьера, графически представляет стоимость материала при выезде на дорогу, а наклонные линии, расходящиеся от вертикального отрезка – прирост стоимости по мере увеличения дальности возки. Пересечение наклонных линий свидетельствует о равенстве стоимостей перевозки каменного материала и соседних карьеров.

Стоимость единицы материала равна сумме отпускной цены единицы материала и транспортных расходов.

Задание

1. Определить стоимость 1 м³ грунта, вывозимого из песчаных карьеров, для отсыпки дорожного полотна автомобильной дороги.
2. Определить стоимость одного м³ песчано-гравийной смеси, вывозимой из гравийных карьеров для отсыпки слоев дорожной одежды автомобильной дороги.
3. Построить график использования карьера.
4. Определить объем грунта, необходимого для отсыпки дорожного полотна участка автомобильной дороги.
5. Определить размеры карьеров.

Для расчета используются исходные данные, представленные в табл. П36.

Пример расчета

Исходные данные

- | | |
|---|-----|
| 1. Вариант – | 26. |
| 2. Расстояние от карьера П-1 до трассы, км – | 2. |
| Расстояние от карьера П-2 до трассы, км – | 4. |
| № км примыкания подъездной дороги от П-1 – | 1. |
| № км примыкания подъездной дороги от П-2 – | 16. |
| 3. Расстояние от карьера Гр-1 до трассы, км – | 3. |
| Расстояние от карьера Гр-2 до трассы, км – | 16. |

№ км примыкания подъездной дороги от Гр-1 –	3.
№ км примыкания подъездной дороги от Гр-2 –	18.
4. Насыпная плотность песка, г/см ³ –	1,5.
5. Насыпная плотность ПГС, г/см ³ –	1,6.
6. Категория дороги –	II.
7. Толщина дорожной одежды, м –	0,55.
8. Средняя высота насыпи, м –	2,0.
8. Протяженность участка, км –	4.

Порядок расчета

1. Определяют стоимость м³ грунта, вывозимого из песчаных карьеров, для отсыпки дорожного полотна автомобильной дороги.

1.1. Составляют расчетную схему вывозки грунта. На плане трассы наносят расположение песчаных карьеров и обозначают расстояние от карьера до строящейся дороги (рис. 36.1) с использованием исходных данных.

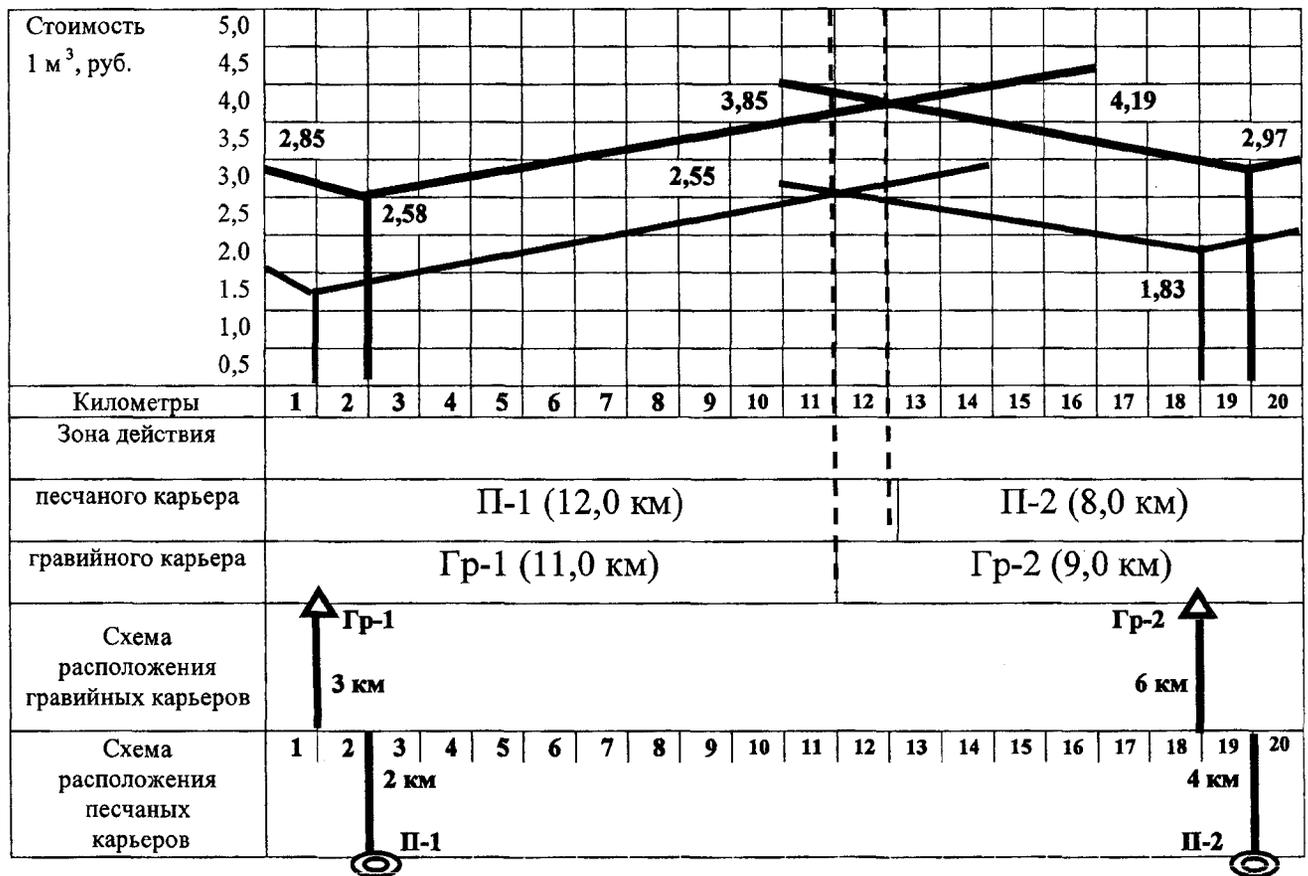


Рис. 36.1. График границ использования карьеров

1.2. Составляют ведомость расчета стоимости транспортных расходов материалов из песчаных карьеров (табл. 36.3).

1.2.1. Расстояние до выхода на трассу заполняют в соответствии с исходными данными.

Ведомость расчета стоимости транспортных расходов
материалов из карьеров

Наименование материала	Номера карьеров	Расстояние до выхода на трассу	Длина подъездного пути слева (справа)	Насыпная плотность, т/м ³	Транспортные расходы, руб./м ³	Стоимость 1 м ³ , руб.		
						Отпускная цена	Транспортные расходы	Всего
1	2	3	4	5	6	7	8	9
П Е С О К	П-1	2	4	1,5	0,43	2,20	0,65	2,85
			2		0,25		0,38	2,58
			14		0,91 + + 0,065 × × 4 = 1,17		1,76	3,96
	П-2	4	13	1,5	0,91 + 0,065 × × 3 = 1,1	2,20	1,65	3,85
			4		0,43		0,65	2,85
			5		0,51		0,77	2,97
Песча- но- гравий- ная смесь	Гр-1	3	4	1,6	0,43	0,88	0,69	1,57
			3		0,35		0,56	1,44
			16		0,91 + 0,065 × × 6 = 1,3		2,08	2,96
	Гр-2	6	12	1,6	0,91 + 0,065 × × 2 = 1,04	0,88	1,67	2,55
			6		0,59		0,95	1,83
			8		0,75		1,20	2,08

1.2.2. Длину подъездного пути слева и справа рассчитывают с учетом выезда на дорогу и проезда по трассе до намеченного пункта. Крайние пункты принимают в начале и конце дороги, а в середине – обязательно с перекрытием зон действия.

1.2.3. Насыпную плотность принимают в соответствии с исходными данными.

1.2.4. Транспортные расходы принимают из «Сборника сметных цен на перевозки грузов для строительства: часть 1. «Железнодорожные и автомобильные перевозки»: СНиП 4.04–91 или из табл. 36.2.

1.2.5. Отпускную цену принимают по «Сборнику сметных цен на местные строительные материалы, изделия и конструкции для строительства в Республике Беларусь» (Ч. IV).

Отпускную цену на песок принимают по обоснованию С412-1266. Отпускная цена равна оптовой.

Отпускную цену на песчано-гравийную смесь принимают по обоснованию С412-1268.

Эти же показатели могут быть определены по табл. 36.4.

Таблица 36.4

Отпускная цена на природные нерудные материалы.
(ССЦ на местные строительные материалы, изделия и конструкции
для строительства в Республике Беларусь. Часть IV)

Индекс позиции	Наименование материала	Оптовая цена, руб.
1	2	3
C412-1249	Щебень марки 1400, фракции 5-10	7,12
C412-1249-1	5-20	6,02
C412-1249-2	10-20	5,64
C412-1249-3	20-40	4,32
C412-1249-4	40-70	3,22
C412-1250	Щебень марки 1200, фракции 5-10	6,79
C412-1250-1	5-20	5,75
C412-1250-2	10-20	5,36
C412-1250-3	20-40	4,10
C412-1250-4	40-70	3,05
C412-1256	Щебень марки 200, фракции 5-10	4,81
C412-1256-1	5-20	4,10
C412-1256-2	10-20	3,82
C412-1256-3	20-40	2,89
C412-1256-4	40-70	2,17
C412-1258	Щебень из гравия марки Др. 8, фракции 5-10	7,98
C412-1258-1	5-20	6,77
C412-1258-2	10-20	6,16
C412-1258-3	20-40	4,90
C412-1258-4	40-70	3,69
C412-1261	Щебень из гравия марки Др. 24, фракции 5-10	5,83
C412-1261-1	5-20	4,90
C412-1261-2	10-20	4,46
C412-1261-3	20-40	3,58
C412-1261-4	40-70	2,70
C412-1262	Гравий для строительных работ марки Др. 8, фракции 5-10	6,22
C412-1262-1	5-20	5,39
C412-1262-2	10-20	5,12
C412-1262-3	20-40	4,62
C412-1262-4	40-70	3,58

1	2	3
C412-1266	Песок для строительных работ природный	2,20
C412-1267	Песок природный обогащенный	3,74
C412-9007	Песок природный 50 %, обогащенный 50 %	2,97
C412-1268	Смеси песчано-гравийные природные	0,88

1.2.6. Транспортные расходы определяют по формуле

$$C_{\text{тр.рас}} = \rho_n \cdot T_{\text{рас}},$$

где ρ_n – насыпная плотность материала (принимают по исходным данным);

$T_{\text{рас}}$ – транспортные расходы, руб./м³.

1.2.7. Стоимость 1 м³ материала определяют путем сложения отпускной цены и транспортных расходов.

2. Определяют стоимость 1 м³ песчано-гравийной смеси, вывозимой из гравийных карьеров для отсыпки слоев дорожной одежды автомобильной дороги.

2.1. Составляют расчетную схему вывозки песчано-гравийной смеси. На плане трассы наносят расположение гравийных карьеров и обозначают расстояние от карьера до строящейся дороги (см. рис. 36.1) с использованием исходных данных.

2.2. Длину подъездных путей, насыпную плотность смеси, транспортные расходы, оптовую цену, стоимость 1 м³ смеси определяют аналогичным образом, как и для песчаных карьеров.

3. Строят график зависимости стоимости перевозки единицы продукции от расстояния транспортирования (см. рис. 36.1).

3.1. В точке примыкания песчаного карьера к дороге откладывают отрезок равный стоимости 1 м³ грунта при его доставке от карьера до строящейся дороги.

3.2. В точках, для которых определяли стоимость 1 м³ с учетом вывозки песка от карьера до крайней точки с поворотом направо и налево откладывают отрезки равные этой стоимости. Полученные точки соединяют с первой точкой.

3.3. Определяют точку пересечения прямых линий от карьеров П-1 и П-2. Точка пересечения наклонных линий свидетельствует о равенстве стоимости грузоперевозок, следовательно, эта точка является границей действия карьера.

3.4. Точку пересечения переносят на графике в строку зоны действия песчаных карьеров и проставляют расстояния, соответствующие зоне действия первого и второго песчаного карьеров.

3.5. Аналогичным образом строят график зависимости стоимости вывозки песчано-гравийной смеси от расстояния вывозки.

4. Определяют объем грунта, необходимого для отсыпки дорожного полотна участка автомобильной дороги.

4.1. Определяют верх отсыпаемой насыпи с учетом устройства дорожной одежды

$$B'' = B + 2 \cdot h_{\text{до}} \cdot m = 13 + 2 \cdot 0,55 \cdot 1,5 = 14,65 \text{ м},$$

где B – ширина дорожного полотна, м;

h – толщина дорожной одежды равная 43 см.

4.2. Определяют подошву отсыпаемой насыпи

$$B' = B'' + 2 \cdot H \cdot m = 14,65 + 2 \cdot 2,0 \cdot 1,5 = 20,65 \text{ м},$$

где B'' – ширина верха отсыпаемой насыпи (табл. 36.1).

Для II категории $B = 13$ м;

H – средняя высота насыпи ($H = 2,0$ м);

m – заложение откоса (1:1,5).

4.3. Определяют площадь насыпи

$$F = \frac{B' + B''}{2} \cdot H = \frac{20,65 + 14,65}{2} \cdot 2,0 = 35,3 \text{ м}^2.$$

4.4. Определяют объем грунта отсыпаемой насыпи

$$V = F \cdot L = 35,3 \cdot 2000 = 70600 \text{ м}^3,$$

где L – длина участка (исходные данные).

На графике использования песчаных карьеров зоны действия распределяются следующим образом: П1 – 60 %, П2 – 40 %.

Следовательно, из первого карьера грунта будет вывезено

$$70600 \cdot 0,6 = 42360 \text{ м}^3.$$

Из второго карьера будет вывезено

$$70600 \cdot 0,4 = 28240 \text{ м}^3 \text{ грунта.}$$

4.5. Определяют объемы карьеров.

5. Определяют размеры карьеров с учетом максимальной глубины резания экскаватором с емкостью ковша $0,5 \text{ м}^3$ при ширине карьера равной 10-кратной ширине забоя.

5.1. Определяют ширину забоя с учетом объема ковша экскаватора (см. табл. 36.1). Ширина подошвы забоя от оси пути экскаватора с емкостью ковша раной $0,5 \text{ м}^3$ до стенки забоя рана 4 м в одну сторону. Следовательно, полная ширина равна 8 м.

5.2. Определяют ширину карьера при условии, что эта ширина равна 10-кратной ширине забоя.

$$b = l_{\text{заб}} \cdot 10 = 8 \cdot 10 = 80 \text{ м},$$

где $l_{\text{заб}}$ – ширина забоя при одном проходе экскаватора, м.

5.3. Составляют расчетную схему габаритных размеров карьера (рис. 36.2).

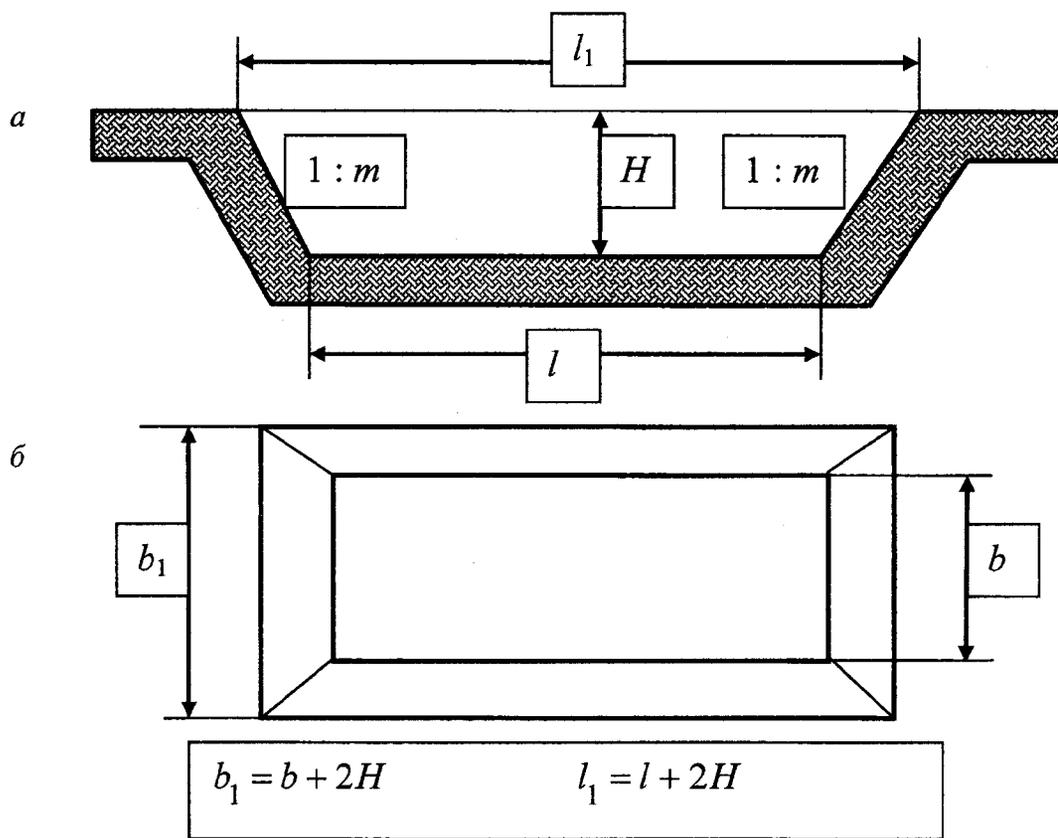


Рис. 36.2. Расчетная схема габаритных размеров карьера:
 а – вертикальный разрез карьера; б – план карьера

Карьер имеет размеры понизу, м: b – ширина карьера; l – длина. Заложение откосов принимают равным 1 : 1.

