

МИНИСТЕРСТВО ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ
Кафедра "Строительное производство"

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВА ЗЕМЛЯНЫХ РАБОТ

Часть 1

Распределение земляных масс.

Способы разработки грунтов

Методические указания

к курсовому и дипломному проектированию

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ

2000

ВВЕДЕНИЕ

При строительстве новых железных дорог около 90% всего объема земляных работ приходится непосредственно на земляное полотно, а его стоимость в зависимости от конкретных условий может составить 15-20% и более от общей стоимости строительства.

Комплекс работ по сооружению железнодорожного земляного полотна включает: строительство насыпей и выемок на перегонах, станциях и разъездах; водоотводных устройств, защитных и укрепительных сооружений; возведение специальных насыпей под переезды и земляные площадки крупных железнодорожных станций и узлов.

Экономическая эффективность производства земляных работ в железнодорожном строительстве, как известно, во многом определяется проектным решением по распределению земляных масс вдоль трассы строящегося участка, а также средствами механизации и технологией производства работ. Поэтому в работе уделено большое внимание решению задачи оптимизации распределения земляных масс на основе линейного программирования с использованием программы для ПЭВМ, разработанной на кафедре "Строительное производство" ПГУПС.

1. ЗАДАНИЕ НА КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

Задание

Разработать проект производства работ по сооружению участка железнодорожного земляного полотна

- | | |
|---|-----|
| Введение | (1) |
| 1. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЗЕМЛЯНЫХ МАСС НА ЗАДАННОМ УЧАСТКЕ | (2) |
| 2. ДЕТАЛЬНАЯ РАЗРАБОТКА ПРИНЯТОГО ВАРИАНТА | |
| 2.1. Составление технологической карты на отсыпку насыпи на участке ПК...ПК... (можно выбрать самостоятельно) | (3) |
| 2.2. Составление технологической карты на разработку выемки на участке ПК... ПК... (можно выбрать самостоятельно) | (4) |
| 3. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА ПОДГОТОВИТЕЛЬ-НЫХ РАБОТ НА ЗАДАННОМ УЧАСТКЕ (МОЖНО ВЫБРАТЬ САМОСТОЯТЕЛЬНО) | (5) |
| 4. ТЕХНОЛОГИЯ ОТДЕЛОЧНЫХ РАБОТ НА УЧАСТКЕ ПК ... ПК... (МОЖНО ВЫБРАТЬ САМОСТОЯТЕЛЬНО) | (6) |
| 5. КАЛЕНДАРНЫЙ ГРАФИК ПРОИЗВОДСТВА ЗЕМЛЯНЫХ РАБОТ НА УЧАСТКЕ | (7) |
| 6. НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ ЧАСТЬ | |
| 6.1. Технология закрепления грунтов на пикетах ПК... ПК | (8) |
| 6.2. _____ : _____ | (9) |

Примечания.

1. Пункты задания (номера в скобках), отмеченные цифрами 1, 2, 7, выполняются всеми студентами. Остальные пункты выполняются в зависимости от номера варианта задания (табл. 1.1 и 1.2).

2. Номер варианта для студентов, обучающихся без отрыва от производства, определяется по последним двум цифрам его учебного шифра. Если это число более 30, нужно из него вычесть столько раз по 30, чтобы получился номер варианта от 1 до 30. Если номер шифра оканчивается двумя нулями, то выполняется вариант 10.

Студентам дневного обучения номера вариантов задаются руководителем курсового проекта.

3. Время выполнения работ - лето.

