

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РФ

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Брянский государственный аграрный университет»

ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

Кафедра технических систем в агробизнесе,
природообустройстве и дорожном строительстве

Дьяченко А.В.

Технология дорожно-строительных работ

методические указания для выполнения лабораторных занятий
и самостоятельной работы
для обучающихся по направлению подготовки
23.03.02 – Наземные транспортно-технологические комплексы

Брянская область 2018

УДК 625.08 (076)
ББК 38.6-5
Д 93

Дьяченко, А. В. Технология дорожно-строительных работ: методические указания для выполнения лабораторных занятий и самостоятельной работы для обучающихся по направлению подготовки 23.03.02 – Наземные транспортно-технологические комплексы / А. В. Дьяченко. - Брянск: Изд-во Брянский ГАУ, 2018. - 43 с.

Методические указания предназначены для выполнения практических занятий и самостоятельной работы по дисциплине «Технология дорожно-строительных работ» для обучающихся по направлению подготовки 23.03.02 – Наземные транспортно-технологические комплексы. Целью методических указаний является изучение организационно-технологических процессов дорожного строительства.

Рецензент: к.э.н., доцент каф. ТОЖ и ПП Исаев Х.М.

Рекомендовано к изданию методической комиссией инженерно-технологического института Брянского государственного аграрного университета, протокол № 10 от 28 мая 2018 года.

© Дьяченко А.В., 2018
© Брянский ГАУ, 2018

Предисловие

Целью дисциплины «Технология дорожно-строительных работ» является изучение механизированных технологических процессов строительства автомобильных дорог и принципов эффективного выбора и использования строительных и дорожных машин.

Изучение организационно-технологических процессов дорожного строительства предусмотрено в ряде учебных дисциплин, главной из которых является «Технология дорожно-строительных работ». По учебному плану на эту дисциплину отводятся лекции, практические и лабораторные занятия. Кроме этого студенты обязаны выполнить курсовой проект.

Данные методические указания предназначены для проведения лабораторных занятий; оно также может быть использовано при выполнении курсового проекта (работы) и выпускной квалификационной работы. Комплекс задач охватывает необходимый программный материал; при этом учтены методология решения аналогичных задач в проектах производства работ (ППР), проектах организации строительства (ПОС), действующие в настоящее время нормативные документы, использующиеся машины и новейшие технологии.

В учебном пособии представлены 5 лабораторных работ, на выполнение которых отводится 20 ч. Каждая лабораторная работа содержит вводную информацию, перечень задач, которые студенту необходимо решить, и пример расчета. Для всех лабораторных работ дано 25 вариантов исходных данных. Их количество при необходимости может быть расширено путем соответствующей интерполяции. По аналогии с приведенными практическими работами могут быть составлены и другие, учитывающие разрабатываемые технологические процессы.

Лабораторная работа №1

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ПРОСТОЕВ ПО МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИМ УСЛОВИЯМ И ПОСТРОЕНИЕ ГРАФИКА КЛИМАТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК

Введение

При строительстве и эксплуатации автомобильных дорог необходимо учитывать влияние погодно-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 $+5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Окончание работ с использованием вяжущих материалов связано с наступлением среднесуточной температуры $+10\text{ }^{\circ}\text{C}$ для органических вяжущих и $+5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 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 цементбетоном 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. 1 Приложения.

Пример расчета

Исходные данные

4. Вариант - 26.
5. Район строительства - Минская обл.
6. Расположение метеостанции - Березино.
7. Продолжительность строительства - 12 мес.
8. Начало строительства - апрель.
9. 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 [2].

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.

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

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 [2].

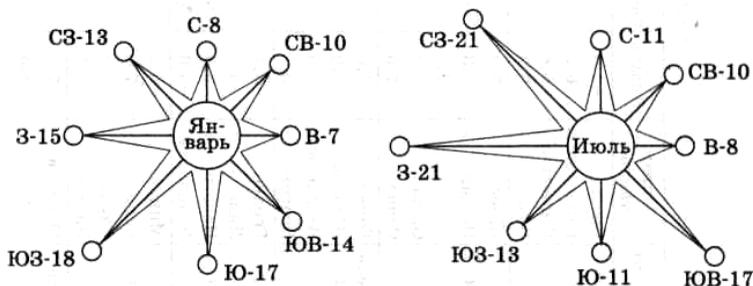


Рис. 1.1. Пример построения розы ветров

Таблица 1.2

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 [2].

Таблица 1.3

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

$T, ^\circ\text{C}$	0 °C	5 °C	10 °C	15 °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 [2].