Размеры карьера поверху: b_1 – ширина, l_1 – длина.

С учетом заложения откосов равного 1 : 1 эти размеры составляют:

$$b_1 = b + 2H; \quad l_1 = l + 2H.$$

Объем грунта в карьере определяют путем умножения средней площади на высоту:

$$V = F_{\text{ср}} \cdot H = \frac{(b \cdot l) + [(b + 2H) \cdot (l + 2H)]}{2} \cdot H \text{ м}^3. \quad (36.1)$$

Учитывая, что известны объем грунта, ширина и глубина карьера, можно произвести преобразование (36.1) и представить его относительно длины карьера. Длину карьера понизу можно определить по формуле

$$l = \frac{V - bH^2 - 2H^3}{bH + H^2} = \frac{42360 - 80 \cdot 6,5^2 - 2 \cdot 6,5^3}{80 \cdot 6,5 + 6,5^2} = 69 \text{ м.}$$

5.4. Определяют размеры карьера поверху при заложении откоса 1:1

$$b_1 = b + 2H = 80 + 2 \cdot 6,5 = 93 \text{ м};$$

$$l_1 = l + 2H = 69 + 2 \cdot 6,5 = 82 \text{ м.}$$

5.5. Аналогичным образом определяют параметры второго карьера с запасом 28240 м^3 .

Заключение

Определены стоимости вывозки 1 м^3 песка из карьеров П-1 и П-2 и песчано-гравийной смеси из карьеров Гр-1 и Гр-2 на строящийся участок автомобильной дороги.

Определены зоны действия песчаных и гравийных карьеров. Для карьера П-1 зона действия составляет 11 км, для П-2 – 9 км. Зоны действия гравийных карьеров разбивают строящийся участок на отрезки, составляющие 0,55 и 0,45 от общей длины. Определены размеры обоих карьеров.

ЛИТЕРАТУРА

1. Автомобильные дороги Беларуси. Энциклопедия / под общ. ред. А.В. Мина. – Минск: БелЭН, 2002. – 672 с.
2. Технология и организация строительства автомобильных дорог: учебник для вузов / под ред. Н.В. Горелышева. – М.: Транспорт, 1992. – 551 с.
3. Строительство автомобильных дорог: учебник для вузов: в 2 т. / под ред. В.К. Некрасова. – М.: Транспорт, 1980. – Т. 1 и 2. – 416–421 с.
4. Строительство автомобильных дорог. Справочник инженера-дорожника / под ред. В.А. Бочина. – М.: Транспорт, 1980. – 512 с.
5. Проектирование автомобильных дорог. Справочник инженера-дорожника / под ред. Г.А. Федотова. – М.: Транспорт, 1989. – 437 с.
6. Ремонт и содержание автомобильных дорог. Справочник инженера-дорожника / под ред. А.П. Васильева. – М.: Транспорт, 1989. – 287 с.
7. Укрепленные грунты. (Свойства и применение в дорожном строительстве) / В.М. Безрук [и др.]. – М.: Транспорт, 1982. – 231 с.
8. Безрук, В.М. Дорожные одежды из укрепленных грунтов: учебное пособие / В.М. Безрук, А.С. Еленович. – М.: Высшая школа, 1969. – 330 с.
9. Гончарова, Л.В. Основы искусственного улучшения грунтов (техническая мелиорация грунтов) / А.В. Гончарова. – М.: МГУ, 1973. – 376 с.
10. Бабаскин, Ю.Г. Строительство автомобильных дорог с облегченными и переходными покрытиями: учебное пособие / Ю.Г. Бабаскин, И.И. Леонович. – Минск: БНТУ, 2006. – 297 с.
11. Бабаскин, Ю.Г. Технология дорожного строительства: учебное пособие / Ю.Г. Бабаскин, И.Н. Вербило. – Минск: БНТУ, 2003. – 202 с.
12. Строительное материаловедение. Лабораторные работы (практикум): учебно-методическое пособие / Я.Н. Ковалев [и др.]. – Минск: БНТУ, 2007. – 535 с.
13. Ковалев, Я.Н. Физико-химические основы технологии строительных материалов: учебно-методическое пособие / Я.Н. Ковалев. – Минск: БНТУ, 2007. – 265 с.
14. Дорожно-строительные материалы: учебник для вузов / И.М. Грушко [и др.]. – М.: Транспорт, 1991. – 357 с.
15. Испытание дорожно-строительных материалов: учебное пособие / И.И. Леонович [и др.]. – Минск: Высшая школа, 1991. – 233 с.
16. Иванов, Н.Н. Строительство автомобильных дорог: учебное пособие: в 2 ч. / Н.Н. Иванов. – М.: Научно-технич. изд-во автотранспортной литературы, 1957. – Ч. 2. Постройка дорожных одежд. – 337 с.
17. Автомобильные дороги: СНиП 3.06.03–85. – М.: Гос. комитет СССР по делам строительства, 1986. – 111 с.
18. Львович, Ю.М. Укрепление откосов земляного полотна автомобильных дорог / Ю.М. Львович, Ю.Л. Мотылев. – М.: Транспорт, 1979. – 159 с.

19. Лещинский, М.Ю. Испытание бетона: справочное пособие / М.Ю. Лещинский. – М.: Стройиздат, 1980. – 360 с.
20. Справочник по общестроительным работам / под общ. ред. М.И. Смоудинова. – М.: Стройиздат, 1974. – 372 с.
21. Ананьев, В.П. Инженерная геология: учебник для строительных специальностей вузов / В.П. Ананьев, А.Д. Потапов. – М.: Высшая школа, 2002. – 511 с.
22. Диагностика и управление качеством автомобильных дорог: учебное пособие / И.И. Леонович [и др.]. – Минск: БНТУ, 2002. – 357 с.
23. Инструкция по применению грунтов, укрепленных вяжущими материалами, для устройства оснований и покрытий автомобильных дорог и аэродромов: СН 25–74. – М.: Стройиздат, 1975. – 127 с.
24. Швецов, Г.И. Инженерная геология, механика грунтов, основания и фундаменты: учебник для вузов / Г.И. Швецов. – М.: Высшая школа, 1987. – 296 с.
25. Маслов, Н.Н. Основы инженерной геологии и механики грунтов: учебник для вузов / Н.Н. Маслов. – М.: Высшая школа, 1982. – 511 с.
26. Флорин, В.А. Основы механики грунтов. Общие зависимости и напряженное состояние оснований сооружений: в 2 т. / В.А. Флорин. – М., Л: Гос. изд-во литературы по строительству, архитектуре и строительным материалам, 1959. – Т. 1. – 356 с.
27. Добронравов, С.С. Машины для городского строительства: учебник для вузов / С.С. Добронравов, В.Г. Дронов. – М.: Высшая школа, 1985. – 360 с.
28. Бабков, В.Ф. Основы грунтоведения и механики грунтов / В.Ф. Бабков, В.М. Безрук. – М.: Высшая школа, 1986. – 239 с.
29. Вырко, Н.П. Дорожное грунтоведение с основами механики грунтов / Н.П. Вырко, И.И. Леонович. – Минск: Вышэйшая школа, 1977. – 224 с.
30. Леонович, И.И. Механика земляного полотна / И.И. Леонович, Н.П. Вырко. – Минск: Наука и техника, 1975. – 232 с.
31. Вырко, Н.П. Практикум по дорожному грунтоведению / Н.П. Вырко, И.И. Леонович. – Минск: Высшая школа, 1980. – 255 с.
32. Методические указания по расчету степени устойчивости склонов и откосов при решении геотехнических задач в дорожном, мостовом и аэродромном строительстве / В.Д. Казарновский [и др.]. – М.: МАДИ, 1987. – 62 с.
33. Вейцман, М.И. Краткий справочник строителя автомобильных дорог / М.И. Вейцман, В.П. Егзов. – М.: Транспорт, 1979. – 248 с.
34. Строительство улиц и городских дорог: в 2 ч. / под ред. А.Я. Тулаева. – М.: Стройиздат, 1988. – Ч. 2. – 367 с.
35. Проектирование дорожных одежд нежесткого типа: пособие 3.03.01–96 к СНиП 2.05.02–85. – Минск: Мин-во архитектуры и строительства Республики Беларусь, 1997. – 86 с.
36. Строительство цементобетонных оснований и покрытий автомобильных дорог: пособие к СНиП 3.06.03–85. – Минск: Мин-во архитектуры и строительства Республики Беларусь, 1998. – 51 с.

37. Бабаскин, Ю.Г. Укрепление грунтов инъектированием при ремонте автомобильных дорог / Ю.Г. Бабаскин; под ред. И.И. Леоновича. – Минск: УП Технопринт, 2002. – 177 с.
38. Бабаскин, Ю.Г. Дорожное грунтоведение и механика земляного полотна дорог / Ю.Г. Бабаскин. – Минск: БГПА, 2001. – 223 с.
39. Бабаскин, Ю.Г. Дорожное грунтоведение и механика земляного полотна дорог: курс лекций / Ю.Г. Бабаскин. – Минск: БНТУ, 2002. – 197 с.
40. Бабаскин, Ю.Г. Укрепление грунтов цементом: методическое пособие к лабораторным работам по дисциплине «Специальные вопросы укрепления грунтов» для студентов специальности Т.19.03 – «Строительство дорог и транспортных объектов» / Б.Г. Бабаскин, Р.И. Петрашевский. – Минск: БГПА, 1998. – 56 с.
41. Бабаскин, Ю.Г. Свойства грунтов и их влияние на устойчивость инженерных сооружений: методическое пособие к курсовой работе по дисциплине «Дорожное грунтоведение и механика земляного полотна дорог» для студентов специальности Т.19.03 – «Строительство дорог и транспортных объектов» / Ю.Г. Бабаскин, Р.И. Петрашевский. – Минск: БГПА, 2000. – 73 с.
42. Леонович, И.И. Машины для строительства, ремонта и содержания автомобильных дорог / И.И. Леонович, А.Я. Котлобай. – Минск: БНТУ, 2005. – 552 с.
43. Дорожно-строительные машины / А.В. Вавилов [и др.]. – Минск: УП «Технопринт», 2000. – 515 с.
44. Леонович, И.И. Дорожная климатология / И.И. Леонович. – Минск: БНТУ, 2005.
45. Вырко, Н.П. Строительство и эксплуатация лесовозных дорог / Н.П. Вырко. – Минск: БГТУ, 2005. – 446 с.
46. Резванцев, В.И. Дорожные одежды на основе местных материалов. Оптимизация проектирования / В.И. Резванцев, А.В. Бухтияров. – Воронеж: изд-во Воронежского государственного университета, 2003. – 120 с.
47. Алферов, В.И. Дорожные материалы на основе битумных эмульсий / В.И. Алферов. – Воронеж: изд-во Воронежского государственного университета, 2003. – 152 с.
48. Красиков, О.А. Мониторинг и стратегия ремонта автомобильных дорог / О.А. Красиков. – Алмаата: КазгосИНТИ, 2004. – 263 с.
49. Типовые технологические карты по дорожным работам. – М.: Государственное издательство литературы по строительству и архитектуре, 1957. – 166 с.
50. Автомобильные дороги / Я.Н. Ковалев [и др.]. – Минск: Арт-Дизайн, 2006. – 352 с.
51. Бабаскин, Ю.Г. Технико-экономическое обоснование технологии и организации работ по строительству автомобильной дороги: методическое пособие к курсовому проекту / Ю.Г. Бабаскин, И.В. Дерман. – Минск: БНТУ, 2006. – 161 с.
52. Справочник по элементарной математике, механике и физике / под ред. Н.И. Кузнецова. – Минск: Наука и техника, 1973. – 215 с.
53. Устройство земляного полотна автомобильных дорог (П2-02 к СНиП 3.06.03–85). – Минск: Департамент «Белавтодор», 2003. – 121 с.

Исходные данные к практической работе № 1
 «Определение продолжительности простоев по метеорологическим условиям
 и построение графика климатических характеристик»

№	Данные	ВАРИАНТЫ																									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
1	Район строительства	Витебская обл.	Минская обл.	Гродненская обл.	Могилевская обл.	Брестская обл.	Гомельская обл.	Витебская обл.	Минская обл.	Витебская обл.	Лепель	Минск	Волковыск	Могилевская обл.	Боруйск	Ганцевичи	Брагин	Орша	Витебская обл.	Минская обл.	Гродненская обл.	Славгород	Могилевская обл.	Брестская обл.	Гомельская обл.	Витебская обл.	
2	Расположение метеостанций	Полоцк	Борисов	Лида	Могилев	Пинск	Жлобин	Витебск	Слуцк	Новогрудок	Горки	Барановичи	Василевичи	Лепель	Минск	Волковыск	Боруйск	Ганцевичи	Брагин	Орша	Витебская обл.	Минская обл.	Гродненская обл.	Славгород	Могилевская обл.	Брестская обл.	Гомельская обл.
3	Продолж. стр-ва, мес.	9	10	11	12	13	9	10	11	12	13	9	10	11	12	13	9	10	11	12	13	9	10	11	12	13	9
4	Начало строительства	январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь	январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь	январь	
5	Наименование грунта	III	СЛК	СГЛ	ГР	ПК	СЛ	СГТ	СЛК	ПС	СТ	СЛ	СГЛ	ПМ	СЛК	СТ	ГР	СГЛ	ПГ	СЛ	СГТ	ПК	СТ	ГР	ПС	СГЛ	

ГР – гравий; ПГ – песок гравелистый; ПК – песок крупный; ПС – песок средний; ПМ – песок мелкий; СЛК – супесь легкая крупная; СЛ – супесь легкая; СТ – супесь тяжелая; СГЛ – суглинок легкий; СГТ суглинок тяжелый.