Исходные данные для проектирования

а) выбор номеров продольных профилей и позиций заданий

Таблица 1.1

Номер варианта	Номера продольных профилей (по прил. 3)	Номера позиций задания	Номер варианта	Номера продольных профилей (по прил. 3)	Номера позиций задания
1	4,6,3	3,5	16	11,12	4, 5
2	86,1	4,6	17	12,15	3,5
3	2,8,3	3,6	18	13,14	4,6
4	394	4,5	19	14,И	3,6
5	8,9,7	3,5	20	15,11	4,5
6	7,9,8	4,6	21	2,4,1	3,5
7	3,5,9	3,6	22	7,5,2	4,6
8	1,10,8	4,5	23	2,1,5	3,6
9	1,9,4	3,5	24	3,5,2	4,5
10	7,2,8	4,6	25	4,2,3	3,5
И	11,15	3,6	26	8,2,1	4,6
12	13,11	4,5	27	1,6,4	3,6
13'	14,12	3,5	28	6,4,7	4,5
14	15,13	4,6	29	3, 10, 8	3,5
15	12,13	3,6	30	10,4,1	4,6

б) выбор ширины основной площадки земляного полотна в зависимости от вида грунта и категории железной дороги (по вариантам задания)

Таблица 1.2

Номера вариантов	Вид грунта (см. табл. 1.1)	
	Глинистые	Скальные, песчаные
1-10	7,6	6,6
11-20	7,3	6,4
21-30	7, 1	6,2

Пояснительная записка

Введение

Дать описание участка, грунтов и других особенностей объекта.

1. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЗЕМЛЯНЫХ МАСС НА ЗАДАННОМ УЧАСТКЕ

1.1. Разбивка участка на массивы

Описать принципы подхода, наметить по инженерным соображениям возможные места закладки резервов и кавальеров, привести схему участка с разбивкой на массивы.

1.2. Выбрать возможные средства механизации

1.3. Распределить земляные массы на заданном участке на основе линейного программирования.

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m V_{ij} C_{ij} = \min C$$

Дать описание транспортной задачи и указать, какие в ней есть ограничения, пояснить приведенную формулу (раскрыть ее).

Объяснить понятие единичной себестоимости, запрещенной и фиктивной поставки.

Определить дальность возки при продольном и поперечном перемещении грунта, найти по графикам единичную себестоимость (выбор ведущих машин процесса).

Свести все данные в табл. 2.2.

1.4. Решение задачи распределения земляных масс

Решить задачу вручную (приближенно). Решить ее на ЭВМ. Сравнить результаты и оценить разницу в процентах. Проанализировать машинный вариант, скорректировать его. Привести схему окончательного распределения земляных масс. •

2. ДЕТАЛЬНАЯ РАЗРАБОТКА ПРИНЯТОГО ВАРИАНТА

2.1. Составление технологической карты на возведение насыпи ПК—ПК

2.1.1. Организация и технология строительного процесса возведения насыпи:

- произвести окончательный выбор средств механизации;
- описать, откуда привозится грунтом и каким транспортом;
- ~ рассмотреть технологию послойной укладки грунта с трамбованием;
- определить потребное количество машин в комплекте (ведущих и комплектующих);
- разработать и привести на чертеже план и разрезы насыпи, разбив ее на захватки (для приема, разравнивания, уплотнения грунта).

2.1.2. Техничко-экономические показатели

2.2. Составление технологической карты на разработку выемки на участке ПК

2.2.1. Организация и технология строительного процесса разработки выемки:

- произвести окончательный выбор средств механизации;
- описать, чем и как разрабатывается выемка;
- запроектировать забой для выбранного экскаватора;
- разбить выемку на проходки;
- показать на чертеже план и разрезы выемки, схемы погрузки автосамосвалов в двух-трех забоях;
- определить потребное количество самосвалов на разных этапах разработки;
- свести результаты в таблицу по прилагаемой форме:

Путь перемещения (if)					
Объем перемещения, м ³					
Дальность возки, км					
Марка автосамосвала					
Количество самосвалов					
Начало работы					
Окончание работы					
Итого: дней					

2.2.2. Техничко-экономические показатели

3. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫХ РАБОТ НА ЗАДАННОМ УЧАСТКЕ

4. ТЕХНОЛОГИЯ ОТДЕЛОЧНЫХ РАБОТ НА УЧАСТКЕ ПК...ПК

5. КАЛЕНДАРНЫЙ ГРАФИК ПРОИЗВОДСТВА ЗЕМЛЯНЫХ РАБОТ НА -УЧАСТКЕ

Описать, как проектировался график, привести расчеты сроков производства работ. Дать описание

окончательного варианта графика.

6. НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ ЧАСТЬ

6.1. Технология закрепления грунтов на пикетах ПК...ПК

6.2. _____

2. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЗЕМЛЯНЫХ МАСС

Одним из основных вопросов при проектировании производства земляных работ является вопрос о вывозе грунта из выемок и доставка его в насыпи. Решение этой задачи называют обычно *распределением земляных масс*. Поскольку способы разработки и транспортировки грунта во многом определяют стоимость строительства, его сроки, то одновременно с решением вопроса о распределении земляных масс решается и вопрос о способе производства работ, т.е. о выборе землеройных и транспортных машин.

Задача распределения земляных масс многовариантна, поэтому необходимо найти наиболее выгодный, оптимальный вариант. Для решения этой задачи применена так называемая *транспортная задача*, или *задача о назначениях*, являющаяся частным случаем *линейного программирования*.

Название транспортной рассматриваемая задача [1] получила потому, что к ней сводится оптимизация плана перевозок грузов из ***m* пунктов** отправления с запасами $a_1, \dots, a_m$ в n пунктов назначения с потребностями $b_1, \dots, b_n$. Роль коэффициентов c_{ij} в целевой функции играют удельные стоимости, т.е. стоимости перевозки одной единицы груза из пункта / в пункт. Задача состоит в минимизации общей стоимости, перевозки грузов при условии, что грузы оказываются полностью вывезенными из всех пунктов отправления и потребности всех пунктов назначения оказываются полностью удовлетворенными.

Переменные в этой задаче удобно снабжать индексами i, j . Если первый индекс принимает m значений, а второй - n , то общее число переменных X_{ij} (размерность задачи) равно, очевидно, mn . Сущность задачи состоит в минимизации целевой функции

$$f = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n C_{ij} X_{ij}$$

при $m + n$ ограничениях типа равенств:

$$\sum_{j=1}^n X_{ij} = a_i; \sum_{i=1}^m X_{ij} = b_j$$

Обычно предполагается дополнительное соблюдение равенства

$$\sum_{i=1}^m a_i = \sum_{j=1}^n b_j$$

иначе задача не будет иметь решений.

При этих условиях имеется решение сформулированной задачи минимизации, содержащее не более $m + n - 1$ ненулевых значений переменных X_{ij} . Мы будем называть их *назначениями*.

При решении транспортной задачи пользуются двумя mn матрицами - *матрицей планов* $P = \| p_{ij} \|$ и *матрицей удельных стоимостей* $C = \| c_{ij} \|$, подвергая их специальным преобразованиям. Для формирования матрицы P на начальном шаге делается ровно $m + n - 1$ назначений (некоторые из них могут быть нулевыми) с тем, чтобы, во-первых, удовлетворялись условия

$$\sum_{j=1}^n X_{ij} = a_i \quad (i=1, 2, \dots, m)$$

$$\sum_{i=1}^m X_{ij} = b_j \quad (j=1, 2, \dots, n)$$

во-вторых, чтобы выбранные (для назначений) элементы матрицы не образовывали ни одного цикла. Под *циклом* здесь понимается последовательность элементов матрицы $l_1, l_2, \dots, l_{k+1}$ ($k > 1$), начинающихся и кончающихся одним и тем же элементом (любые ее два соседних элемента расположены либо в одном столбце, либо в одной строке). Пример такого цикла ($l_1, l_2, l_3, l_4, l_5, l_6$) дает матрица

$$\begin{vmatrix} l_1 & & l_2 \\ & l_4 & l_3 \\ l_6 & l_5 & \end{vmatrix}$$

в которой явно выделены лишь элементы, образующие цикл. При этом элементы (l_1, l_3, l_5) составляют так называемый *нечетный полуцикл* цикла $(l_1, l_2, l_3, l_4, l_5, l_6)$ (с фиксированным началом цикла l_1), а элементы цикла l_2, l_4, l_6 — *четный полуцикл*.