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°C, +5 °C и +10 °C.

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

7.1. Определяют дату начала весенней распутицы по формуле

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

где T_1 - дата перехода температуры воздуха через 0 °C;

α - климатический коэффициент, характеризующий скорость оттаивания грунта ($\alpha = 2,5$ 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:

$$h_{\text{пр}} = \alpha_0 \sqrt{M_t},$$

где $\alpha_0 = 0,34$ для крупнообломочных грунтов;

$\alpha_0 = 0,30$ для песков гравелистых, крупных и средней крупности;

$\alpha_0 = 0,28$ для супесей, песков мелких и пылеватых;

$\alpha_0 = 0,23$ для суглинков и глин;

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

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

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

11. 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.

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

Окончание осенней распутицы - 16.11.

Заключение

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.

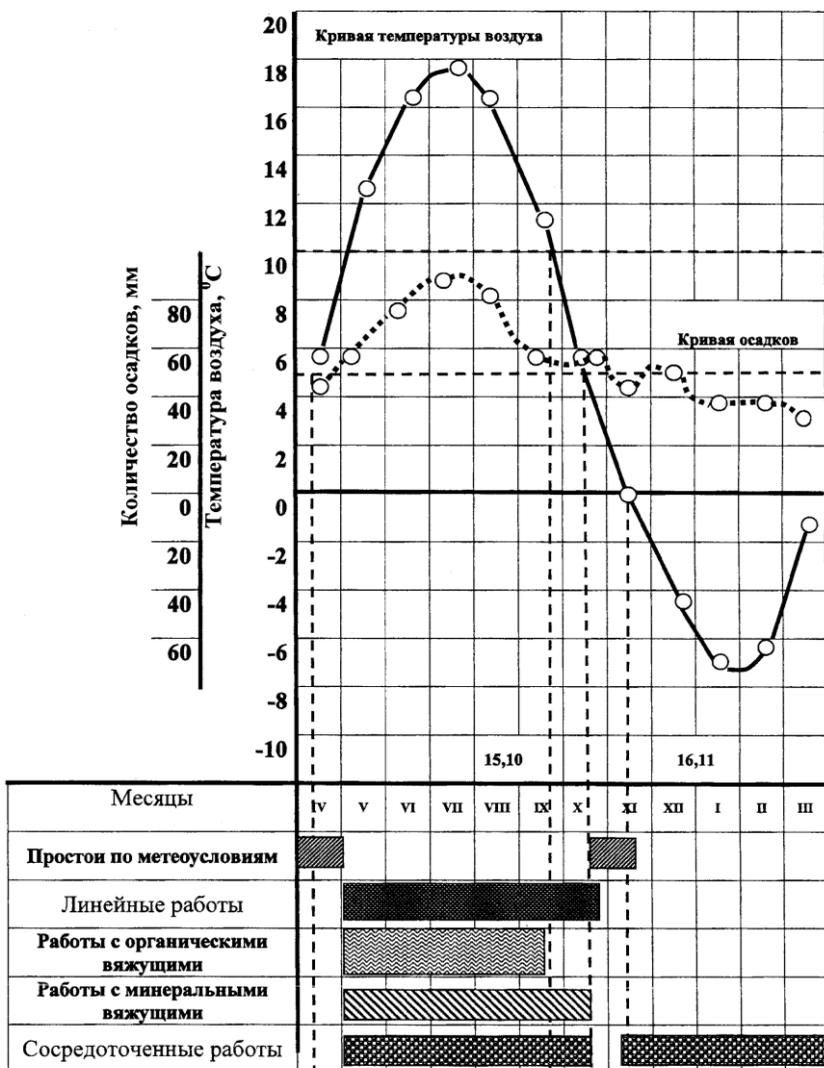


Рис. 1.2. График климатических характеристик

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).

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

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

Таблица 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
	Пермский	P	Оранжево-коричневый
Палеозойская PZ	Каменноугольный	C	Серый
	Девонский	D	Коричневый
	Силурийский	S	Серо-зеленый
	Ордовикский	O	Оливковый
	Кембрийский	ε	Сине-зеленый

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

1. горизонтальный - 1 : 25 000 (в 1 см 250 м);
2. 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. 2 Приложения.

Пример расчета

Исходные данные

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

Порядок расчета

1. Выполняют схему геологического разреза.
2. 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).

3. 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.

4. 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.