Таблица П.2

Исходные данные к практической работе № 2
 «Отражение геологического строения земной поверхности с помощью стратиграфической колонки и геологического разреза»

№	Данные	ВАРИАНТЫ																								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
2	Геологический разрез	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	2	4	6	8	10	12	1	3	5	7	9	11	6
3	Стратиграфическая колонка	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	12	10	8	6	4	2	11	9	7	5	3	1	1

Исходные данные к практической работе № 3

«Обоснование пригодности грунта для укрепления вяжущими материалами»

Размер частец, мм	ВАРИАНТЫ																								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
	Средняя проба массой 500 г. Вес отдельных фракций – остатки на ситах, m_i , г																								
2,5	50	60	70	80	90	100	50	55	65	75	85	95	105	90	85	95	70	75	60	65	75	95	85	65	55
1,25	100	90	70	80	100	45	85	65	70	80	105	60	55	95	90	75	65	95	60	65	55	40	50	80	65
0,63	150	140	130	120	110	160	165	145	135	125	115	165	125	120	135	130	145	150	160	165	100	90	70	105	110
0,315	120	120	75	85	75	50	45	100	105	75	75	110	95	95	110	85	100	80	120	90	150	155	160	165	170
0,16	30	35	75	70	65	70	40	50	45	50	20	30	75	70	65	60	55	50	45	40	70	75	80	50	60
Менее 0,16	50	55	80	65	60	75	115	85	80	95	100	40	45	30	35	60	65	50	55	75	50	45	55	35	40
Плот- ность грунта, ρ_{cm}^3 г/см ³	1,9	1,5	1,6	1,85	1,8	1,5	1,8	1,5	1,7	1,4	1,8	1,6	1,7	1,9	1,8	1,9	1,6	1,55	1,4	1,5	1,5	1,4	1,5	1,4	1,4
ρ_{w1}	2,2	1,7	1,8	2,3	2,1	1,9	2,0	1,8	1,9	1,7	2,2	1,8	1,9	2,3	2,2	2,3	1,9	1,85	1,6	1,7	1,8	1,6	1,7	1,6	1,7
ρ_{w2}	2,3	1,8	1,9	2,4	2,0	2,0	2,1	1,9	2,1	1,9	2,3	1,9	2,0	2,4	2,3	2,4	2,0	1,95	1,7	1,8	1,9	1,7	1,8	1,7	1,8
Влаж- ность грунта, % W_1	3	5	4	3	3	4	6	4	7	6	3	5	10	4	4	4	7	6	10	6	9	10	8	8	10
W_2	5	7	8	5	4	6	8	7	9	8	5	8	12	5	6	6	9	8	12	8	11	12	11	12	12
W_3	7	10	12	8	7	8	14	12	13	11	7	12	14	7	8	8	11	13	14	12	12	15	14	15	14

Исходные данные к практической работе № 4

«Оценка устойчивости откоса высоких насыпей и глубоких выемок земляного полотна»

№	Данные	ВАРИАНТЫ																								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
1	Высота насыпи, м	10	11	12	9	8	13	14	10	11	12	9	8	13	14	10	11	12	9	8	13	14	10	11	12	9
3	Плотность грунта $\rho_{ж}$, т/м ³	1,60	1,70	1,80	1,90	2,00	1,65	1,75	1,85	1,95	2,05	1,60	1,70	1,80	1,90	2,00	1,65	1,75	1,85	1,95	2,05	1,60	1,70	1,80	1,90	2,00
4	Угол внутреннего ф. град.	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
5	Общее сцепление $C_{и}$, МПа	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,01
6	Заложение откоса, 1 : m	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,0
7	Внешняя равномерно-распределенная нагрузка P_0 , МПа	0,10	0,11	0,12	0,13	0,14	0,15	0,16	0,17	0,18	0,10	0,11	0,12	0,13	0,14	0,15	0,16	0,17	0,18	0,10	0,11	0,12	0,13	0,14	0,15	0,16
8	Коэф. запаса	1,10	1,15	1,20	1,25	1,30	1,10	1,15	1,20	1,25	1,30	1,10	1,15	1,20	1,25	1,30	1,10	1,15	1,20	1,25	1,30	1,10	1,15	1,20	1,25	1,30

Таблица П5

Исходные данные к практической работе № 5

«Определение устойчивости откоса по методу круглоцилиндрических поверхностей скольжения без учета дополнительных силовых воздействий»

№	Данные	ВАРИАНТЫ																								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
2	Категория дороги	V	IV	III	II	I6	Iв	V	IV	III	II	I6	Iв	V	IV	III	II	I6	Iв	V	IV	III	II	I6	Iв	V
3	Высота откоса, м	8	9	10	11	12	8	9	10	11	12	8	9	10	11	12	8	9	10	11	12	8	9	10	11	12
4	Крутизна откоса нижней части	2,0	1,9	1,8	1,7	1,6	2,0	1,9	1,8	1,7	1,6	2,0	1,9	1,8	1,7	1,6	2,0	1,9	1,8	1,7	1,6	2,0	1,9	1,8	1,7	1,6
	верхней части	1,5	1,4	1,3	1,2	1,5	1,4	1,3	1,2	1,5	1,4	1,3	1,2	1,5	1,4	1,3	1,2	1,5	1,4	1,3	1,2	1,5	1,4	1,3	1,2	1,5
5	Удельный вес грунта, кН/м ³	16,1	16,2	16,3	16,4	16,5	16,6	16,7	16,8	16,9	17,0	17,1	17,2	17,3	17,4	17,5	17,6	17,7	17,8	17,9	18,0	18,1	18,2	18,3	18,4	18,5
	Сцепление, кН/м ²	18,0	18,5	19,0	19,5	20,0	20,5	21,0	21,5	22,0	22,5	23,0	23,5	24,0	18,0	18,5	19,0	19,5	20,0	20,5	21,0	21,5	22,0	22,5	23,0	23,5
7	Угол внутреннего трения, град.	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	14	16	18	20

Таблица П6

Исходные данные к практической работе № 6

«Определение устойчивости откоса по методу круглоцилиндрических поверхностей скольжения с учетом гидростатического давления»

№	Данные	ВАРИАНТЫ																								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
1	V	IV	III	II	Iб	Iв	V	IV	III	II	Iб	Iв	V	IV	III	II	Iб	Iв	V	IV	III	II	Iб	Iв	V	
2	Категория дороги	V	IV	III	II	Iб	Iв	V	IV	III	II	Iб	Iв	V	IV	III	II	Iб	Iв	V	IV	III	II	Iб	Iв	V
3	Высота откоса, м	8	9	10	11	12	8	9	10	11	12	8	9	10	11	12	8	9	10	11	12	8	9	10	11	12
4	Кругизна откоса нижней части	2,0	1,9	1,8	1,7	1,6	2,0	1,9	1,8	1,7	1,6	2,0	1,9	1,8	1,7	1,6	2,0	1,9	1,8	1,7	1,6	2,0	1,9	1,8	1,7	1,6
5	Удельный вес грунта, кН/м ³	16,1	16,2	16,3	16,4	16,5	16,6	16,7	16,8	16,9	17,0	17,1	17,2	17,3	17,4	17,5	17,6	17,7	17,8	17,9	18,0	18,1	18,2	18,3	18,4	18,5
6	Сцепление, кН/м ²	18,0	18,5	19,0	19,5	20,0	20,5	21,0	21,5	22,0	22,5	23,0	23,5	24,0	18,0	18,5	19,0	19,5	20,0	20,5	21,0	21,5	22,0	22,5	23,0	23,5
7	Угол внутреннего трения, град.	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	14	16	18	20
8	ГВ, м	5	6	6	7	7	6	5	7	8	6	6	7	7	8	8	5	6	6	6	7	6	5	6	7	7

Таблица П7

Исходные данные к практической работе № 7

«Определение устойчивости откоса по методу круглоцилиндрических поверхностей скольжения с учетом фильтрационного давления»

№	Данные	ВАРИАНТЫ																								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
1	Категория дороги	V	IV	III	II	I6	I6	V	IV	III	II	I6	I6	V	IV	III	II	I6	I6	V	IV	III	II	I6	I6	V
2	Высота откоса, м	8	9	10	11	12	8	9	10	11	12	8	9	10	11	12	8	9	10	11	12	8	9	10	11	12
3	Крутизна откоса	2,0	1,9	1,8	1,7	1,6	2,0	1,9	1,8	1,7	1,6	2,0	1,9	1,8	1,7	1,6	2,0	1,9	1,8	1,7	1,6	2,0	1,9	1,8	1,7	1,6
4	Крутизна откоса нижней части	1,5	1,4	1,3	1,2	1,5	1,4	1,3	1,2	1,5	1,4	1,3	1,2	1,5	1,4	1,3	1,2	1,5	1,4	1,3	1,2	1,5	1,4	1,3	1,2	1,5
5	Удельный вес грунта, кН/м ³	16,1	16,2	16,3	16,4	16,5	16,6	16,7	16,8	16,9	17,0	17,1	17,2	17,3	17,4	17,5	17,6	17,7	17,8	17,9	18,0	18,1	18,2	18,3	18,4	18,5
6	Сцепление, кН/м ²	18,0	18,5	19,0	19,5	20,0	20,5	21,0	21,5	22,0	22,5	23,0	23,5	24,0	18,0	18,5	19,0	19,5	20,0	20,5	21,0	21,5	22,0	22,5	23,0	23,5
7	Угол внутреннего трения, град.	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	14	16	18	20
8	ГВВ, м	5	6	6	7	7	6	5	7	8	6	6	7	7	7	8	5	5	6	6	7	6	5	6	7	7
9	ГВ, м	2	2	3	3	3	2	2	3	3	2	2	2	3	4	3	2	1	2	3	2	1	2	3	4	3

Исходные данные к практической работе № 8

«Определение устойчивости откоса по методу плоских поверхностей скольжения (ППС) с учетом фильтрационного давления»

№	Данные	ВАРИАНТЫ																								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
2	Категория дороги	V	IV	III	II	I6	I6	V	IV	III	II	I6	V	IV	III	II	I6	I6	V	IV	III	II	I6	I6	V	V
3	Высота откоса, м	8	9	10	11	12	8	9	10	11	12	8	9	10	11	12	8	9	10	11	12	8	9	10	11	12
4	Крутизна откоса нижней части	2,0	1,9	1,8	1,7	1,6	2,0	1,9	1,8	1,7	1,6	2,0	1,9	1,8	1,7	1,6	2,0	1,9	1,8	1,7	1,6	2,0	1,9	1,8	1,7	1,6
	верхней части	1,5	1,4	1,3	1,2	1,5	1,4	1,3	1,2	1,5	1,4	1,3	1,2	1,5	1,4	1,3	1,2	1,5	1,4	1,3	1,2	1,5	1,4	1,3	1,2	1,5
5	Удельный вес грунта, кН/м ³	16,1	16,2	16,3	16,4	16,5	16,6	16,7	16,8	16,9	17,0	17,1	17,2	17,3	17,4	17,5	17,6	17,7	17,8	17,9	18,0	18,1	18,2	18,3	18,4	18,5
6	Сцепление, кН/м ²	18,0	18,5	19,0	19,5	20,0	20,5	21,0	21,5	22,0	22,5	23,0	23,5	24,0	18,0	18,5	19,0	19,5	20,0	20,5	21,0	21,5	22,0	22,5	23,0	23,5
7	Угол внутреннего трения, град.	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	14	16	18	20
8	ГВВ, м	5	6	6	7	7	6	5	7	8	6	6	7	7	8	5	5	6	6	6	7	6	5	6	7	7
9	ГВ, м	2	2	3	3	3	2	2	3	3	2	2	2	3	4	3	2	1	2	3	2	1	2	3	4	3

Исходные данные к практической работе № 9
«Определение сопротивляемости сдвигу скрытопластичных глинистых грунтов»

№	Данные	ВАРИАНТЫ																								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
2	w_1	22	23	21	20	19	18	20	21	22	21	20	19	18	21	20	19	18	21	20	22	23	21	20	22	21
	S_{p1}	0,105	0,100	0,110	0,115	0,120	0,125	0,100	0,095	0,090	0,120	0,125	0,105	0,100	0,090	0,120	0,125	0,130	0,110	0,115	0,115	0,110	0,100	0,105	0,085	0,090
	w_2	31	32	30	29	28	27	26	27	28	28	27	29	30	28	25	24	23	28	27	29	30	28	27	30	26
	S_{p2}	0,040	0,035	0,045	0,050	0,055	0,060	0,060	0,055	0,050	0,060	0,065	0,055	0,050	0,040	0,080	0,085	0,090	0,050	0,055	0,050	0,045	0,050	0,055	0,040	0,060
3	w_3	34	35	33	32	31	30	33	34	35	34	33	34	32	35	34	33	36	35	33	34	35	34	36	34	
	S_{p3}	0,030	0,025	0,035	0,040	0,045	0,050	0,040	0,035	0,030	0,040	0,045	0,035	0,030	0,025	0,060	0,065	0,070	0,040	0,045	0,030	0,025	0,030	0,035	0,030	0,040
	w_1	22	23	21	20	19	18	20	21	22	21	20	22	23	21	20	19	18	21	20	22	23	21	20	22	21
	S_{p1}	0,120	0,115	0,125	0,130	0,135	0,140	0,110	0,105	0,100	0,130	0,135	0,125	0,120	0,110	0,130	0,135	0,140	0,130	0,135	0,120	0,115	0,115	0,120	0,105	0,100
4	w_2	31	32	30	29	28	27	26	27	28	28	27	29	30	28	25	24	23	28	27	29	30	28	27	30	26
	S_{p2}	0,055	0,050	0,060	0,065	0,070	0,075	0,070	0,065	0,060	0,080	0,085	0,075	0,070	0,060	0,090	0,095	0,100	0,070	0,075	0,070	0,065	0,070	0,075	0,060	0,070
	w_3	34	35	33	32	31	30	33	34	35	34	33	34	32	35	34	33	36	35	33	34	35	34	36	34	
	S_{p3}	0,050	0,045	0,045	0,050	0,055	0,060	0,050	0,045	0,040	0,060	0,065	0,065	0,060	0,050	0,075	0,080	0,085	0,060	0,065	0,050	0,045	0,050	0,055	0,040	0,050
0,3	w_1	22	23	21	20	19	18	20	21	22	21	20	22	23	21	20	19	18	21	20	22	23	21	20	22	21
	S_{p1}	0,135	0,130	0,140	0,145	0,150	0,155	0,120	0,115	0,110	0,140	0,145	0,130	0,125	0,115	0,145	0,150	0,155	0,140	0,145	0,135	0,130	0,130	0,135	0,125	0,120
	w_2	31	32	30	29	28	27	26	27	28	28	27	29	30	28	25	24	23	28	27	29	30	28	27	30	26
	S_{p2}	0,070	0,065	0,075	0,080	0,085	0,090	0,080	0,075	0,070	0,090	0,095	0,090	0,085	0,075	0,100	0,105	0,110	0,090	0,095	0,090	0,085	0,085	0,090	0,070	0,080
0,060	w_3	34	35	33	32	31	30	33	34	35	34	33	34	32	35	34	33	36	35	33	34	35	34	36	34	
	S_{p3}	0,065	0,060	0,070	0,075	0,080	0,085	0,060	0,055	0,050	0,080	0,085	0,075	0,070	0,060	0,090	0,095	0,100	0,080	0,085	0,070	0,065	0,070	0,075	0,060	0,060

Таблица П10

Исходные данные к практической работе № 10
 «Разработка технически обоснованных норм расхода материально-технических ресурсов»

№	Данные	ВАРИАНТЫ																								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
1	Категория дороги	И6	П	Ив	Ш	ИВ	IV	Ш	П	Ив	П	И6	П	Ив	Ш	IV	В	IV	Ш	П	Ив	П	Ив	П	И6	И6
3	Длина участка, км	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0	9,5	10,0	10,5	11,0	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0	9,5	10,0	10,5
4	Толщина слоя, см	5	6	7	5	6	7	5	6	7	5	6	7	5	6	7	5	6	7	5	6	7	5	6	7	5
5	Зернистость смеси	МЗ	КЗ	П	МЗ	КЗ	П	МЗ	КЗ	П	МЗ	КЗ	П	МЗ	КЗ	П	МЗ	КЗ	П	МЗ	КЗ	П	МЗ	КЗ	П	МЗ
	Тип смеси	А	А	Г	Б	Б	Д	В	А	Г	А	Б	Д	Б	А	Г	В	Б	Д	А	А	Г	Б	Б	Д	В
6	Плотность каменного материала, т/м ³	2,8	2,7	2,5	3,1	3,0	2,6	2,7	2,8	2,7	3,2	3,1	2,8	2,6	2,9	3,0	3,1	2,5	2,8	2,7	2,6	2,9	3,0	2,7	3,0	
	Срок строительства, смен	21	20	22	23	24	25	26	27	28	29	30	21	20	22	23	24	25	26	27	28	29	30	21	20	22

Примечание: МЗ – мелкозернистая смесь, КЗ – крупнозернистая смесь; П – песчаная смесь.