Удовлетворяющий этим условиям начальный выбор может быть сделан последовательным (по строкам, а внутри строки — по столбцам) при помощи максимальных назначений, лимитируемых лишь имеющимися запасами и потребностями (так называемый принцип северо-западного угла). Например, для $a_1 = 10, a_2 = 15, a_3 = 20; b_1 = 15, b_2 = 15, b_3 = 10, b_4 = 5$ начальные назначения приведены в табл. 2.1.

Таблица 2. 1

$\begin{matrix} b_j \\ a_i \end{matrix}$	15	15	10	5
10	10			
15	5	10		
20		5	10	5

Строки этой таблицы озаглавлены запасами a_i в пунктах отправления, а столбцы — потребностями b_j в пунктах назначения. Первое назначение в первой строке исчерпывает весь запас в первом пункте отправления, второе назначение исчерпывает остающиеся потребности первого пункта назначения и т.д. Общее число назначений (равное 6) удовлетворяет условию $m+n-1$ ($3+4-1=6$), циклы отсутствуют, так что начальную матрицу планов

$$P = \begin{vmatrix} 10 & 0 & 0 & 0 \\ 5 & 10 & 0 & 0 \\ 0 & 5 & 10 & 5 \end{vmatrix}$$

можно считать построенной.

Пусть матрица удельных стоимостей имеет вид:

$$C = \begin{vmatrix} 2 & 3 & 4 & 4 \\ 3 & 4 & 3 & 3 \\ 4 & 3 & 2 & 4 \end{vmatrix}$$

Жирным шрифтом в ней выделены элементы, соответствующие сделанным назначениям. Преобразования матрицы C состоят в прибавлении ко всем элементам одной и той же строки или одного и того же столбца некоторой константы (положительной или отрицательной). Целью таких преобразований является обращение в нуль всех выделенных элементов матрицы (в случае, когда выделенные элементы матрицы не составляют цикла, достижение этой цели оказывается всегда возможным).

Прибавляя к строкам матрицы C числа $-3, -4, -3$, а к столбцам числа $+1, 0, +1, -1$, превратим ее в матрицу:

$$C_1 = \begin{vmatrix} 0 & 0 & 2 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -2 \\ 2 & 0 & 0 & 0 \end{vmatrix}$$

Если бы все элементы матрицы C_1 были неотрицательными, первоначальный выбор назначений давал бы оптимальное решение. Но поскольку в нашем случае дело обстоит не так, то применяется процедура исправления начальных назначений. Для исправления присоединяем к уже выделенным элементам матрицы C_1 ее наибольший по абсолютной величине отрицательный элемент (в данном случае элемент $C_{24} = -2$). Если начальный выбор содержал точно $m + n - 1$ элементов, то (это нетрудно доказать) при таком присоединении обязательно образуется цикл из выделенных элементов — в данном случае цикл $(C_{24} = -2, C_{34} = -2, C_{22} = 0, C_{24})$.