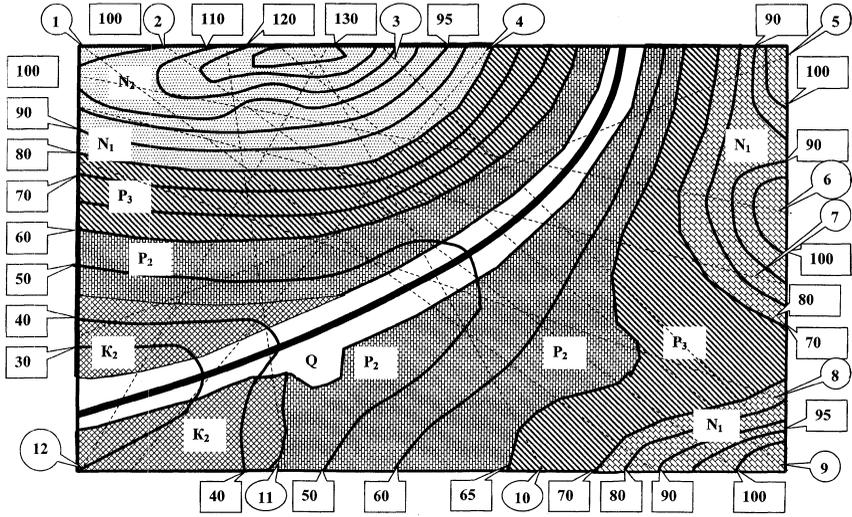


Рис. 2.1. Геологическая карта района, сложенного горизонтально залегающими породами

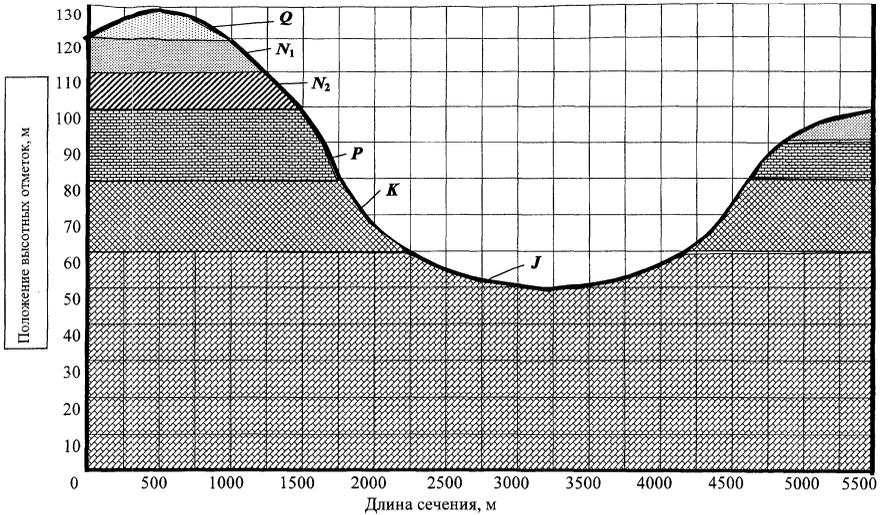


Рис. 2.2 Пример выполнения геологического разреза

Рис. 2.2. Пример выполнения геологического разреза

5. Соединяют точки плавной кривой и получают рельеф местности.

6. 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.

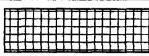
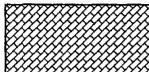
Система	Индекс	Геологическая колонка	Мощность, м	Литологический состав
Четвертичный	Q		2,5	Песок мелкозернистый
Неоген	N ₁		20	Суглинок желто-бурый валунный
Неоген	N ₂		15	Гравий крупный с галькой и линзами глины, валуной бурой
Палеоген	P		40	Мел серовато-белый, обводненный
Меловой	K		30	Известняк серый, 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	Q	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

Продолжение табл. 2.3

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

Окончание табл. 2.3

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.

Лабораторная работа № 3

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. 3.1. Наибольшую крутизну выемок (при высоте откоса до 12 м в песчаных и глинистых грунтах) назначают 1:1,5.

Таблица 3.1.

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. 3.2);
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.

Таблица 3.2.

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

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. 3 Приложения.

Пример расчета

Исходные данные

1. Вариант - 26.
2. Высота насыпи, м - 12.
3. Плотность грунта, т/м³ - 1,88.
4. Угол внутреннего трения, град. - 26.
5. Общее сцепление грунта, МПа - 0,08.
6. Заложение откоса - 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. 3.1).