Исходные данные к практической работе № 11
«Определение числа смен для отдельных видов работ
и расчет скорости дорожно-строительного потока»

№	Данные	ВАРИАНТЫ																								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
2	Продолжительность стр-ва, мес.	12	13	9	10	11	12	13	9	10	11	12	13	9	10	11	12	13	9	10	11	12	13	9	10	11
3	Начало строительства	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь	январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь	январь	февраль	март	апрель	май	
4	Длина участка, км	14	15	16	17	18	19	20	14	15	16	17	18	14	15	16	17	21	15	16	17	18	19	14	15	17
5	Время на развертывание потока, смен	6	7	8	9	10	11	12	6	7	8	9	10	11	6	7	8	9	10	11	6	7	8	9	10	11
6	Объем земляных работ, м ³ грейдерных	950	1000	1050	1100	1150	1200	1250	975	1035	1175	1235	1275	1300	1325	1350	1375	1400	1425	1450	1475	1500	985	1355	1425	1085
	бульдозерных	1598	1645	1723	1856	1932	2021	2098	1544	1678	1783	1877	1932	1997	2002	2054	2156	2231	2341	2398	2455	2497	1665	1777	1995	2012
	скреперных	3566	3675	3856	3944	4012	4123	4265	4312	4423	3587	3642	3715	3768	3815	3894	3912	3986	4045	4087	4143	4189	4231	4296	4345	4387
	экскаваторных	2001	2034	2087	2133	2165	2187	2228	2242	2256	2231	2234	2238	2401	2442	2478	2511	2562	2598	2612	2666	2687	2731	2712	2778	2794
выгорфовывание экскаватором	8512	8545	8575	8589	8632	8661	8679	8704	8742	8787	8809	8845	8890	8911	8935	8976	8999	9004	9065	9092	9112	9134	9155	9174	9180	

Исходные данные к практической работе № 12
«Расчет объемов и ресурсов подготовительных работ»

№	Данные	ВАРИАНТЫ																								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
2	Категория дороги	Ia	Iб	II	III	IV	V	VIa	VIб	Ia	Iб	II	III	IV	V	VIa	VIб	Ia	Iб	II	III	IV	V	VI	IV	V
3	Крупность леса	кр	ск	мл	ом	кр	мл	ом	кр	ск	мл	ом	кр													
4	Диаметр ствола, см	33	30	22	14	33	30	22	14	33	30	22	14	33	30	22	14	33	30	22	14	33	30	22	14	33
5	Диаметр пня, см	35	32	24	16	35	32	24	16	35	32	24	16	35	32	24	16	35	32	24	16	35	32	24	16	35
6	Густота леса	гт	рг	сг	гт	сг	гт	рг	сг	гт	сг	гт	ст	рг	гт	сг	гт	рг	сг	гт	сг	гт	сг	гт	сг	гт
7	Длина участка занятого лесом, км	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	0,9	0,95	1,05	1,15	1,25	1,35	1,45	1,55	0,97	1,07	1,17	1,27	1,37	1,47	1,57	1,03	1,13	1,23	1,43
8	Длина участка занят. кустарником, км	0,4	0,45	0,47	0,5	0,53	0,55	0,57	0,6	0,63	0,65	0,67	0,7	0,73	0,75	0,77	0,8	0,83	0,85	0,87	0,9	0,93	0,95	0,97	1,0	1,03
9	Длина участка, занятого пашней, выгоном, лугом, неудобьем, м	0,7	0,73	0,75	0,77	0,8	0,83	0,85	0,87	0,9	0,93	0,95	0,97	1,0	1,03	1,05	1,07	1,1	1,08	1,06	1,04	1,02	0,98	0,96	0,94	0,92
10	Высота насыпи без дорожной одежды, м	1,5	1,55	1,6	1,65	1,7	1,75	1,8	1,85	1,9	1,95	2,0	2,05	2,1	2,15	2,2	2,25	2,3	2,35	2,4	2,45	2,5	2,55	2,6	2,65	2,7
11	Заложение откоса	2,0	1,75	1,5	1,3	1,5	1,75	2,0	1,95	1,9	1,85	1,8	1,75	1,7	1,65	1,6	1,55	1,5	1,45	1,4	1,35	1,3	1,25	1,2	1,15	1,1
12	Толщина дождевой одежды с учетом доп. слоя осадкования, м	0,75	0,76	0,77	0,78	0,79	0,8	0,81	0,82	0,83	0,84	0,85	0,86	0,87	0,88	0,89	0,9	0,91	0,92	0,93	0,04	0,95	0,96	0,97	0,98	0,99
13	Группа грунта по трудности работ	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1

Примечание: кр – крупный; ск – средней крупности; мл – мелкий; ом – очень мелкий; гт – густой; сг – средней густоты; рг – редкий

Исходные данные к практической работе № 13
«Определение средней дальности перемещения грунта»

№	Данные	ВАРИАНТЫ																									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
2	Размер строит. пл.	120× × 90	128× × 96	136× × 102	144× × 108	152× × 114	160× × 120	168× × 126	176× × 132	184× × 138	194× × 144	200× × 150	200× × 90	128× × 96	136× × 102	144× × 108	152× × 114	160× × 120	168× × 126	176× × 132	184× × 138	194× × 144	200× × 150	120× × 90	128× × 96	136× × 102	
3	Размер квadrата	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50	30	32	34	
4	Объ- ем пере- рабо- тывае- мого грун- та в квад- рате, тыс. м ³	1	4,0	4,2	4,1	4,4	4,3	4,6	4,5	4,8	4,7	4,9	5,0	4,0	4,2	4,1	4,4	4,3	4,6	4,5	4,8	4,7	4,9	5,0	4,0	4,2	4,1
		2	3,0	3,1	3,2	3,3	3,4	3,5	3,6	3,7	3,8	3,9	4,0	4,1	4,2	4,3	4,4	4,3	4,6	4,5	4,8	4,7	4,9	5,0	4,0	4,2	4,1
		3	5,0	5,2	5,1	5,4	5,3	5,6	5,5	5,8	5,7	6,0	5,9	6,2	6,1	6,4	6,3	6,6	6,5	6,8	6,7	7,0	6,9	7,2	7,1	7,4	7,3
		3а	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	1,1	1,2	1,3	1,4
		4	3,0	3,2	3,3	3,4	3,5	3,6	3,7	3,8	3,9	4,0	4,1	4,2	4,3	4,4	4,3	4,6	4,5	4,8	4,7	5,0	4,9	5,2	5,1	5,4	5,3
		5	6,0	6,1	6,2	6,3	6,4	6,5	6,6	6,7	6,8	6,9	7,0	7,1	7,2	7,3	7,4	7,3	7,6	7,5	7,8	7,7	8,0	7,9	8,2	8,1	
		6	4,0	4,2	4,1	4,4	4,3	4,6	4,5	4,8	4,7	4,9	5,0	4,0	4,2	4,1	4,4	4,3	4,6	4,5	4,8	4,7	4,9	5,0	4,0	4,2	4,1
		7	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3,0	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3,0	2,0	2,1	2,2
		7а	2,0	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3,0	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3,0	2,0	2,1	2,2	
		8	4,0	4,2	4,1	4,4	4,3	4,6	4,5	4,8	4,7	4,9	5,0	4,0	4,2	4,1	4,4	4,3	4,6	4,5	4,8	4,7	4,9	5,0	4,0	4,2	4,1
		9	3,0	3,1	3,2	3,3	3,4	3,5	3,6	3,7	3,8	3,9	4,0	4,1	4,2	4,3	4,4	4,3	4,6	4,5	4,8	4,7	4,9	5,0	4,0	4,2	4,1
		9а	3,0	3,2	3,3	3,4	3,5	3,6	3,7	3,8	3,9	4,0	4,1	4,2	4,3	4,4	4,3	4,6	4,5	4,8	4,7	4,9	5,0	4,0	4,2	4,1	
10	2,0	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3,0	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3,0	2,0	2,1		
10а	3,0	3,0	3,2	3,3	3,4	3,5	3,6	3,7	3,8	3,9	4,0	4,1	4,2	4,3	4,4	4,3	4,6	4,5	4,8	4,7	4,9	5,0	4,0	4,2	4,1		
11	4,0	4,0	4,2	4,1	4,4	4,3	4,6	4,5	4,8	4,7	4,9	5,0	4,0	4,2	4,1	4,4	4,3	4,6	4,5	4,8	4,7	4,9	5,0	4,0	4,2		
12	4,0	4,2	4,1	4,4	4,3	4,6	4,5	4,8	4,7	4,9	5,0	4,0	4,2	4,1	4,4	4,3	4,6	4,5	4,8	4,7	4,9	5,0	4,0	4,2			

Таблица П14

Исходные данные к практической работе № 14

«Определение объемов линейно-протяженных сооружений и работ по рекультивации карьеров»

№	Данные	ВАРИАНТЫ																										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25		
1	Категория	II	I6	II	Iв	III	IV	V	IV	III	II	Iв	II	I6	I6	II	Iв	III	IV	V	IV	III	II	Iв	II	I6		
3	Толщина дор. од, м	0,6	0,62	0,64	0,65	0,66	0,68	0,70	0,72	0,74	0,76	0,75	0,78	0,80	0,82	0,84	0,86	0,85	0,88	0,90	0,92	0,94	0,95	0,96	0,98	1,00		
4	Рабочие отметки, м	0	1,6	-1,6	2,6	2,4	2,5	-2,3	-0,1	-0,3	5,0	2,5	1,6	2,5	1,6	-1,6	2,6	2,4	2,5	-2,3	-0,1	-0,3	5,0	2,5	1,6	2,5	3,2	
		1	2,5	-1,8	3,7	1,5	3,1	-0,7	-2,1	-1,8	5,2	1,4	1,0	3,5	2,5	-1,8	3,7	1,5	3,1	-0,7	-2,1	-1,8	5,2	1,4	1,0	3,5	2,1	
		2	3,2	0,2	4,5	0,8	2,8	1,2	-3,1	-2,8	3,0	1,5	2,6	4,5	3,2	0,2	4,5	0,8	2,8	1,2	-3,1	-2,8	3,0	1,5	2,6	4,5	1,5	
		3	2,6	1,8	4,0	0,3	1,3	2,5	0,4	1,0	2,2	-0,4	3,0	2,0	2,6	1,8	4,0	0,3	1,3	2,5	0,4	1,0	2,2	-0,4	3,0	2,0	-1,6	
		4	2,2	2,4	3,5	-0,9	0,6	3,6	2,6	3,4	3,4	1,2	-1,6	-2,4	2,2	2,4	3,5	-0,9	0,6	3,6	2,6	3,4	1,2	-1,6	-2,4	2,0	-2,8	
		5	2,8	2,6	1,8	-1,5	-0,6	4,0	3,8	5,5	5,5	0,3	-2,8	-1,6	-1,6	2,6	1,8	-1,5	-0,6	4,0	3,8	5,5	0,3	-2,8	-1,6	-2,4	-3,5	
		6	0,6	3,7	1,6	-1,4	-1,4	2,5	4,8	3,7	3,7	-1,6	0,9	-3,6	-0,8	0,6	3,7	1,6	-1,4	2,5	4,8	3,7	-1,6	0,9	-3,6	-0,8	-2,1	
		7	0,3	2,2	-0,6	0,8	-3,1	1,2	3,2	2,8	2,8	-2,8	1,9	1,6	2,5	0,3	2,2	-0,6	0,8	-3,1	1,2	3,2	2,8	-2,8	1,9	1,6	2,5	1,4
		8	-1,2	1,5	-1,8	2,4	-1,0	0,8	2,2	1,9	1,9	-3,1	2,3	2,6	3,4	-1,2	1,5	-1,8	2,4	-1,0	0,8	2,2	1,9	-3,1	2,3	2,6	3,4	2,8
		9	-1,8	3,1	-0,5	3,8	1,4	0,2	3,8	3,1	3,1	0,5	3,8	3,4	4,6	-1,8	3,1	-0,5	3,8	1,4	0,2	3,8	3,1	0,5	3,8	3,4	4,6	3,6
10	-2,4	3,0	1,0	4,5	2,6	-1,5	5,0	4,5	4,5	2,7	5,1	1,6	2,4	-2,4	3,0	1,0	4,5	2,6	-1,5	5,0	4,5	2,7	5,1	1,6	2,4	2,1		

Исходные данные к практической работе № 15
«Улучшение свойств гравийных и гравийно-песчаных смесей»

№	Данные	ВАРИАНТЫ																										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25		
1	№ смеси	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2		
2	ИП исходного материала	70	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100		
		40	35	40	35	30	38	36	34	35	40	35	30	38	100	85	100	90	85	80	65	70	75	95	70	75	35	
		20	20	25	15	20	18	16	16	20	25	15	20	18	80	55	100	75	65	60	45	50	55	80	55	65	15	
		10	15	20	15	15	14	15	15	15	20	15	15	15	50	45	80	55	50	55	40	45	50	60	45	55	15	
		5	5	10	10	10	14	12	12	5	10	10	10	14	45	35	55	35	40	45	30	35	40	50	40	40	10	
		2,5	1	5	5	5	8	7	6	1	5	5	5	8	30	20	35	20	30	35	20	25	30	40	30	30	5	
		0,63	0	0	3	5	3	2	3	0	0	3	5	3	15	15	20	15	20	30	15	20	25	30	15	20	3	
		0,05	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	5	5	5	5	3	5	5	5	10	3	5	0	
		3	ИП до-бавляемого материала	70	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
				40	100	85	100	90	85	80	65	70	75	95	70	75	35	40	35	30	38	36	34	35	40	35	30	38
20	80			55	100	75	65	60	45	50	55	80	55	65	20	25	15	20	18	16	16	20	25	15	20	18	80	
10	50			45	80	55	50	55	40	45	50	60	45	55	15	20	15	15	15	14	15	15	20	15	15	15	60	
5	45			35	55	35	40	45	30	35	40	50	40	40	5	10	10	10	14	12	12	5	10	10	10	14	50	
2,5	30			20	35	20	30	35	20	25	30	40	30	30	1	5	5	5	8	7	6	1	5	5	5	8	40	
0,63	15			15	20	15	20	30	15	20	25	30	15	20	0	0	3	5	3	2	3	0	0	3	5	3	30	
0,05	5			5	5	5	5	3	5	5	5	10	3	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	

Таблица П16а

Исходные данные к практической работе № 16

«Выбор землеройных машин по техническим и экономическим показателям»

№	Данные	ВАРИАНТЫ																								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
2	Номер комплекта	1; 2	2; 3	1; 3	2; 4	1; 4	2; 5	1; 5	2; 6	1; 6	3; 4	4; 5	3; 5	4; 6	3; 6	5; 6	1; 2	3; 4	5; 6	2; 3	4; 5	1; 6	4; 5	2; 3	3; 5	2; 4
3	Вид грунта	П	СП	СГ	Г	ЖГ	П	СП	СГ	Г	ЖГ	П	СП	СГ	Г	ЖГ	П	СП	СГ	Г	ЖГ	П	СП	СГ	Г	ЖГ
4	Объем грунта, м	3×100	3,5×100	4×100	4,5×100	5×100	3×100	3,5×100	4×100	4,5×100	5×100	3×100	3,5×100	4×100	4,5×100	5×100	3×100	3,5×100	4×100	4,5×100	5×100	3×100	3,5×100	4×100	4,5×100	5×100
5	Схема работы в забое	Б	Л	Б	Л	Б	Л	Б	Л	Б	Л	Б	Л	Б	Л	Б	Л	Б	Л	Б	Л	Б	Л	Б	Л	Б
6	Продолжительность работы в году, дней	200	220	240	260	280	300	210	230	250	270	290	205	215	225	235	245	255	265	275	285	295	305	310	315	320

Примечание: П – песок; СП – супесь; СГ – суглинок; Г – глина; ЖГ – жирная глина; Б- боковой забой; Л – добовой забой.