Рассмотрим теперь соответствующий цикл

$$P_0 = P_{24}, P_{34}, P_{32}, P_{22}, P_{24}$$

в матрице планов P и превратим его в цикл

$$P_{24}+P, P_{34}-P, P_{32}+P, P_{22}-P, P_{24}+P$$

где p - наименьшая величина в четном полуцикле (P_{34}, P_{22}) цикла po (величина p как бы сдвигается по каждому элементу четного полуцикла к следующему за ним элементу нечетного полуцикла). В нашем случае $P=P_{34}=5$. Производя указанное преобразование цикла и исключая из числа выделенных элементов вновь возникший нулевой элемент $P_{34}-P$, получим новую матрицу планов P_1 :

$$P_1 = \begin{vmatrix} 10 & 0 & 0 & 0 \\ 5 & 5 & 0 & 5 \\ 0 & 10 & 10 & 0 \end{vmatrix}$$

Здесь, как и раньше, полужирным шрифтом даны выделенные элементы. Выделяя те же элементы в матрице C_1 , получаем матрицу C_1' :

$$C_1' = \begin{vmatrix} 0 & 0 & 2 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -2 \\ 2 & 0 & 0 & 0 \end{vmatrix}$$

Прибавляя к последнему столбцу число +2, приведем матрицу C_1' к виду:

$$C_2 = \begin{vmatrix} 0 & 0 & 2 & 2 \\ 0 & 0 & 0 & -2 \\ 2 & 0 & 0 & 0 \end{vmatrix}$$

с нулевыми выделенными элементами, не содержащую отрицательных элементов. Это означает, что план P_1 оптимален. Суммарная стоимость перевозок S_1 по этому плану равна:

$$S_1 = 10 \cdot 2 + 5 \cdot 3 + 5 \cdot 4 + 5 \cdot 3 + 10 \cdot 3 + 10 \cdot 2 = 120,$$

в то время как суммарная стоимость перевозок S_0 по начальному плану P_0 была равна

$$S_0 = 10 \cdot 2 + 5 \cdot 3 + 10 \cdot 4 + 5 \cdot 3 + 10 \cdot 2 + 5 \cdot 4 = 130.$$

Как и всякая задача линейного программирования, транспортная задача может иногда иметь не один, а множество оптимальных планов. На такую ситуацию указывает наличие дополнительных (помимо выделенных) нулей в заключительной (преобразованной) матрице удельных стоимостей. Присоединяя эти нули точно так же, как мы поступали с отрицательными элементами, можно двигать вдоль возникающих циклов то или иное количество грузов, не нарушая при этом оптимальности плана. Например, в заключительной матрице C_2 рассмотренного выше примера можно образовать цикл из нулевых элементов ($C_{21}, C_{22}, C_{12}, C_{11}, C_{21}$) и передвинуть в нем какую-нибудь величину груза, скажем C_{22} . В результате получим новый план

$$P_1' = \begin{vmatrix} 7 & 3 & 0 & 0 \\ 8 & 2 & 0 & 5 \\ 0 & 10 & 10 & 0 \end{vmatrix}$$

с общей стоимостью перевозок

$$S_1 = 7 \cdot 2 + 3 \cdot 3 + 8 \cdot 3 + 2 \cdot 3 + 5 \cdot 3 + 10 \cdot 3 + 10 \cdot 2 = 120.$$

Таким образом, этот план, как и план P_1 , является оптимальным.

С помощью подобных замен в пределах множества оптимальных планов можно добиться того, чтобы план, не теряя свойства оптимальности, приобрел некоторые дополнительные полезные свойства. Разумеется, для этого необходимо, чтобы транспортная задача обладала не одним, а многими решениями, что, конечно, на практике встречается далеко не всегда.

Пользуясь изложенной задачей, можно находить оптимальные решения распределения земляных масс при проектировании производства земляных работ, выполняемых, например при возведении железнодорожного земляного полотна.

Пусть заданный участок представлен продольным профилем с графиком попикетных объемов (рис. 1).

Прежде всего нужно разбить продольный профиль на отдельные участки ~ *массивы*, которые при решении

задачи будут рассматриваться как *поставщики* (выемки) и *потребители* (насыпи). Желательно, каждую насыпь и каждую выемку, если они не очень протяженные (400...600 м), представить как массив, определив по графику попикетных объемов его объем. Если в пределах насыпи или выемки имеется несколько достаточно протяженных участков с примерно равными рабочими отметками, их выделяют как отдельные массивы. Однако делать это нужно очень осторожно, так как граница между массивами, как и в графике попикетных объемов, вертикальная, а технология механизированной разработки грунта подразумевает работу горизонтальными проходками. Учитывая местные условия и возможные ограничения, оговоренные в задании на проектирование, намечаются резервы, кавальеры, карьеры и отвалы.