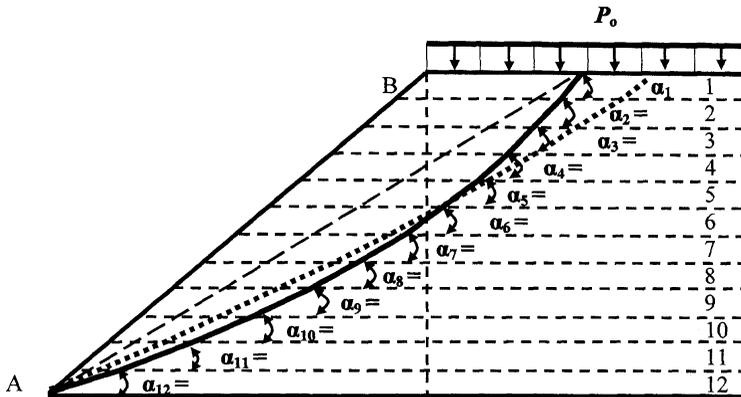


Рис. 3.1. Схема проектирования контура равнопрочного откоса

3. Определяют давление от собственного веса грунта (природное давление) для подошвы каждого из слоев
- 4.

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

где ρ - плотность грунта, т/м³;
 Z_i - мощность слоя грунта, м.

5. Определяют тангенс угла внутреннего трения, принимая угол внутреннего трения в соответствии с исходными данными.
6. 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

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

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

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

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

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

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

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

Таблица 3.3.

Результаты расчета угла наклона поверхности скольжения

№ точки	Координаты точки Z, м	Природное давление $P_{\text{пр}}$, МПа	Угол внутреннего трения φ_w , °	$\operatorname{tg} \varphi_w$	Общесцепление C_w , МПа	Без дополнительной нагрузки				С дополнительной равномерно распределенной нагрузкой			
						$\frac{C_w}{P_{\text{пр}}}$	$\operatorname{tg} \psi$	ψ	α	$\frac{C_w}{P_{\text{пр}} + P_0}$	$\operatorname{tg} \psi$	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. 3.1, 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 $K_{\text{зап}} = 1,25$ для грунта без и с дополнительной равномерно распределенной нагрузкой.

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

Лабораторная работа № 4

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 РФ.

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.

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

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

вающие 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. 4 Приложения.

Пример расчета

Исходные данные

1. Вариант- 26.
2. Продолжительность строительства - 12мес.
3. Начало строительства - апрель.
4. Длина участка строительства, км - 15.
5. Время на развертывание потока, смен - 10.
6. Объем земляных работ, м³ :
 - 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:

$$Д = Д_1 \left(1 - \frac{Д_2}{Д_к} \right),$$

где $Д$ - количество нерабочих дней; $Д_1$ - 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; $Д_2$ - количество выходных и праздничных дней в месяце; $Д_к$ - число календарных дней в месяце.

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

1.2. Определяют затраты на проведение ТО и ремонта

$$Д_{\text{рем}} = \frac{(Д_к - Д_{\text{п}}) К_{\text{см}} \Pi_{\text{см}} P_2}{1 + К_{\text{см}} \Pi_{\text{см}} P_2},$$

где $Д_к$ - число календарных дней; $Д_{\text{п}} = Д_1 + Д_2 + Д_н$, т.е. сумма дней простоев по всем причинам, кроме ТО и ремонта; $Д_н$ - число дней простоев машин по непредвиденным причинам, принимаем равным 3 % от календарного времени, за вычетом выходных и праздничных дней; $К_{\text{см}}$ - коэффициент сменности, принимаемым: для I и IV кв. $К_{\text{см}} - 1,0$; для II и III кв. $К_{\text{см}} - 2,0$; $\Pi_{\text{см}}$ - продолжительность смены равна 8 ч; P_2 - количество дней нахождения машин в ремонте, приходящихся на 1 ч работы машин, принимаем равным 0,0138.

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

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

1.3. Определяют количество рабочих дней по каждому отдельному месяцу

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

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; $D_{рем}$ - 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

$$D_{рс} = D_p K_{см};$$

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

2.2. Результаты расчета по каждому месяцу заносят в табл. 4.1.

Таблица 4.1.

Результаты расчета числа смен полезной работы

Месяц	D_k	D_1	D_2	D_n	D	$D_{п}$	$K_{см}$	$D_{рем}$	D_p	$D_{рс}$
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

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

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

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

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

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

8. Определяют количество рабочих смен, в течение которых выполняются земляные работы. Результаты расчетов заносят в табл. 4.2.

Таблица 4.2
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 $D_{\text{рс.зр}} = 151$ смена.

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

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

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

Определяют скорость дорожно-строительного потока

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

где L - длина участка дороги, м; $D_{рс до}$ - количество рабочих смен на сооружение дорожной одежды; $t_{р}$ - время на развертывание потока.

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

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.