Таблица П166

Технико-экономические показатели комплектов машин

Показатели	Обозначение	Показатели по составу комплектов					
		1	2	3	4	5	6
1. Состав комплекта: экскаватор бульдозер автогрейдер	м ³ кВт кВт	0,63 96 66,2	0,4 103 99,4	0,8 154 184	1,0 220 220	0,65 250 99,4	1,6 130 66,2
2. Единовременные загрaты	Е, руб.	185	220	260	300	400	500
3. Годовые загрaты	Г, руб.	3788	4256	4673	5021	5565	6103
4. Инвентарная расчетная стоимость	К, руб.	30685	36490	45514	54321	58904	61221
5. Эксплуатационные загрaты	Э, руб./маш.-ч.	3,20	3,78	4,21	4,67	4,98	5,17
6. Заработная плата работников, не занятых управлением машин	З, руб./м ³	7,55	7,78	7,65	6,78	7,32	6,96
7. Загрaты на ремонт и содержание дорог	Э _{рем} , руб./м ³	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004
8. Загрaты на транспорти- ровку грунта	Э _{тр} , руб./м ³	0,16	0,15	0,14	0,15	0,16	0,14

Исходные данные к практической работе № 17

«Составление ведомости объемов земляных работ с разработкой графика распределения земляных масс»

№	Данные	ВАРИАНТЫ																									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
2	Объемы земляных работ на пике-тах, м ³ Светлые – насыпь Темные – выемка	1	1801	1567	1543	2115	1254	1534	1677	2341	2351	2180	1567	1200	1502	2003	2500	1875	2234	2456	2321	2377	2134	2541	2199	2498	2134
		2	1545	1764	1432	2111	1344	1678	1899	2234	2011	2200	1766	1345	1476	2341	2211	1977	2143	2398	2445	2176	2245	2431	2387	2463	2245
		3	1675	1877	1348	2341	1321	1873	1853	2145	2143	2345	1893	1222	1423	2234	2311	2000	2445	2500	2344	2345	2344	2314	2256	2345	2354
		4	1688	1675	1439	2346	1454	1987	1943	2666	2256	1879	2004	1435	1245	2087	2453	1965	2487	2387	2254	2198	2154	2254	2399	2212	2157
		5	1898	1590	1399	2501	1500	2000	1764	2455	2376	1675	2987	1234	1112	2568	2345	1788	1890	2165	2500	2433	2499	2343	2134	2114	2234
		6	1900	1566	1459	2456	1515	1989	1543	2213	2477	2478	1866	1478	1445	2134	2256	1643	1566	2234	2433	2500	2319	2451	2377	2087	2476
		7	2005	1766	1255	2468	1433	1878	1774	2455	2387	1986	1567	1499	1256	2345	2435	1877	1789	2456	2531	2376	2410	2311	2475	2178	2432
		8	1876	1798	1243	2341	1322	1872	1775	2132	2265	3176	1431	1444	1212	2265	2345	1566	1907	2389	2345	2455	2300	2678	2178	2356	2469
		9	1675	1983	1432	2398	1429	1654	1890	2431	2174	4080	1322	1345	1890	2254	2567	1688	2134	2341	2451	2143	2222	2451	2643	2453	2355
3	Объем кювета	1	1673	2000	1325	2488	1200	1756	1973	2445	2087	3572	1543	1237	1985	2345	2870	1875	2567	2479	2398	2322	2165	2243	2376	2363	2573
		0	220	230	240	250	260	180	185	190	195	200	205	210	215	225	235	245	255	265	224	238	242	254	261	189	197
3	Категория дороги	II	III	IV	II	III	IV	V	Vla	VI6	II	III	IV	V	Vla	VI6	II	III	IV	V	Vla	VI6	II	III	IV	V	
4	Толщина ДО	0,44	0,45	0,46	0,47	0,48	0,49	0,50	0,43	0,42	0,41	0,44	0,45	0,46	0,47	0,48	0,49	0,50	0,43	0,42	0,41	0,51	0,52	0,53	0,54	0,55	
5	Ср. высота насыпи	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3,0	3,1	3,2	3,3	2,4	2,3	2,2	2,1	2,15	2,25	2,35	2,45	2,55	2,65	2,75	2,85	2,95	2,4	2,5	2,6	
6	Глубина болота	2,4	2,5	2,6	2,45	2,55	2,65	2,7	2,75	2,8	2,85	2,9	2,95	3,0	3,05	3,1	3,15	2,7	2,75	2,8	2,85	2,9	2,95	3,0	2,9	2,8	
7	Расположение болота	9	7	10	8	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	5	6	7	8	9	10	1	2	6	
8	Раст. от карьера	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	
9	Вид грунта	III	СЛК	СГЛ	ГР	ПК	СЛ	СГЛ	СЛК	ПС	СТ	СЛ	СГЛ	ПМ	СЛК	СТ	ГР	СГЛ	ПГ	СЛ	СГТ	ПК	СТ	ГР	ПС	СГЛ	

Примечание: ГР – гравий; ПГ – песок гравелистый; ПК – песок крупный; ПС – песок средний; ПМ – песок мелкий; СЛК – супесь легкая крупная; СЛ – супесь легкая; СТ – супесь тяжелая; СГЛ – супешинок легкий; СГТ – супешинок тяжелый

Исходные данные к практической работе № 18
 «Расчет ресурсов для бульдозерных и скреперных работ при возведении дорожного полотна»

№	Данные	ВАРИАНТЫ																								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
1	Мощность бульдозера, кВт	59	79	96	121	59	79	96	121	59	79	96	121	59	79	96	121	59	79	96	121	59	79	96	121	59
3	Группа грунта по трудности	1-я	2-я	3-я	1-я	2-я	3-я	1-я	2-я	3-я	1-я	2-я	3-я	1-я	2-я	3-я	1-я	2-я	3-я	1-я	2-я	3-я	1-я	2-я	3-я	1-я
4	Емкость скрепера ковша, м ³	3	4,5	7	8	10	3	4,5	7	8	10	3	4,5	7	8	10	3	4,5	7	8	10	3	4,5	7	8	10
5	Мощность трактора, кВт	59	79	59	79	59	79	59	79	59	79	59	79	59	79	59	79	59	79	59	79	59	79	59	79	59
6	Каток пневмоколесный, т	25																								
7	Машина поливомоечная, л	6000																								
8	Толщина уплотняемого слоя, см	25	30	40	45	50	25	30	40	45	50	25	30	40	45	50	25	30	40	45	50	25	30	40	45	50

Таблица П19

Исходные данные к практической работе № 19

«Работы, выполняемые экскаватором. Расчет ведущих машин и ресурсов при возведении дорожного полотна»

№	Данные	ВАРИАНТЫ																								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
1	Группа грунта	1-я	2-я	3-я	1-я	2-я	3-я	1-я	2-я	3-я	1-я	2-я	3-я	1-я	2-я	3-я	1-я	2-я	3-я	1-я	2-я	3-я	1-я	2-я	3-я	1-я
2	по трудности разработки	1-я	2-я	3-я	1-я	2-я	3-я	1-я	2-я	3-я	1-я	2-я	3-я	1-я	2-я	3-я	1-я	2-я	3-я	1-я	2-я	3-я	1-я	2-я	3-я	1-я
3	Вид катка	прицепной на пневмошинах																								
4	Толщина слоя уплотнения, см	25	40	45	50	25	30	40	45	50	25	30	40	45	50	25	30	40	45	50	25	30	40	45	50	25
		30																								
5	Число проходов катка по одному следу	6	8	9	10	6	7	8	9	10	6	7	8	9	10	6	7	8	9	10	6	7	8	9	10	6
		7																								
6	Грузоподъемность автомобиля, т	7	7	10	7	10	7	10	7	10	7	10	7	10	7	10	7	10	7	10	7	10	7	10	7	10
		10																								
7	Категория дороги	II	III	IV	II	III	IV	V	VIa	VIб	II	III	IV	V	VIa	VIб	II	III	IV	V	VIa	VIб	II	III	IV	V

Исходные данные к практической работе № 20

«Работы, выполняемые автогрейдером, расчет ведущих машин и ресурсов
при возведении дорожного полотна»

№	Данные	ВАРИАНТЫ																								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
2	Категория дороги	II	III	IV	II	III	IV	V	VIa	VIб	II	III	IV	V	VIa	VIб	II	III	IV	V	VIa	VIб	II	III	IV	I
3	Толщина ДЮ, м	0,43	0,42	0,41	0,44	0,45	0,46	0,47	0,48	0,49	0,50	0,43	0,42	0,41	0,51	0,52	0,53	0,54	0,55	0,44	0,45	0,46	0,47	0,48	0,49	0,50
4	Группа грунта	2-я	3-я	1-я	2-я	3-я	1-я	2-я	3-я	1-я	2-я	3-я	1-я	2-я	3-я	1-я	2-я	3-я	1-я	2-я	3-я	1-я	2-я	3-я	1-я	2-я
5	Высота насыпи, м	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8	3,0	3,2	3,4	3,6	3,5	3,3	3,1	2,9	2,7	2,5	2,3	2,1	3,7	3,8	3,9	4,0	3,0	2,0	2,5	3,5
6	Толщина слоя уплотнения, см	45	50	25	30	40	45	50	25	30	40	45	50	25	30	40	45	50	25	30	40	45	50	45	50	25
7	Число проходов катка по одному следу	8	9	10	6	7	8	9	10	6	7	8	9	10	6	7	8	9	10	6	7	8	9	10	8	9
8	Грузоподъем. автот., т	10	7	10	7	10	7	10	7	10	7	10	7	10	7	10	7	10	7	10	7	10	7	10	7	10
9	Протяженность участка, км	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	0,85	0,9	0,95	1,05	1,15	1,25	1,35	1,45	0,88	0,98	1,08	1,18	1,28	1,38	1,48	1,0	1,13	1,23	1,33	1,43
10	Грейдер прицепной	сп	т	сп	т	сп	т	сп	т	сп	т	сп	т	сп	т	сп	т	сп	т	сп	т	сп	т	сп	т	сп
11	Емкость ковша экскаватора, м ³	0,65	0,5	0,4	0,25	0,65	0,5	0,4	0,25	0,65	0,5	0,4	0,25	0,65	0,5	0,4	0,25	0,65	0,5	0,4	0,25	0,65	0,5	0,4	0,25	0,65
12	Расстояние перемещ. грунта, км	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0	9,5	10,0	9,3	8,3	7,3	6,3	5,3	4,3	3,3	4,7	5,7	6,7
13	Плотность грунта, т/см ³	1,5	1,52	1,54	1,56	1,58	1,6	1,62	1,64	1,66	1,68	1,7	1,72	1,74	1,76	1,78	1,8	1,51	1,53	1,55	1,57	1,59	1,61	1,63	1,65	1,67

Примечание: грейдер прицепной: средний – сп, тяжелый – т.

Исходные данные к практической работе № 21

«Оценка качества уплотнения земляных сооружений»

№	Данные	ВАРИАНТЫ																									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
1	Фактическая плотность грунта в насыпи $\rho, \text{г/см}^3$	1,70	1,71	1,72	1,80	1,81	1,82	1,95	1,96	1,97	2,00	2,1	2,02	2,20	2,21	2,22	2,01	2,02	2,03	2,03	1,92	1,93	1,94	1,94	1,95	1,96	2,05
2	Плотность грунта в насыпи $\rho, \text{г/см}^3$	1,71	1,72	1,73	1,81	1,82	1,83	1,96	1,97	1,98	2,01	2,02	2,03	2,21	2,22	2,23	2,02	2,03	2,04	2,04	1,93	1,94	1,95	1,95	1,96	1,97	2,06
3	Плотность грунта в слоях шурфа $\rho, \text{г/см}^3$	1,65	1,66	1,67	1,76	1,77	1,78	1,90	1,91	1,02	1,96	1,97	1,98	1,99	2,00	2,01	1,95	1,96	1,97	1,85	1,86	1,87	1,87	1,87	1,87	1,88	1,94
	Плотность грунта в слоях шурфа $\rho, \text{г/см}^3$	1,66	1,67	1,68	1,77	1,78	1,79	1,91	1,92	1,93	1,97	1,98	1,99	2,00	2,01	2,02	1,96	1,97	1,98	1,86	1,87	1,88	1,88	1,88	1,88	1,89	1,95
4	Толщина слоев	1,67	1,68	1,69	1,78	1,79	1,80	1,92	1,93	1,94	1,98	1,99	2,00	2,01	2,02	2,03	1,97	1,98	1,99	1,87	1,88	1,89	1,88	1,89	1,90	1,96	
	в шурфе, см	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	15	18	19	21	23	25	27	29	31	33	35	37	39	41	
	Влажность грунта, %	35	37	39	41	43	45	47	49	51	53	55	23	25	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	
5	Вид грунта	42	44	46	48	50	43	45	47	49	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	
6	Тип усовершенствованного покрытия	6	7	8	7	8	9	9	10	11	12	11	10	12	13	14	13	14	15	14	15	16	15	16	17	24	
7	Конструкция дорожного полотна	ПК	ПК	ПК	ПС																						
8	Тип усовершенствованного покрытия	ПК	ПК	ПК	ПС																						
9	Конструкция дорожного полотна	ПК	ПК	ПК	ПС																						
	Тип усовершенствованного покрытия	ПК	ПК	ПК	ПС																						
10	Конструкция дорожного полотна	ПК	ПК	ПК	ПС																						
	Тип усовершенствованного покрытия	ПК	ПК	ПК	ПС																						
11	Конструкция дорожного полотна	ПК	ПК	ПК	ПС																						
	Тип усовершенствованного покрытия	ПК	ПК	ПК	ПС																						
12	Конструкция дорожного полотна	ПК	ПК	ПК	ПС																						
	Тип усовершенствованного покрытия	ПК	ПК	ПК	ПС																						
13	Конструкция дорожного полотна	ПК	ПК	ПК	ПС																						
	Тип усовершенствованного покрытия	ПК	ПК	ПК	ПС																						
14	Конструкция дорожного полотна	ПК	ПК	ПК	ПС																						
	Тип усовершенствованного покрытия	ПК	ПК	ПК	ПС																						
15	Конструкция дорожного полотна	ПК	ПК	ПК	ПС																						
	Тип усовершенствованного покрытия	ПК	ПК	ПК	ПС																						
16	Конструкция дорожного полотна	ПК	ПК	ПК	ПС																						
	Тип усовершенствованного покрытия	ПК	ПК	ПК	ПС																						
17	Конструкция дорожного полотна	ПК	ПК	ПК	ПС																						
	Тип усовершенствованного покрытия	ПК	ПК	ПК	ПС																						
18	Конструкция дорожного полотна	ПК	ПК	ПК	ПС																						
	Тип усовершенствованного покрытия	ПК	ПК	ПК	ПС																						
19	Конструкция дорожного полотна	ПК	ПК	ПК	ПС																						
	Тип усовершенствованного покрытия	ПК	ПК	ПК	ПС																						
20	Конструкция дорожного полотна	ПК	ПК	ПК	ПС																						
	Тип усовершенствованного покрытия	ПК	ПК	ПК	ПС																						
21	Конструкция дорожного полотна	ПК	ПК	ПК	ПС																						
	Тип усовершенствованного покрытия	ПК	ПК	ПК	ПС																						
22	Конструкция дорожного полотна	ПК	ПК	ПК	ПС																						
	Тип усовершенствованного покрытия	ПК	ПК	ПК	ПС																						
23	Конструкция дорожного полотна	ПК	ПК	ПК	ПС																						
	Тип усовершенствованного покрытия	ПК	ПК	ПК	ПС																						
24	Конструкция дорожного полотна	ПК	ПК	ПК	ПС																						
	Тип усовершенствованного покрытия	ПК	ПК	ПК	ПС																						
25	Конструкция дорожного полотна	ПК	ПК	ПК	ПС																						
	Тип усовершенствованного покрытия	ПК	ПК	ПК	ПС																						

Примечание: вид грунта: ПК – песок крупный; ПС – песок средний; ПМ – песок мелкий; ПП – песок пылеватый; ПШ – песок пылеватый; СЛК – супесь легкая крупная; СЛ – супесь легкая; СП – супесь пылеватая; СТП – супесь тяжелая пылеватая; тип покрытия: кл – каменный; об – облегченный; пр – переходной; конструкция: н – насыпь; в – выемка.

Исходные данные к практической работе № 22

«Пробное уплотнение грунтов катками»

№	Данные	ВАРИАНТЫ																								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
1	Плотность грунта, определенная на приборе стандартного уплотнения ρ , г/см ³	1,4	1,62	1,71	1,47	1,66	1,79	1,6	1,76	1,91	2,18	1,85	1,90	2,15	2,1	1,9	1,9	1,65	1,85	1,82	1,95	1,95	2,02	1,9	1,9	
2	Влажность грунта при испытании W , %	1,62	1,74	1,87	1,55	1,77	1,92	1,75	1,87	2,1	2,24	2,02	1,95	2,0	2,2	2,0	1,98	2,01	1,72	1,9	1,92	2,05	2,24	2,15	1,95	1,98
3	Плотность сухого грунта в насыпи $\rho_{сх}$, г/см ³	4	5	7	5	5	7	4	5	6	10	9	12	12	10	9	12	12	6	5	8	9	10	11	12	13
4	Тип уплотняющей машины	8	9	10	7	8	9	6	7	8	12	12	15	14	12	11	14	15	8	8	10	11	12	13	15	15
5	Масса уплотняющей машины	12	12	12	9	12	12	8	9	10	14	14	17	16	14	13	15	18	10	11	12	13	14	15	18	17
6	Вид грунта	1,45	1,52	1,7	1,45	1,6	1,75	1,55	1,78	1,88	2,0	1,95	1,75	1,8	1,98	1,85	1,7	1,7	1,5	1,6	1,7	1,85	2,05	1,85	1,7	1,7
7	Тип покрытия	КК	РК	КП	ВК	КК	РК	КП	ВК	КК	РК	КП	ВК	КК	РК	КП	ВК	КК	РК	КП	ВК	КК	РК	КП	ВК	КП
		9	25	12	2	12	25	15	6	18	25	25	8	14	25	30	2	10	25	12	6	15	25	15	8	30
		ПМ	ПМ	ПМ	ПС	ПС	ПС	ПК	ПК	ПК	СЛК	СЛ	СП	СТ	СЛК	СЛ	СП	СТ	ПК	ПС	ПМ	ПП	СЛК	СЛ	СП	СТ
		кп	об	пр	кп	об	пр	кп	об	пр	кп	об	пр	кп	об	пр	кп	об	пр	кп	об	пр	кп	об	пр	кп

Примечание: **тип машины**: КК – кулачковый каток; РК – решетчатый каток; КП – каток на пневматических шинах; ВК – вибрационный каток; **вид грунта**: ПК – песок крупный; ПС – песок средний; ПМ – песок мелкий; ПП – песок пылеватый; СЛК – суспензия легкая крупная; СЛ – суспензия легкая; СП – суспензия пылеватая; СТП – суспензия тяжелая пылеватая; **тип покрытия**: кп – капитальный; об – облегченный; пр – переходной.