При выполнении курсового проекта можно руководствоваться следующим:

- объем резерва (кавальера) равен объему соответствующей насыпи (выемки), но не больше 6000 м³ на пикет;
- объем намеченных карьеров можно принимать на порядок выше суммы объемов всех насыпей участка;
- объем всех намеченных отвалов следует принимать таким, чтобы учитывалось известное ограничение:

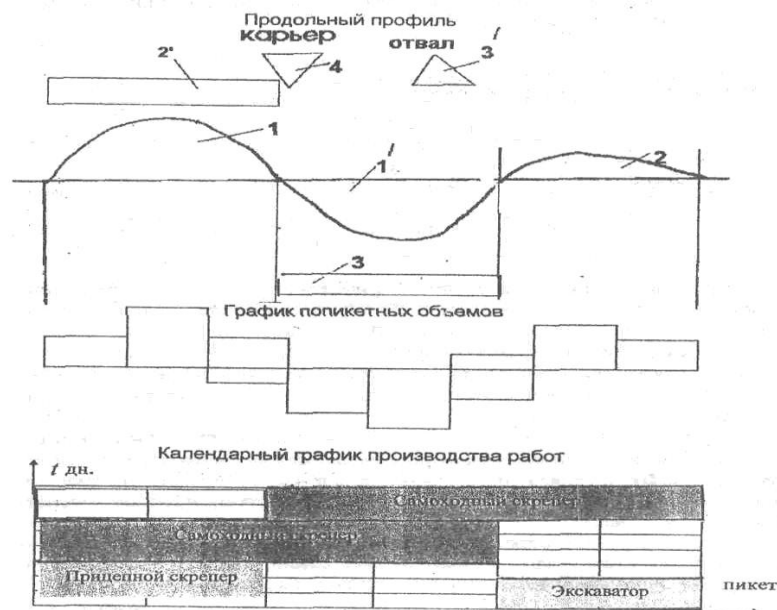


Рис. 1

$$\sum_{i=1}^m a_i = \sum_{j=1}^n b_j,$$

т.е. объем всех поставщиков должен равняться объему всех потребителей.

В рассматриваемом примере выделенные массивы поставщиков обозначены арабскими цифрами, а потребителей - арабскими цифрами со штрихом.

При построении матриц P и C для рассматриваемого примера нужно воспользоваться данными табл. 2.2:

Таблица 2.2

Потребители		1'	2'	3'
Поставщики		5	3	84
1	6	12 l_{11}	7 l_{12}	16 l_{13}
2	4	10 l_{21}	1000 $лп$	14 l_{23}
3	2	8 l_{31}	1000 $лп$	0 $лп$
4	80	15 l_{41}	0 $лп$	0 $лп$

Здесь в левой стороне таблицы приведены номера и объемы поставщиков, в верхней части - номера и объемы потребителей. В правом верхнем углу каждой выделенной клетки при возможности реальной поставки указывается дальность транспортировки – l_{ij} (l_{11} l_{12} l_{13} и т.д.); в левом верхнем углу клетки указывается стоимость разработки и транспортировки грунта C_{ij} , внизу, в середине клетки, указывается объем поставки (если она имеется).

При продольной возке грунта (из выемки в насыпь) дальность перемещения l_{ij} можно принимать как расстояние между центрами тяжести соответствующих массивов плюс 50-70 метров. Центр тяжести массива находится как центр тяжести площади графика поикетных объемов рассматриваемого массива.

При поперечной возке (из резерва в насыпь или из выемки в кавальер) дальность возки грунта зависит от расстояний между въездами и съездами. В курсовом проекте можно пользоваться данными табл. 2.3.