Лабораторная работа № 5

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, доставлен-

ный 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. 5.1).



Рис. 5.1. 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, м, V_B - объем выемки, м³; 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

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

Среднюю дальность перемещения грунта определяют по формуле

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

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. 5 Приложения.

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. 5.1.
5. Размеры площади, засыпаемой привозным грунтом, определяют на основании расчета разности объемов грунта в выемке и насыпи.

Таблица 5.1.

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.

Исходные данные располагают в виде таблицы и определяют количество грунта в насыпи и выемке (табл. 5.2).

Таблица 5.2.

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

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 $60 \cdot 20 = 1200 \text{ м}^2$.

Определяют толщину слоя, отсыпаемого из привозного грунта карьера:

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

Для доставки грунта из карьера на строительную площадку используют автосамосвалы грузоподъемностью 10 т. Определяют вес грунта при насыпной плотности 1,6 т/м³:

$$2700 \cdot 1,6 = 4320 \text{ т}.$$

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.

Вычерчивают схему строительной площадки с обозначением габаритных размеров и размера квадрата (рис. 5.2).

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 x 40 м.

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

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

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

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

Результаты вычислений заносят в табл. 5.3.

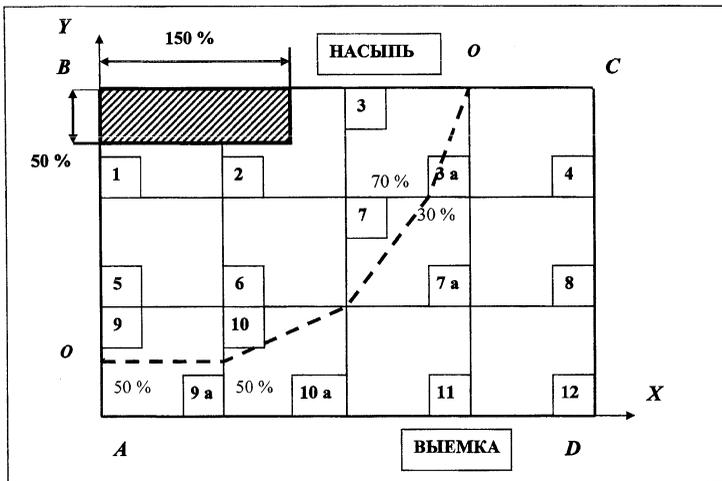


Рис. 5.2. Схема строительной площадки

Таблица 5.3.

Результаты определения центра тяжести выемки

№ участка	Координаты центра тяжести		Объем грунта, тыс. м ³	Статические моменты		Координаты приведенных центров тяжести	
	X	Y		M _{вх}	M _{вy}	L _{вх}	L _{вy}
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 _{вх}	L _{вy}

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. 5.3).

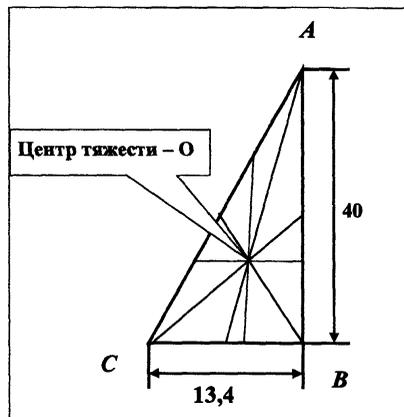


Рис. 5.3. Расчетная схема определения центра тяжести треугольника

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. 5.4 определяемого по формуле

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

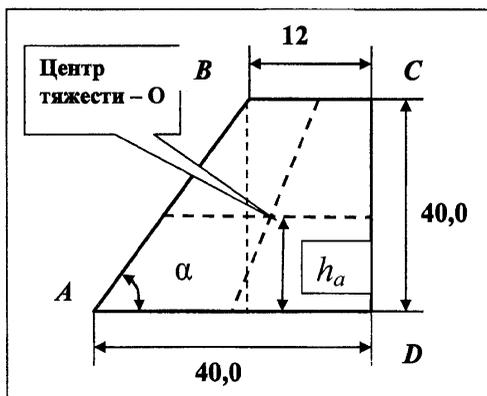


Рис. 5.4. Расчетная схема определения центра тяжести трапеции

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 X и Y центр тяжести трапеции имеет координаты

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

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

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

Определяют координаты приведенных центров тяжести выемки по соответствующей формуле.

1. Определяют координаты центра тяжести для насыпи. Результаты расчета заносят в табл. 5.4.

Таблица 5.4.

Результаты определения центра тяжести насыпи

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

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

3. Определяют координаты приведенных центров тяжести насыпи по соответствующей формуле.