Исходные данные к практической работе № 23

«Расчет объемов работ и потребности в материалах при строительстве дорожных одежд»

№	Данные	ВАРИАНТЫ																											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25			
2	Категория дороги	II	III	IV	II	III	IV	II	III	IV	II	III	IV	II	III	IV	II	III	IV	II	III	IV	II	III	IV	II	III	IV	II
3	Расположение метео-станции	Полоцк	Борисов	Лида	Могилев	Пинск	Жульбин	Витебск	Слуцк	Новогрудок	Горки	Барановичи	Василевичи	Лепель	Минск	Волковьяк	Борыск	Ланцевичи	Брагин	Орша	Витейка	Гродно	Славгород	Брест	Гомель	Сенно			
4	Покрытие верхний слой толщина, см	8	6	7	5	5	6	8	7	7	6	8	5	8	8	7	6	7	5	6	7	8	7	5	6	7			
	материал	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4	5			
	нижний слой толщина, см	6	7	8	9	10	6	7	8	9	10	6	7	8	9	10	6	7	8	9	10	6	7	8	9	10			
	материал	11	12	13	14	15	16	17	18	11	12	13	14	15	16	17	18	11	12	13	14	15	16	17	18	11			
5	Освоение верхний слой толщина, см	20	19	18	17	16	15	13	14	15	6	6	8	9	12	14	8	10	20	19	18	17	16	15	13	14			
	толщина, см	19	20	21	22	19	20	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	19	20	21	22	19	20	23	24			
	материал	20	20	18	18	14	14	15	15	6	6	8	10	12	14	16	18	20	20	18	18	14	14	15	15	6			
	толщина, см	34	35	34	35	36	37	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	34	35	34	35	36	37	36	37	38			
6	Протяженность участка, км																												

Исходные данные по материалам для слоев дорожных одежд

Обозначение материала	Наименование материала
1	2
ВЕРХНИЙ СЛОЙ ПОКРЫТИЯ	
1	Асфальтобетон горячий, плотный, мелкозернистый, типа А, плотность каменных материалов – 2,5 т/м ³
2	Асфальтобетон горячий, плотный, мелкозернистый, типа А, плотность каменных материалов – 3 т/м ³
3	Асфальтобетон горячий, плотный, мелкозернистый, типа Б, плотность каменных материалов – 2,5 т/м ³
4	Асфальтобетон горячий, плотный, мелкозернистый, типа Б, плотность каменных материалов – 3 т/м ³
5	Асфальтобетон горячий, плотный, мелкозернистый, типа В, плотность каменных материалов – 2,5 т/м ³
6	Асфальтобетон горячий, плотный, мелкозернистый, типа В, плотность каменных материалов – 3 т/м ³
7	Асфальтобетон горячий, плотный, крупнозернистый, типа А, плотность каменных материалов – 2,5 т/м ³
8	Асфальтобетон горячий, плотный, крупнозернистый, типа А, плотность каменных материалов – 3 т/м ³
9	Асфальтобетон горячий, плотный, крупнозернистый, типа Б, плотность каменных материалов – 2,5 т/м ³
10	Асфальтобетон горячий, плотный, крупнозернистый, типа Б, плотность каменных материалов – 3 т/м ³
НИЖНИЙ СЛОЙ ПОКРЫТИЯ	
11	Асфальтобетон горячий, пористый, крупнозернистый, плотность каменных материалов – 2,5 т/м ³
12	Асфальтобетон горячий, пористый, крупнозернистый, плотность каменных материалов – 3 т/м ³
13	Асфальтобетон горячий, пористый, мелкозернистый, плотность каменных материалов – 2,5 т/м ³
14	Асфальтобетон горячий, пористый, мелкозернистый, плотность каменных материалов – 3 т/м ³
15	Асфальтобетон горячий, высокопористый, крупнозернистый, плотность каменных материалов – 2,5 т/м ³
16	Асфальтобетон горячий, высокопористый, крупнозернистый, плотность каменных материалов – 3 т/м ³
17	Асфальтобетон горячий, высокопористый, мелкозернистый, плотность каменных материалов – 2,5 т/м ³
18	Асфальтобетон горячий, высокопористый, мелкозернистый, плотность каменных материалов – 3 т/м ³

1	2
ВЕРХНИЙ СЛОЙ ОСНОВАНИЯ	
19	Грунт, укрепленный жидким битумом в количестве 6 % (толщина до 20 см)
20	Грунт, укрепленный жидким битумом в количестве 8 %
21	Грунт, укрепленный битумной эмульсией в количестве 6 % (по содержанию битума)
22	Грунт, укрепленный битумной эмульсией в количестве 7 % (по содержанию битума)
23	Готовая битумо-грунтовая (супесь) смесь (битум жидкий 8 %) толщиной до 15 см E27-2-1
24	Готовая битумо-щебеночная смесь (толщиной до 15 см) E27-2-2
25	Грунт, укрепленный жидким битумом (6 %) совместно с цементом (9 %)
26	Черный щебень из каменного материала толщиной 6 см плотностью 2,5 т/м ³ E27-48-1
27	Черный щебень из каменного материала толщиной 6 см плотностью 3 т/м ³ E27-48-2
28	Щебень, обработанный битумом способом полупропитки толщиной 5 см E27-49-1
29	Щебень, обработанный битумом способом полупропитки при изменении толщины на каждый 1 см E27-49-3
30	Щебень, обработанный битумом способом пропитки толщиной 8 см E27-49-4
31	Щебень, обработанный битумом способом пропитки при изменении толщины на каждый 1 см E27-49-5
32	Щебень, обработанный битумной эмульсией способом полупропитки толщиной 5 см E27-49-8
33	Щебень, обработанный битумной эмульсией способом полупропитки при изменении толщины на каждый 1 см E27-49-9
НИЖНИЙ СЛОЙ ОСНОВАНИЯ	
34	Грунт, укрепленный цементом в количестве 10 % (толщиной слоя до 20 см) E27-3-1
35	Грунт, укрепленный цементом в количестве 12 % (толщиной слоя до 20 см) E27-3-1
36	Готовая цемента-грунтовая (супесь) смесь (цемент 6 %) толщиной до 15 см E27-4-1
37	Готовая цемента-щебеночная смесь (цемент 8 %) толщиной до 15 см E27-4-2
38	Черный щебень из каменного материала толщиной 6 см плотностью 2,5 т/м ³ E27-48-3
39	Черный щебень из каменного материала толщиной 6 см плотностью 3 т/м ³ E27-48-4
40	Щебень, обработанный битумом способом полупропитки толщиной 5 см E27-49-2
41	Щебень, обработанный битумом способом полупропитки при изменении толщины на каждый 1 см E27-49-3
42	Щебень, обработанный битумом способом пропитки толщиной 8 см E27-49-6
43	Щебень, обработанный битумом способом пропитки при изменении толщины на каждый 1 см E27-49-7
44	Щебень, обработанный битумной эмульсией способом полупропитки толщиной 8 см E27-49-10
45	Щебень, обработанный битумной эмульсией способом полупропитки при изменении толщины на каждый 1 см E27-49-11

Исходные данные к практической работе № 24
«Обоснование конструкции дорожной одежды со слоями из укрепленных грунтов»

№	Данные	ВАРИАНТЫ																												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25				
1	Результаты испытания грунтов: размер частиц, мм	-	-	0,5	-	-	0,25	-	-	0,1	-	-	0,1	-	-	2	-	-	0,5	-	-	-	-	-	-	-				
2	содержание песчаных частиц, %	40	40	45	55	60	35	55	10	60	80	65	50	60	40	30	45	10	20	80	45	20	60	50	45	35				
3	число пластичности	-	6	10	-	3	11	-	4	12	0,6	2	13	0,8	5	15	0,5	6	16	-	20	14	0,5	22	12	5				
3	Цель введения добавки	повышение водостойкости						повышение морозостойкости						повышение деформативности						повышение прочности						ускорения процесса твердения				
4	Прочность укрепленного грунта	Мин. ВВ – М 20 Орг. ВВ – R _{сж} 20 °С						Мин. ВВ – М 40 Орг. ВВ – R _{сж} 20 °С						Мин. ВВ – М 60 Орг. ВВ – R _{сж} 20 °С						Мин. ВВ – М 75 Орг. ВВ – R _{сж} 20 °С						Мин. ВВ – М 100 Орг. ВВ – R _{сж} 20 °С				
5	Категория дороги	Ia	I	III	IV	V	I6	II	III	IV	V	Iв	II	III	IV	V	V	IV	III	II	Ia	V	IV	III	II	I6				
6	Длина участка, км	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	0,75	0,85	0,95	1,05	1,15	0,7	0,75	0,8	0,85	0,9	0,95	1,0	1,05	1,1	1,15	1,2	0,7	0,8	0,9				
7	Толщина слоев: дорожного покрытия, см	30	9	10	12	14	16	18	20	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	13	14	16	18				
	основания из УГ, см	30	32	34	36	38	40	42	44	31	33	35	37	39	41	43	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37				

Исходные данные к практической работе № 25
«Определение количества цемента для укрепления грунта и статистическая обработка результатов лабораторных испытаний»

№	Данные	ВАРИАНТЫ																								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
2	Вид грунта	ПГС	РЗП	ОМП	ЛГС	ПЛГ	ЖРГ	ПГС	ПЗП	ОМП	ЛГС	ПЛГ	ЖРГ	РЗП	ПГС	РЗП	ОМП	ЛГС	ПЛГ	ЖРГ	ОМП	ПГС	РЗП	ОМП	ЛГС	ПЛГ
3	Плотность грунта, г/см ³	1,7	1,6	1,65	1,71	1,62	1,64	1,66	1,68	1,61	1,63	1,67	1,69	2,0	1,9	1,8	1,85	1,95	1,93	1,83	1,75	1,73	1,97	1,95	1,93	1,91
4	Естественная влажность грунта, %	3	4	5	6	7	8	9	10	3,5	4,5	5,5	6,5	7,5	8,5	9,5	10,5	3	4	5	6	7	8	9	10	3,5
5	Оптимальная влажность, %	6	7	8	9	10	11	12	14	15	7,5	8,5	9,5	10,5	11	12	13	8	9	10	11	12	14	16	15	7
6	Категория до-роги	Ia	Iб	Iв	II	III	IV	V	VIa	VIб	Ia	Iб	Iв	II	III	IV	V	VIa	VIб	Ia	Iб	Iв	II	III	IV	V
7	Слой грунта, см	12	13	14	15	16	17	18	19	20	19	18	17	16	15	14	13	12	17	18	19	20	16	15	14	13
8	Предел прочности при сжатии, МПа																									
	X ₁	1,00	1,25	1,65	2,00	3,00	3,50	3,90	4,50	1,10	1,35	1,40	2,20	2,45	2,60	3,20	3,45	3,80	4,00	4,25	4,40	4,65	5,00	1,80	2,80	3,15
	X ₂	0,96	1,30	1,64	2,10	3,10	3,70	4,00	4,40	1,06	1,40	1,36	2,30	2,55	2,70	3,30	3,55	3,90	4,10	4,35	4,50	4,75	4,96	1,76	2,87	3,25
	X ₃	0,98	1,24	1,70	2,15	3,20	3,65	4,15	4,45	1,08	1,32	1,38	2,35	2,60	2,75	3,40	3,65	4,00	4,20	4,45	4,60	4,85	4,98	1,78	2,78	3,35
	X ₄	1,05	1,32	1,72	2,20	2,85	3,60	4,10	4,55	1,15	1,42	1,45	2,40	2,65	2,80	3,05	3,30	3,65	3,85	4,10	4,25	4,50	5,05	1,85	2,85	3,10
	X ₅	1,10	1,28	1,68	2,18	2,90	3,75	3,95	4,60	1,20	1,38	1,50	2,38	2,43	2,78	3,10	3,35	3,70	3,90	4,15	4,40	4,65	5,10	1,90	2,90	3,20
	X ₆	1,04	1,26	1,71	2,16	2,75	3,55	4,20	4,45	1,14	1,32	1,44	2,36	2,61	2,76	2,95	3,20	3,80	4,00	4,25	4,50	4,75	5,04	1,84	2,84	3,30
9	Гарант. коэфф.	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	1,9	1,8	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3	1,2	1,1	2,0	1,8	1,6	1,4	1,2	1,9	1,7
10	Емкость цистерны	3	5	7	5	3	5	7	3	5	7	3	5	7	5	3	7	5	3	7	5	3	5	7	3	5

Примечание: пгс – песчано-гравийная смесь; рзп – разнозернистый песок; омп – одномерный мелкий песок; лгс – легкий сутолин; плг – пылеватая глина; жрг – жирная глина

Исходные данные к практической работе № 26
«Разработка программы по укреплению грунта минеральным вяжущим материалом»

1	№ варианта	1			2			3			4			5			6			7	
		щебеночно-песчаная смесь опт. состава			щебеночно-песчаная смесь неопт. состава			гравийно-песчаная смесь опт. состава			щебеночно-гравийно-песчаная смесь опт. состава			гравийно-песчаная смесь неопт. состава			щебеночно-гравийно-песчаная смесь неопт. сост.				песок гравелистый
2	Вид грунта	M 40			M 20			M 60			M 75			M 20			M 40			M 60	
		+2	+1	0	+2	+1	0	+2	+1	0	+2	+1	0	+2	+1	0	+2	+1	0		+2
3	Марка прочности	M 40			M 20			M 60			M 75			M 20			M 40			M 60	
		Фактор			Фактор			Фактор			Фактор			Фактор			Фактор				
		P ₁			P ₁			P ₁			P ₁			P ₁			P ₁				песок гравелистый
		P ₂			P ₂			P ₂			P ₂			P ₂			P ₂				
		P ₃			P ₃			P ₃			P ₃			P ₃			P ₃				
		P ₄			P ₄			P ₄			P ₄			P ₄			P ₄				
P ₅			P ₅			P ₅			P ₅			P ₅			P ₅						
P ₆			P ₆			P ₆			P ₆			P ₆			P ₆						
4	Вид добавки	ЛСТ			СДО			С-3			СПС			ЩСПК			ЖБ			ЭБ	
		P ₁			P ₁			P ₁			P ₁			P ₁			P ₁				
		P ₂			P ₂			P ₂			P ₂			P ₂			P ₂				
		P ₃			P ₃			P ₃			P ₃			P ₃			P ₃				
		P ₄			P ₄			P ₄			P ₄			P ₄			P ₄				
		P ₅			P ₅			P ₅			P ₅			P ₅			P ₅				
5	Коеф. вариаций	0,1			0,11			0,12			0,13			0,14			0,15			0,16	
		Гарантийный коэф.			Гарантийный коэф.			Гарантийный коэф.			Гарантийный коэф.			Гарантийный коэф.			Гарантийный коэф.				
		№ варианта			№ варианта			№ варианта			№ варианта			№ варианта			№ варианта				
		песок крупный			песок средний			песок мелкий			песок пылеватый			супесь легкая крупная			супесь легкая				суглинок тяжелый
		Марка прочности			Марка прочности			Марка прочности			Марка прочности			Марка прочности			Марка прочности				
		Фактор			Фактор			Фактор			Фактор			Фактор			Фактор				
P ₁			P ₁			P ₁			P ₁			P ₁			P ₁						
P ₂			P ₂			P ₂			P ₂			P ₂			P ₂						
P ₃			P ₃			P ₃			P ₃			P ₃			P ₃						
6	Вид грунта	M 75			M 60			M 20			M 40			M 20			M 40			M 40	
		Фактор			Фактор			Фактор			Фактор			Фактор			Фактор				
		P ₁			P ₁			P ₁			P ₁			P ₁			P ₁				
		P ₂			P ₂			P ₂			P ₂			P ₂			P ₂				
		P ₃			P ₃			P ₃			P ₃			P ₃			P ₃				
		P ₄			P ₄			P ₄			P ₄			P ₄			P ₄				
7	Марка прочности	M 40			M 20			M 60			M 75			M 20			M 40			M 40	
		Фактор			Фактор			Фактор			Фактор			Фактор			Фактор				
		P ₁			P ₁			P ₁			P ₁			P ₁			P ₁				
		P ₂			P ₂			P ₂			P ₂			P ₂			P ₂				
		P ₃			P ₃			P ₃			P ₃			P ₃			P ₃				
		P ₄			P ₄			P ₄			P ₄			P ₄			P ₄				
8	Вид грунта	M 40			M 20			M 60			M 75			M 20			M 40			M 40	
		Фактор			Фактор			Фактор			Фактор			Фактор			Фактор				
		P ₁			P ₁			P ₁			P ₁			P ₁			P ₁				
		P ₂			P ₂			P ₂			P ₂			P ₂			P ₂				
		P ₃			P ₃			P ₃			P ₃			P ₃			P ₃				
		P ₄			P ₄			P ₄			P ₄			P ₄			P ₄				

Окончание табл. П26

№ варианта	8			9			10			11			12			13			14										
	7.7	7.9	8.3	8.2	8.3	8.5	8.8	8.4	8.5	8.6	8.8	7.4	7.5	7.6	7.7	7.8	7.9	8.5	8.5	8.3	8.4	8.6	8.6	8.6	8.6	8.6	8.8	8.9	9.0
P_2	7.8	7.9	8.1	8.4	8.3	8.6	9.0	8.6	8.7	9.1	7.5	7.6	7.7	7.8	8.1	8.1	8.6	8.7	8.7	8.4	8.5	8.7	8.7	8.7	8.8	8.9	9.0	9.1	9.2
P_3	7.9	8.1	8.2	8.5	8.4	8.5	8.7	9.1	8.7	8.8	9.3	7.6	7.7	7.9	8.0	8.2	8.4	8.7	8.8	8.5	8.6	8.8	8.9	8.9	9.0	9.0	9.2	9.3	9.4
P_4	8.0	8.2	8.3	8.7	8.6	8.5	8.9	9.2	8.9	8.9	9.4	7.8	7.9	8.1	8.2	8.3	8.5	8.8	9.0	8.7	8.8	8.9	9.0	9.0	9.2	9.3	9.4	9.4	9.5
P_5	8.2	8.3	8.4	8.8	8.7	8.8	9.0	9.3	9.1	9.0	9.1	7.9	8.0	8.2	8.3	8.5	8.6	8.9	9.1	8.8	8.9	9.0	89,1	9.2	9.3	9.4	9.5	9.5	9.5
5	Вид добавки			ХК			СЖ			СН			ЕН			НК			ПВК			ЩПК-м							
	8.0	8.1	8.3	8.4	8.2	8.3	8.5	8.6	8.4	8.5	8.8	8.9	7.5	7.6	7.9	8.0	8.2	8.3	8.5	8.8	8.4	8.5	8.8	9.0	8.8	8.9	9.2	9.2	
	8.2	8.3	8.4	8.5	8.4	8.4	8.7	8.8	8.6	8.7	8.9	9.1	7.7	7.7	8.0	8.2	8.4	8.4	8.6	9.0	8.5	8.7	8.9	9.1	8.9	9.0	9.1	9.3	
	8.3	8.4	8.6	8.7	8.5	8.6	8.8	8.9	8.7	8.8	9.0	9.2	7.8	7.9	8.2	8.3	8.5	8.5	8.7	9.1	8.7	8.8	9.0	9.3	9.0	9.1	9.2	9.4	
	8.5	8.5	8.7	9.0	8.6	8.7	9.0	9.0	8.8	8.9	9.2	9.3	7.9	8.0	8.3	8.4	8.6	8.6	8.8	9.2	8.8	9.0	9.2	9.4	9.1	9.2	9.4	9.5	
	8.6	8.7	8.9	9.1	8.8	8.9	9.2	9.1	9.0	9.0	9.3	9.4	8.0	8.1	8.4	8.6	8.7	8.8	8.9	9.3	9.0	9.1	9.3	9.5	9.3	9.3	9.6	9.6	
	8.7	8.8	9.1	9.3	8.9	9.0	9.3	9.3	9.1	9.1	9.5	9.5	8.1	8.3	8.5	8.7	8.9	8.9	9.1	9.4	9.1	9.2	9.4	9.6	9.4	9.4	9.7	9.7	
7	Коеф. вариации			0,17			0,18			0,19			0,2			0,12			0,14			0,16							
	Гарантийный коэф.			1,7			1,8			1,9			2,0			1,2			1,4			1,6							

Исходные данные к практической работе № 28

«Расчет объемов и ресурсов при строительстве железобетонных труб»

№	Данные	ВАРИАНТЫ																								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
1	Диаметр трубы, м	1,0	1,25	1,5	1,0	1,25	1,5	1,0	1,25	1,5	1,0	1,25	1,5	1,0	1,25	1,5	1,0	1,25	1,5	1,0	1,25	1,5	1,0	1,25	1,5	1,0
2	Толщина стенки, м	0,12	0,13	0,14	0,15	0,12	0,13	0,14	0,15	0,12	0,13	0,14	0,15	0,12	0,13	0,14	0,15	0,12	0,13	0,14	0,15	0,12	0,13	0,14	0,15	0,12
3	Тип оголовка	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1
4	Тип фун- дамента	Бесфундаментная																								
5	Высота насыпи, м	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3,0	3,1	3,2	3,3	3,4	3,5	3,6	3,7	3,8	3,9	4,0	2,4	2,3	2,2	2,1	2,0	1,9	1,8	1,7	1,6

Приложение: тип оголовка: 1 – с нормальным входным звеном; 2 – с коническим входным звеном.

Таблица П29, П30, П31

Исходные данные к практическим работам № 29, 30, 31

«Определение устойчивости подпорной стенки при песчаной засышке и дополнительной равномерно распределенной нагрузке»,
 «Определение устойчивости подпорной стенки при глинистой засышке»,
 «Определение устойчивости подпорной стенки в виде набережной»

№	Данные	ВАРИАНТЫ																								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
2	Высота подпорной стенки, м	6,5	7,0	7,5	8,0-	8,5	9,0	9,5	10,0	10,5	11,0	6,5	7,0	7,5	8,0-	8,5	9,0	9,5	10,0	10,5	11,0	6,5	7,0	7,5	8,0-	8,5
3	Величина заглубления $h_{зглуб}$, м	1,5	2,0	2,5	3,0	1,5	2,0	2,5	3,0	1,5	2,0	2,5	3,0	1,5	2,0	2,5	3,0	1,5	2,0	2,5	3,0	1,5	2,0	2,5	3,0	1,5
4	Ширина подпорной стенки по низу $2B$, м	2,0	2,0	2,0	2,5	2,5	2,5	3,0	3,0	3,0	3,5	2,0	2,0	2,0	2,5	2,5	2,5	3,0	3,0	3,0	3,5	2,0	2,0	2,0	2,5	2,5
5	Удельный вес грунта γ_w , кН/м ³	17,2	17,4	17,6	17,8	18,0	18,2	18,4	18,6	18,8	19,0	19,2	19,4	19,6	19,8	20,0	17,6	17,8	18,0	18,2	18,4	18,6	18,8	19,0	19,2	19,4
6	Угол внутреннего трения грунта ϕ , град.	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	12	13	14
7	Сцепление грунта $C_{гп}$, кН/м ²	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	16	17	18	19	20	21	22	16	17	18	20	21	22	23	24
8	Уровень воды (УВ), м	1,5	2,0	2,5	2,0	2,5	3,0	3,0	3,5	3,5	4,0	1,5	1,5	1,5	2,0	2,5	2,0	2,5	3,0	3,0	3,5	3,5	4,0	1,5	2,0	2,5
9	Равномерно распределенная нагрузка P_0 , кН/м ²	140	150	160	170	180	190	200	210	220	145	155	165	175	185	195	205	215	225	140	150	160	170	180	190	200

Таблица ПЗ2

Исходные данные к практической работе № 32

«Построение линейного календарного графика возведения земляного полотна»

№	Данные	ВАРИАНТЫ																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
2	Д _{рас}	310	311	312	313	314	315	316	317	318	319	320	321	322	323	324	325	326	327	328	329	330	331	332	333	334	335	336	337	338	339	340	341	342	343	344	345	346	347	348	349	350	351	352	353	354	355	356	357	358	359	360	361	362	363	364	365	366	367	368	369	370	371	372	373	374	375	376	377	378	379	380	381	382	383	384	385	386	387	388	389	390	391	392	393	394	395	396	397	398	399	400	401	402	403	404	405	406	407	408	409	410	411	412	413	414	415	416	417	418	419	420	421	422	423	424	425	426	427	428	429	430	431	432	433	434	435	436	437	438	439	440	441	442	443	444	445	446	447	448	449	450	451	452	453	454	455	456	457	458	459	460	461	462	463	464	465	466	467	468	469	470	471	472	473	474	475	476	477	478	479	480	481	482	483	484	485	486	487	488	489	490	491	492	493	494	495	496	497	498	499	500	501	502	503	504	505	506	507	508	509	510	511	512	513	514	515	516	517	518	519	520	521	522	523	524	525	526	527	528	529	530	531	532	533	534	535	536	537	538	539	540	541	542	543	544	545	546	547	548	549	550	551	552	553	554	555	556	557	558	559	560	561	562	563	564	565	566	567	568	569	570	571	572	573	574	575	576	577	578	579	580	581	582	583	584	585	586	587	588	589	590	591	592	593	594	595	596	597	598	599	600	601	602	603	604	605	606	607	608	609	610	611	612	613	614	615	616	617	618	619	620	621	622	623	624	625	626	627	628	629	630	631	632	633	634	635	636	637	638	639	640	641	642	643	644	645	646	647	648	649	650	651	652	653	654	655	656	657	658	659	660	661	662	663	664	665	666	667	668	669	670	671	672	673	674	675	676	677	678	679	680	681	682	683	684	685	686	687	688	689	690	691	692	693	694	695	696	697	698	699	700	701	702	703	704	705	706	707	708	709	710	711	712	713	714	715	716	717	718	719	720	721	722	723	724	725	726	727	728	729	730	731	732	733	734	735	736	737	738	739	740	741	742	743	744	745	746	747	748	749	750	751	752	753	754	755	756	757	758	759	760	761	762	763	764	765	766	767	768	769	770	771	772	773	774	775	776	777	778	779	780	781	782	783	784	785	786	787	788	789	790	791	792	793	794	795	796	797	798	799	800	801	802	803	804	805	806	807	808	809	810	811	812	813	814	815	816	817	818	819	820	821	822	823	824	825	826	827	828	829	830	831	832	833	834	835	836	837	838	839	840	841	842	843	844	845	846	847	848	849	850	851	852	853	854	855	856	857	858	859	860	861	862	863	864	865	866	867	868	869	870	871	872	873	874	875	876	877	878	879	880	881	882	883	884	885	886	887	888	889	890	891	892	893	894	895	896	897	898	899	900	901	902	903	904	905	906	907	908	909	910	911	912	913	914	915	916	917	918	919	920	921	922	923	924	925	926	927	928	929	930	931	932	933	934	935	936	937	938	939	940	941	942	943	944	945	946	947	948	949	950	951	952	953	954	955	956	957	958	959	960	961	962	963	964	965	966	967	968	969	970	971	972	973	974	975	976	977	978	979	980	981	982	983	984	985	986	987	988	989	990	991	992	993	994	995	996	997	998	999	1000	1001	1002	1003	1004	1005	1006	1007	1008	1009	1010	1011	1012	1013	1014	1015	1016	1017	1018	1019	1020	1021	1022	1023	1024	1025	1026	1027	1028	1029	1030	1031	1032	1033	1034	1035	1036	1037	1038	1039	1040	1041	1042	1043	1044	1045	1046	1047	1048	1049	1050	1051	1052	1053	1054	1055	1056	1057	1058	1059	1060	1061	1062	1063	1064	1065	1066	1067	1068	1069	1070	1071	1072	1073	1074	1075	1076	1077	1078	1079	1080	1081	1082	1083	1084	1085	1086	1087	1088	1089	1090	1091	1092	1093	1094	1095	1096	1097	1098	1099	1100	1101	1102	1103	1104	1105	1106	1107	1108	1109	1110	1111	1112	1113	1114	1115	1116	1117	1118	1119	1120	1121	1122	1123	1124	1125	1126	1127	1128	1129	1130	1131	1132	1133	1134	1135	1136	1137	1138	1139	1140	1141	1142	1143	1144	1145	1146	1147	1148	1149	1150	1151	1152	1153	1154	1155	1156	1157	1158	1159	1160	1161	1162	1163	1164	1165	1166	1167	1168	1169	1170	1171	1172	1173	1174	1175	1176	1177	1178	1179	1180	1181	1182	1183	1184	1185	1186	1187	1188	1189	1190	1191	1192	1193	1194	1195	1196	1197	1198	1199	1200	1201	1202	1203	1204	1205	1206	1207	1208	1209	1210	1211	1212	1213	1214	1215	1216	1217	1218	1219	1220	1221	1222	1223	1224	1225	1226	1227	1228	1229	1230	1231	1232	1233	1234	1235	1236	1237	1238	1239	1240	1241	1242	1243	1244	1245	1246	1247	1248	1249	1250	1251	1252	1253	1254	1255	1256	1257	1258	1259	1260	1261	1262	1263	1264	1265	1266	1267	1268	1269	1270	1271	1272	1273	1274	1275	1276	1277	1278	1279	1280	1281	1282	1283	1284	1285	1286	1287	1288	1289	1290	1291	1292	1293	1294	1295	1296	1297	1298	1299	1300	1301	1302	1303	1304	1305	1306	1307	1308	1309	1310	1311	1312	1313	1314	1315	1316	1317	1318	1319	1320	1321	1322	1323	1324	1325	1326	1327	1328	1329	1330	1331	1332	1333	1334	1335	1336	1337	1338	1339	1340	1341	1342	1343	1344	1345	1346	1347	1348	1349	1350	1351	1352	1353	1354	1355	1356	1357	1358	1359	1360	1361	1362	1363	1364	1365	1366	1367	1368	1369	1370	1371	1372	1373	1374	1375	1376	1377	1378	1379	1380	1381	1382	1383	1384	1385	1386	1387	1388	1389	1390	1391	1392	1393	1394	1395	1396	1397	1398	1399	1400	1401	1402	1403	1404	1405	1406	1407	1408	1409	1410	1411	1412	1413	1414	1415	1416	1417	1418	1419	1420	1421	1422	1423	1424	1425	1426	1427	1428	1429	1430	1431	1432	1433	1434	1435	1436	1437	1438	1439	1440	1441	1442	1443	1444	1445	1446	1447	1448	1449	1450	1451	1452	1453	1454	1455	1456	1457	1458	1459	1460	1461	1462	1463	1464	1465	1466	1467	1468	1469	1470	1471	1472	1473	1474	1475	1476	1477	1478	1479	1480	1481	1482	1483	1484	1485	1486	1487	1488	1489	1490	1491	1492	1493	1494	1495	1496	1497	1498	1499	1500	1501	1502	1503	1504	1505	1506	1507	1508	1509	1510	1511	1512	1513	1514	1515	1516	1517	1518	1519	1520	1521	1522	1523	1524	1525	1526	1527	1528	1529	1530	1531	1532	1533	1534	1535	1536	1537	1538	1539	1540	1541	1542	1543	1544	1545	1546	1547	1548	1549	1550	1551	1552	1553	1554	1555	1556	1557	1558	1559	1560	1561	1562	1563	1564	1565	1566	1567	1568	1569	1570	1571	1572	1573	1574	1575	1576	1577	1578	1579	1580	1581	1582	1583	1584	1585	1586	1587	1588	1589	1590	1591	1592	1593	1594	1595	1596	1597	1598	1599	1600	1601	1602	1603	1604	1605	1606	1607	1608	1609	1610	1611	1612	1613	1614	1615	1616	1617	1618	1619	1620	1621	1622	1623	1624	1625	1626	1627	1628	1629	1630	1631	1632	1633	1634	1635	1636	1637	1638	1639	1640	1641	1642	1643	1644	1645	1646	1647	1648	1649	1650	1651	1652	1653	1654	1655	1656	1657	1658	1659	1660	1661	1662	1663	1664	1665	1666	1667	1668	1669	1670	1671	1672	1673	1674	1675	1676	1677	1678	1679	1680	1681	1682	1683	1684	1685	1686	1687	1688	1689	1690	1691	1692	1693	1694	1695	1696	1697	1698	1699	1700	1701	1702	1703	1704	1705	1706	1707	1708

Исходные данные к практической работе № 33

«Определение скорости строительного потока и расчет количества материала
для обеспечения скорости потока»