4. Определяют среднюю дальность перемещения грунта по соответствующей формуле.

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.

Заключение

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.

Литература

1. Бабаскин Ю.Г., Леонович И.И. Технология строительства дорог. Практикум: учеб. пособие для вузов. М.: Инфра-М, 2014. 429 с.

2. Леонович И.И. Дорожная климатология. Минск: БНТУ, 2005.

3. Подольский В.П., Глагольев А.В., Поспелов П.И. Строительство автомобильных дорог. Земляное полотно: учеб. для вузов / под ред. В.П. Подольского. М.: Академия, 2013. 432 с.

4. Строительство автомобильных дорог. Дорожные покрытия: учеб. для вузов / под ред. В.П. Подольского. М.: Академия, 2013. 304 с.

5. Строительство автомобильных дорог: учеб. для вузов / под ред. В.В. Ушакова, В.М. Ольховикова. М.: КноРус, 2014. 576 с.

6. Соколов Г.К. Технология строительного производства: учеб. пособие для вузов. М.: Академия, 2008.

7. Технология строительного производства: учеб. пособие для вузов / Я.Л. Ревич, Е.Н. Рудомин, Ю.А. Мажайский и др. М.: Ассоциация строит. вузов, 2011. 376 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Таблица 1

Исходные данные к лабораторной работе № 1

№ варианта	Район строительства (область)	Расположение метеостанции	Продолжительность строительства, мес	Начало строительства	Грунт*
1	Витебская	Полоцк	9	Январь	ПГ
2	Минская	Борисов	10	Февраль	СЛК
3	Гродненская	Лида	11	Март	СГЛ
4	Могилевская	Могилев	12	Апрель	ГР
5	Брестская	Пинск	13	Май	ПК
6	Гомельская	Жлобин	9	Июнь	СЛ'
7	Витебская	Витебск	10	Июль	СГТ
8	Минская	Слуцк	11	Август	СЛК
9	Гродненская	Новогрудок	12	Сентябрь	ПС
10	Могилевская	Горки	13	Октябрь	СТ
11	Брестская	Барановичи	9	Ноябрь	СЛ
12	Гомельская	Василевичи	10	Декабрь	СГЛ
13	Витебская	Лепель	11	Январь	ПМ
14	Минская	Минск	12	Февраль	СЛК
15	Гродненская	Волковыск	13	Март	СТ
16	Могилевская	Бобруйск	9	Апрель	ГР
17	Брестская	Ганцевичи	10	Май	СГЛ
18	Гомельская	Брагин	11	Июнь	ПГ
19	Витебская	Орша	12	Июль	СЛ
20	Минская	Вилейка	13	Август	СГТ
21	Гродненская	Гродно	9	Сентябрь	ПК
22	Могилевская	Славгород	10	Октябрь	СТ
23	Брестская	Брест	11	Ноябрь	ГР
24	Гомельская	Гомель	12	Декабрь	ПС
25	Витебская	Сенно	13	Январь	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 2

Исходные данные к лабораторной работе № 2

№ варианта	Геологический разрез	Стратиграфическая колонка	№ варианта	Геологический разрез	Стратиграфическая колонка
1	1*	12**	14	4	10
2	2	11	15	6	8
3	3	10	16	8	6
4	4	9	17	10	4
5	5	8	18	12	2
6	6	7	19	1	11
7	7	6	20	3	9
8	8	5	21	5	7
9	9	4	22	7	5
10	10	3	23	9	3
11	11	2	24	11	1
12	12	1	25	6	1
13	2	12			

* Номер в круглой рамке на рис. 2.1.

** Номер скважины в табл. 2.3.

Таблица 3

Исходные данные к лабораторной работе № 3

№ варианта	Высота насыпи, м	Плотность грунта ρ , т/м ³	Угол внутреннего трения ϕ , град.	Общее сцепление C_w , МПа	Заложение откоса 1:m	Внешняя равномерно распределенная нагрузка P_0 , МПа	Коэффициент запаса $K_{зап}$
1	10	1,60	12	0,01	1,0	0,10	1,10
2	11	1,70	13	0,02	1Д	0,11	1,15
3	12	1,80	14	0,03	1,2	0,12	1,20
4	9	1,90	15	0,04	1,3	0,13	1,25
5	8	2,00	16	0,05	1,4	0,14	1,30
6	13	1,65	17	0,06	1,5	0,15	1,10
7	14	1,75	18	0,07	1,0	0,16	1,15

Окончание таблицы 3

№ варианта	Высота насыпи, м	Плотность грунта ρ , т/м ³	Угол внутреннего трения ϕ , град.	Общее сцепление C_w , МПа	Заложение откоса $1:m$	Внешняя равномерно распределенная нагрузка P_0 , МПа	Коэффициент запаса $K_{зап}$
8	10	1,85	19	0,08	14	0,17	1,20
9	11	1,95	20	0,08	1,2	0,18	1,25
10	12	2,05	21	0,02	1,3	0,10	1,30
11	9	1,60	22	0,03	1,4	0,11	1,10
12	8	1,70	23	0,04	1,5	0,12	1,15
13	13	1,80	24	0,05	1,0	0,13	1,20
14	14	1,90	25	0,06	1,1	0,14	1,25
15	10	2,00	26	0,07	1,2	0,15	1,30
16	11	1,65	12	0,08	1,3	0,16	1,10
17	12	1,75	13	0,01	1,4	0,17	1,15
18	9	1,85	14	0,02	1,5	0,18	1,20
19	8	1,95	15	0,03	1,0	0,10	1,25
20	13	2,05	16	0,04	1,1	0,11	1,30
21	14	1,60	17	0,05	1,2	0,12	1,10
22	10	1,70	18	0,06	1,3	0,13	1,15
23	11	1,80	19	0,07	1,4	0,14	1,20
24	12	1,90	20	0,08	1,5	0,15	1,25
25	9	2,00	21	0,01	1,0	0,16	1,30

Таблица 4

Исходные данные к лабораторной работе № 4

№ варианта	Продолжительность строительства, мес	Начало строительства	Длина участка, км	Время на развертывание потока, смен	Объем земляных работ, м ³				
					грейдерных	бульдозерных	скреперных	экскаваторных	выторфовывание экскаватором
1	12	Июнь	14	6	950	1 598	3 566	20 015	8 512
2	13	Июль	15	7	1 000	1 645	3 675	20 346	8 545
3	9	Август	16	8	1 050	1 723	3 856	20 877	8 575
4	10	Сентябрь	17	9	1 100	1 856	3 944	21 332	8 589
5	11	Октябрь	18	10	1 150	1 932	4 012	21 654	8 632
6	12	Ноябрь	19	11	1 200	2 021	4 123	21 875	8 661
7	13	Декабрь	20	12	1 250	2 098	4 265	22 875	8 679
8	9	Январь	14	6	975	1 544	4 312	22 421	8 704
9	10	Февраль	15	7	1 035	1 678	4 423	22 567	8 742
10	11	Март	16	8	1 175	1 783	3 587	23 122	8 787
11	12	Апрель	17	9	1 235	1 877	3 642	23 432	8 809
12	13	Май	18	10	1 275	1 932	3 715	23 876	8 845
13	9	Июнь	14	11	1 300	1 997	3 768	24 012	8 890
14	10	Июль	15	6	1 325	2 002	3 815	24 421	8 911
15	11	Август	19	7	1 350	2 054	3 894	24 789	8 935
16	12	Сентябрь	20	8	1 375	2 156	3 912	25 111	8 976
17	13	Октябрь	21	9	1 400	2 231	3 986	25 623	8 999
18	9	Ноябрь	15	10	1 425	2 341	4 045	25 981	9 004
19	10	Декабрь	16	11	1 450	2 398	4 087	26 123	9 065
20	11	Январь	17	6	1 475	2 455	4 143	26 664	9 092
21	12	Январь	18	7	1 500	2 497	4 189	26 879	9 112
22	13	Февраль	19	8	985	1 665	4 231	27 312	9 134
23	9	Март	14	9	1 355	1 777	4 296	27 121	9 155
24	10	Апрель	15	10	1 425	1 995	4 345	27 783	9 174
25	11	Май	17	11	1 085	2 012	4 387	27 945	9 180