№	Данные	ВАРИАНТЫ																																										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25																		
1	Длина строящегося участка дороги, км	19	20	21	22	23	24	25	18	17	16	15	19	20	21	22	23	24	25	18	17	16	15	19	20	21	22	23	24	25														
2	Число рабочих смен в году, $D_{рс}$	314	315	316	317	318	319	320	313	312	311	310	308	307	314	315	316	317	318	319	320	313	312	311	310	308	307	314	315	316	317	318	319	320	313	312	311	310	308					
3	Число рабочих смен на выполнение зем. работ, $D_{рс.зр.}$	144	145	146	147	148	149	150	143	142	141	140	138	139	136	137	135	134	136	151	152	153	154	155	156	157	143	142	141	140	138	139	136	137	135	134	136	151	152	153	154	155	156	157
4	Время на развертывание потока, t_p	6	7	8	9	10	11	12	13	14	6	7	8	9	10	11	12	13	14	6	7	8	9	10	11	12	13	14	6	7	8	9	10	11	12	13	14	6	7	8	9	10	11	12

Исходные данные к практической работе № 34

«Определение количества машин, необходимых для обеспечения транспортных работ»

№	Данные	ВАРИАНТЫ																									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
2	Расстояние от П-1 до дороги, км																										
	П-2	2	3	4	5	6	7	8	9	2	3	4	5	6	7	8	9	2	3	4	5	6	7	8	9	2	
	№ км П-1	4	5	6	7	8	9	5	6	5	6	7	8	9	4	5	4	6	7	8	9	2	3	4	5	6	
	№ км П-2	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	
	Расстояние от Гр-1 до дороги, км	16	17	18	19	16	17	18	19	16	17	18	19	16	17	18	19	16	17	18	19	16	17	18	19	16	
3	Гр-2																										
	№ км Гр-1	8	7	6	4	3	5	2	8	7	6	4	3	5	2	8	7	6	4	3	5	2	8	7	6	4	
	№ км Гр-2	6	5	4	3	2	6	5	4	3	2	6	5	4	3	2	6	5	4	3	2	6	5	4	3	2	
	Насып. плотн. песка, г/см ³	3	4	1	2	3	1	4	3	2	4	1	2	3	4	1	2	3	4	3	1	2	3	4	1	2	
	Насып. плотн. ППС, г/см ³	18	19	16	17	17	19	16	17	18	19	16	17	18	19	16	17	18	19	16	17	18	19	16	17	18	
4	Расстояние от трассы до АБЗ, км	1,60	1,62	1,63	1,64	1,65	1,66	1,67	1,68	1,69	1,70	1,71	1,72	1,60	1,62	1,63	1,64	1,65	1,66	1,67	1,68	1,69	1,70	1,71	1,72	1,61	
5	Марка автомобиля МАЗ	1,70	1,71	1,72	1,73	1,74	1,75	1,76	1,77	1,78	1,70	1,80	1,81	1,82	1,70	1,71	1,72	1,73	1,74	1,75	1,76	1,77	1,78	1,70	1,80	1,81	
6	Протяженность участка, км																										
7	Протяженность участка, км	4	5	6	7	8	9	10	4	5	6	7	8	9	10	4	5	6	7	8	9	10	4	5	6	7	
8	Протяженность участка, км	5	4	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	5	4	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	6	
9	Протяженность участка, км	51	513	51	513	51	513	51	513	51	513	51	513	51	513	51	513	51	513	51	513	51	513	51	513	51	
		20																									

Таблица ПЗ5

Исходные данные к практической работе № 35

«Обоснование места расположения производственного предприятия»

№	Данные	ВАРИАНТЫ																								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
1	Расстояние от трассы до АБЗ-1, км																									
2	АБЗ-2, км	4	5	6	7	8	9	10	4	5	6	7	8	9	10	4	5	6	7	8	9	10	4	5	6	7
	карьера П-1, км	3	4	5	6	7	8	9	10	3	4	5	6	7	8	9	10	3	4	5	6	7	8	9	10	3
	карьера П-2, км	2	3	4	5	6	7	8	9	2	3	4	5	6	7	8	9	2	3	4	5	6	7	8	9	2
	Расстояние от АБЗ-1 до ж/д станции, км	4	5	6	7	8	9	5	6	5	6	7	8	9	4	5	4	6	7	8	9	2	3	4	5	6
3	Расстояние от АБЗ-2 до карьера П-2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1
	Расстояние от АБЗ-2 до карьера П-2	2	2	3	2	3	2	5	5	3	3	3	3	3	5	5	5	4	4	4	4	6	6	6	6	4
4	Насыпная плотность песка, г/см ³	1,50	1,52	1,53	1,54	1,55	1,56	1,57	1,58	1,59	1,60	1,50	1,51	1,52	1,53	1,54	1,55	1,56	1,57	1,58	1,59	1,60	1,50	1,51	1,52	1,53
5	Насыпная плотность ПГС, г/см ³	1,60	1,61	1,62	1,63	1,64	1,65	1,66	1,67	1,68	1,68	1,69	1,70	1,60	1,61	1,62	1,63	1,64	1,65	1,66	1,67	1,68	1,68	1,69	1,70	1,60
6	Протяженность участка, км	20,0																								

Исходные данные к практической работе № 36
«Определение границ использования карьеров»

№	Данные	ВАРИАНТЫ																									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
1	Расстояние до дороги от П-1, км	2	3	4	5	6	7	8	9	2	3	4	5	6	7	8	9	2	3	4	5	6	7	8	9	2	
2	П-2	4	5	6	7	8	9	5	6	5	6	7	8	9	4	5	4	6	7	8	9	2	3	4	5	6	
	№ км П-1	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	
	№ км П-2	16	17	18	19	16	17	18	19	16	17	18	19	16	17	18	19	16	17	18	19	16	17	18	19	16	
	Расстояние до дороги от Гр-1, км	8	7	6	4	3	5	2	8	7	6	4	3	5	2	8	7	6	4	3	5	2	8	7	6	4	
3	Гр-2	6	5	4	3	2	6	5	4	3	2	6	5	4	3	2	6	5	4	3	2	6	5	4	3	2	
	№ км Гр-1	3	4	1	2	3	1	4	3	2	4	1	2	3	4	1	2	3	4	3	4	1	2	3	4	1	2
	№ км Гр-2	18	19	16	17	17	19	16	17	18	19	16	17	18	19	16	17	18	19	16	17	18	19	16	17	18	
4	Насыпная плотность грунта, г/см ³	1,60	1,62	1,63	1,64	1,65	1,66	1,67	1,68	1,69	1,70	1,71	1,72	1,60	1,62	1,63	1,64	1,65	1,66	1,67	1,68	1,69	1,70	1,71	1,72	1,61	
5	Насыпная плотность ПГС, г/см ³	1,70	1,71	1,72	1,73	1,74	1,75	1,76	1,77	1,78	1,70	1,80	1,81	1,82	1,70	1,71	1,72	1,73	1,74	1,75	1,76	1,77	1,78	1,70	1,80	1,81	
6	Категория дороги	II	III	IV	V	II	III	IV	V	II	III	IV	V	II	III	IV	V	II	III	IV	V	II	III	IV	V	II	
7	Толщина ДЮ, м	0,45	0,46	0,47	0,48	0,50	0,51	0,52	0,53	0,54	0,55	0,56	0,57	0,58	0,59	0,60	0,61	0,62	0,63	0,64	0,65	0,66	0,67	0,68	0,69	0,70	
8	Ср. высота насыпи, м	1,50	1,55	1,60	1,65	1,70	1,75	1,80	1,85	1,90	1,95	2,00	2,05	2,10	2,15	2,20	2,25	2,30	2,35	2,00	1,95	1,90	1,85	1,80	1,75	1,70	
9	Протяженность участка, км	2,0																									

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
ИНЖЕНЕРНО-ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ	7
Практическая работа № 1 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ПРОСТОЕВ ПО МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИМ УСЛОВИЯМ И ПОСТРОЕНИЕ ГРАФИКА КЛИМАТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК	7
ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ	13
Практическая работа № 2 ОТРАЖЕНИЕ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ С ПОМОЩЬЮ СТРАТИГРАФИЧЕСКОЙ КОЛОНКИ И ГЕОЛОГИЧЕСКОГО РАЗРЕЗА	13
Практическая работа № 3 ОБОСНОВАНИЕ ПРИГОДНОСТИ ГРУНТА ДЛЯ УКРЕПЛЕНИЯ ВЯЖУЩИМИ МАТЕРИАЛАМИ	20
Практическая работа № 4 ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ ОТКОСА ВЫСОКИХ НАСЫПЕЙ И ГЛУБОКИХ ВЫЕМОК ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА	27
Практическая работа № 5 ОПРЕДЕЛЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ ОТКОСА ПО МЕТОДУ КРУГЛОЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ СКОЛЬЖЕНИЯ БЕЗ УЧЕТА ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ СИЛОВЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ	33
Практическая работа № 6 ОПРЕДЕЛЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ ОТКОСА ПО МЕТОДУ КРУГЛОЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ СКОЛЬЖЕНИЯ С УЧЕТОМ ГИДРОСТАТИЧЕСКОГО ДАВЛЕНИЯ	41
Практическая работа № 7 ОПРЕДЕЛЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ ОТКОСА ПО МЕТОДУ КРУГЛОЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ СКОЛЬЖЕНИЯ С УЧЕТОМ ФИЛЬТРАЦИОННОГО ДАВЛЕНИЯ	47
Практическая работа № 8 ОПРЕДЕЛЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ ОТКОСА ПО МЕТОДУ ПЛОСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ СКОЛЬЖЕНИЯ (ППС) С УЧЕТОМ ФИЛЬТРАЦИОННОГО ДАВЛЕНИЯ	54

Практическая работа № 9 ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОПРОТИВЛЯЕМОСТИ СДВИГУ СКРЫТОПЛАСТИЧНЫХ ГЛИНИСТЫХ ГРУНТОВ	64
ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ.....	70
Практическая работа № 10 РАЗРАБОТКА ТЕХНИЧЕСКИ ОБОСНОВАННЫХ НОРМ РАСХОДА МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ	70
Практическая работа № 11 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЧИСЛА СМЕН ДЛЯ ОТДЕЛЬНЫХ ВИДОВ РАБОТ И РАСЧЕТ СКОРОСТИ ДОРОЖНО-СТРОИТЕЛЬНОГО ПОТОКА	77
ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫЕ РАБОТЫ.....	83
Практическая работа № 12 РАСЧЕТ ОБЪЕМОВ И РЕСУРСОВ ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫХ РАБОТ	83
Практическая работа № 13 ОПРЕДЕЛЕНИЕ СРЕДНЕЙ ДАЛЬНОСТИ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ГРУНТА	93
Практическая работа № 14 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМОВ ЛИНЕЙНО-ПРОТЯЖЕННЫХ СООРУЖЕНИЙ И РАБОТ ПО РЕКУЛЬТИВАЦИИ КАРЬЕРОВ	101
Практическая работа № 15 УЛУЧШЕНИЕ СВОЙСТВ ГРАВИЙНЫХ И ГРАВИЙНО-ПЕСЧАНЫХ СМЕСЕЙ.....	110
Практическая работа № 16 ВЫБОР ЗЕМЛЕРОЙНЫХ МАШИН ПО ТЕХНИЧЕСКИМ И ЭКОНОМИЧЕСКИМ ПОКАЗАТЕЛЯМ.....	117
СТРОИТЕЛЬСТВО ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА.....	130
Практическая работа № 17 СОСТАВЛЕНИЕ ВЕДОМОСТИ ОБЪЕМОВ ЗЕМЛЯНЫХ РАБОТ С РАЗРАБОТКОЙ ГРАФИКА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЗЕМЛЯНЫХ МАСС ...	130
Практическая работа № 18 РАСЧЕТ РЕСУРСОВ ДЛЯ БУЛЬДОЗЕРНЫХ И СКРЕПЕРНЫХ РАБОТ ПРИ ВОЗВЕДЕНИИ ДОРОЖНОГО ПОЛОТНА	144

Практическая работа № 19 РАБОТЫ, ВЫПОЛНЯЕМЫЕ ЭКСКАВАТОРОМ, РАСЧЕТ ВЕДУЩИХ МАШИН И РЕСУРСОВ ПРИ ВОЗВЕДЕНИИ ДОРОЖНОГО ПОЛОТНА ..	157
Практическая работа № 20 РАБОТЫ, ВЫПОЛНЯЕМЫЕ АВТОГРЕЙДЕРОМ, РАСЧЕТ ВЕДУЩИХ МАШИН И РЕСУРСОВ ПРИ ВОЗВЕДЕНИИ ДОРОЖНОГО ПОЛОТНА ..	171
Практическая работа № 21 ОЦЕНКА КАЧЕСТВА УПЛОТНЕНИЯ ЗЕМЛЯНЫХ СООРУЖЕНИЙ	181
Практическая работа № 22 ПРОБНОЕ УПЛОТНЕНИЕ ГРУНТОВ КАТКАМИ	187
СТРОИТЕЛЬСТВО ДОРОЖНОЙ ОДЕЖДЫ	196
Практическая работа № 23 РАСЧЕТ ОБЪЕМОВ РАБОТ И ПОТРЕБНОСТИ В МАТЕРИАЛАХ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД	196
Практическая работа № 24 ОБОСНОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ ДОРОЖНОЙ ОДЕЖДЫ СО СЛОЯМИ ИЗ УКРЕПЛЕННЫХ ГРУНТОВ	213
Практическая работа № 25 ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЛИЧЕСТВА ЦЕМЕНТА ДЛЯ УКРЕПЛЕНИЯ ГРУНТА И СТАТИСТИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ЛАБОРАТОРНЫХ ИСПЫТАНИЙ.....	226
Практическая работа № 26 РАЗРАБОТКА ПРОГРАММЫ ПО УКРЕПЛЕНИЮ ГРУНТА МИНЕРАЛЬНЫМ ВЯЖУЩИМ МАТЕРИАЛОМ.....	234
Практическая работа № 27 ОБОСНОВАНИЕ КОМПЛЕКСНОГО МЕТОДА УКРЕПЛЕНИЯ ГРУНТОВ	242
ИСКУССТВЕННЫЕ СООРУЖЕНИЯ НА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГАХ.....	248
Практическая работа № 28 РАСЧЕТ ОБЪЕМОВ И РЕСУРСОВ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ТРУБ	248

Практическая работа № 29 ОПРЕДЕЛЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ ПОДПОРНОЙ СТЕНКИ ПРИ ПЕСЧАНОЙ ЗАСЫПКЕ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ РАВНОМЕРНО-РАСПРЕДЕЛЕННОЙ НАГРУЗКЕ	257
Практическая работа № 30 ОПРЕДЕЛЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ ПОДПОРНОЙ СТЕНКИ ПРИ ГЛИНИСТОЙ ЗАСЫПКЕ	266
Практическая работа № 31 ОПРЕДЕЛЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ ПОДПОРНОЙ СТЕНКИ В ВИДЕ НАБЕРЕЖНОЙ	272
ОРГАНИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА	276
Практическая работа № 32 ПОСТРОЕНИЕ ЛИНЕЙНОГО КАЛЕНДАРНОГО ГРАФИКА ВОЗВЕДЕНИЯ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА.....	276
Практическая работа № 33 ОПРЕДЕЛЕНИЕ СКОРОСТИ СТРОИТЕЛЬНОГО ПОТОКА И РАСЧЕТ КОЛИЧЕСТВА МАТЕРИАЛА ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ СКОРОСТИ ПОТОКА.....	283
Практическая работа № 34 ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЛИЧЕСТВА МАШИН, НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ РАБОТ	288
Практическая работа № 35 ОБОСНОВАНИЕ МЕСТА РАСПОЛОЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ.....	299
Практическая работа № 36 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГРАНИЦ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КАРЬЕРОВ.....	309
ЛИТЕРАТУРА	319
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	322

Учебное издание

БАБАСКИН Юрий Георгиевич
ЛЕОНОВИЧ Иван Иосифович

ТЕХНОЛОГИЯ
СТРОИТЕЛЬСТВА ДОРОГ.
ПРАКТИКУМ

Учебное пособие

Редактор И.Ю. Никитенко
Технический редактор О.В. Дубовик
Компьютерная верстка О.В. Дубовик

Подписано в печать 15.09.2009.

Формат 60×84¹/₈. Бумага офсетная.

Отпечатано на ризографе. Гарнитура Таймс.

Усл. печ. л. 42,2. Уч.-изд. л. 16,5. Тираж 150. Заказ 1306.

Издатель и полиграфическое исполнение:

Белорусский национальный технический университет.

ЛИ № 02330/0494349 от 16.03.2009.

Проспект Независимости, 65, 220013, Минск.