Таблица 5

№ варианта	Размер строительной площадки, м	Сторона квадрата, м	Объем перерабатываемого грунта в квадрате, тыс. м ³															
			1	2	3	3а	4	5	6	7	7а	8	9	9а	10	10а	11	12
1	120×90	30	4,0	3,0	5,0	1,0	3,0	6,0	4,0	2,0	2,0	4,0	3,0	3,0	2,0	3,0	4,0	4,0
2	128×96	32	4,2	3,1	5,2	1,1	3,2	6,1	4,2	2,1	2,2	4,2	3,1	3,2	2,0	3,0	4,0	4,2
3	136×102	34	4,1	3,2	5,1	1,2	3,3	6,2	4,1	2,2	2,3	4,1	3,2	3,3	2,1	3,2	4,2	4,1
4	144×108	36	4,4	3,3	5,4	1,3	3,4	6,3	4,4	2,3	2,4	4,4	3,3	3,4	2,2	3,3	4,1	4,4
5	152×114	38	4,3	3,4	5,3	1,4	3,5	6,4	4,3	2,4	2,5	4,3	3,4	3,5	2,3	3,4	4,4	4,3
6	160×120	40	4,6	3,5	5,6	1,5	3,6	6,5	4,6	2,5	2,6	4,6	3,5	3,6	2,4	3,5	4,3	4,6
7	168×126	42	4,5	3,6	5,5	1,6	3,7	6,6	4,5	2,6	2,7	4,5	3,6	3,7	2,5	3,6	4,6	4,5
8	176×132	44	4,8	3,7	5,8	1,7	3,8	6,7	4,8	2,7	2,8	4,8	3,7	3,8	2,6	3,7	4,5	4,8
9	184×138	46	4,7	3,8	5,7	1,8	3,9	6,8	4,7	2,8	2,9	4,7	3,8	3,9	2,7	3,8	4,8	4,7
10	194×144	48	4,9	3,9	6,0	1,9	4,0	6,9	4,9	2,9	3,0	4,9	3,9	4,0	2,8	3,9	4,7	4,9
11	200×150	50	5,0	4,0	5,9	2,0	4,1	3,2	5,0	3,0	2,0	5,0	4,0	4,1	2,9	4,0	4,9	5,0
12	120×90	30	4,0	4,1	6,2	1,1	4,2	3,3	4,0	2,0	2,1	4,0	4,1	4,2	3,0	4,1	5,0	4,0
13	128×96	32	4,2	4,2	6,1	1,2	4,3	3,4	4,2	2,1	2,2	4,2	4,2	4,3	2,0	4,2	4,0	4,2
14	136×102	34	4,1	4,3	6,4	1,3	4,4	3,5	4,1	2,2	2,3	4,1	4,3	4,4	2,1	4,3	4,2	4,1
15	144×108	36	4,4	4,4	6,3	1,4	3,1	3,6	4,4	2,3	2,4	4,4	4,4	4,4	2,2	4,4	4,1	4,4
16	152×114	38	2,0	3,1	3,1	1,5	3,2	3,7	4,3	2,4	2,2	2,0	3,1	3,2	2,3	3,1	4,4	4,3
17	160×120	40	2,1	3,2	3,2	1,6	3,3	3,8	4,6	2,5	2,3	2,1	3,2	3,3	2,4	3,2	4,3	4,6
18	168×126	42	2,2	3,3	3,3	1,7	3,4	3,9	4,5	2,6	2,4	2,2	3,3	3,4	2,5	3,3	4,6	4,5
19	176×132	44	2,3	3,4	3,4	1,8	3,5	4,0	4,8	2,7	2,5	2,3	3,4	3,5	2,6	3,4	4,5	4,8
20	184×138	46	2,4	3,5	3,5	1,9	3,6	4,1	4,7	2,8	2,6	2,4	3,5	3,6	2,7	3,5	4,8	4,7
21	194×144	48	2,5	3,6	3,6	2,0	3,7	4,2	4,9	2,9	2,7	2,5	3,6	3,7	2,8	3,6	4,7	4,9
22	200×150	50	2,6	3,7	3,7	1,1	3,8	4,3	5,0	3,0	2,8	2,6	3,7	3,8	2,9	3,7	4,9	5,0
23	120×90	30	2,7	3,8	3,8	1,2	3,9	4,4	4,0	2,0	2,9	2,7	3,8	3,9	3,0	3,8	5,0	4,0
24	128×96	32	2,8	3,9	3,9	1,3	4,0	3,1	4,2	2,1	3,0	2,8	3,9	4,0	2,0	3,9	4,0	4,2
25	136×102	34	2,9	4,0	4,0	1,4	3,2	3,2	4,1	2,2	2,0	2,9	4,0	3,2	2,1	4,0	4,2	4,1

Учебное издание

Дьяченко Антон Вячеславович

Технология дорожно-строительных работ

методические указания для выполнения лабораторных занятий
и самостоятельной работы
для обучающихся по направлению подготовки
23.03.02 – Наземные транспортно-технологические комплексы

Редактор Осипова Е.Н.

Подписано к печати 31.05.2018 г. Формат 60x84. 1/16.
Бумага офсетная. Усл. п. 2,49. Тираж 25 экз. Изд. № 6052.

Издательство Брянского государственного аграрного университета
243365, Брянская обл., Выгоничский район, с. Кокино, Брянский ГАУ