Таблица 2.3

Средняя рабочая отметка массива, м	Расстояние между въездами и съездами, м	Дальность поперечной возки, м
1	40	50
2	65	70
3	80	90
4	95	110
5	100	130
6	130	150
7	150	170

Транспортировка грунта из карьера в насыпь или из выемки в отвал по существу является тоже поперечной возкой. Места расположения отвалов и карьеров в курсовом проекте задаются или принимаются по согласованию с руководителем курсового (дипломного) проектирования.

Там, где перемещение грунта невозможно по технологическим, организационным или другим причинам, в соответствующей клетке таблицы записывается "лп" - *запрещенная поставка*.

При нахождении оптимального варианта распределения земляных масс может оказаться, что резервы, кавальеры, карьеры и отвалы были востребованы лишь частично или совсем не востребованы. В то же время должно выполняться требование транспортной задачи

$$\sum_{i=1}^m a_i = \sum_{j=1}^n b_j$$

поэтому следует предусмотреть формальную возможность вывоза излишков грунта из резервов и карьеров и заполнения кавальеров и отвалов. Такие поставки называются *фиктивными*, и в соответствующие клетки таблицы вносится обозначение "лп" — фиктивная (формальная) поставка. Иначе говоря, предусматриваются формальная возможность вывоза грунта из резервов и карьеров в отвал и формальное заполнение кавальеров и отвалов из карьеров.

По графикам единичной себестоимости (см. прил.2) производится предварительный выбор машин для каждой связи ij и определяется стоимость разработки и перемещения 1 м³ грунта выбранным типом машин для данной дальности возки l_{ij} .

В клетке таблицы с запрещенной поставкой, очевидно, нужно назначить заведомо большую цену

перевозки - по крайней мере на два порядка выше средней реальной цены (в примере она равна 1000). В клетке с возможной фиктивной поставкой цена должна равняться нулю, тогда стоимость данной поставки

$$C_{ij} = C_{ij} \cdot V_{ij} = 0 \cdot V_{ij} = 0$$

Таким образом матрица C для рассматриваемого примера будет иметь вид:

$$C = \begin{bmatrix} 12 & 7 & 16 \\ 10 & 1000 & 14 \\ 8 & 1000 & 10 \\ 15 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

Матрицу P (начальный план) можно построить так, как было описано выше, рассматривая только объемы грунта, но можно при построении начальной матрицы в некоторой степени учитывать и единичные стоимости матрицы C , что дает возможность получить начальный план, который несколько ближе к оптимальному. Построение такой матрицы P сводится к следующему.

В выделенном поле табл. 2.2 находят клетку с наименьшей единичной стоимостью C_{ij} (нулевые стоимости не учитываются), и в нее записывается максимально возможная поставка. В нашем случае это клетка 1,2' с $C_{12} = 7$. Наибольшая поставка здесь равна 3 (в данном случае величина поставки ограничивается объемом потребления). Следующая самая низкая единичная стоимость в клетке 3, 1¹, где $C_{31} = 8$. Здесь объем поставки ограничивается возможностями поставщика, и поэтому $V_{31} = 3$. И так далее. После реальных поставок удовлетворяются фиктивные. Таким образом построили матрицу P

:

$$P = \begin{bmatrix} 0 & 3 & 3 \\ 3 & 0 & 1 \\ 8 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 80 \end{bmatrix}$$

Стоимость производства работ по этому варианту распределения земляных масс - произведение матриц $P \cdot C$ (функционал) - равна:

$$3 \cdot 10 + 2 \cdot 8 + 3 \cdot 7 + 3 \cdot 16 + 1 \cdot 14 + 80 \cdot 0 = 129.$$

Представим матрицу C в виде матрицы C_1 , где выделим полужирным шрифтом заполненные клетки (клетки с поставками):

$$C_1 = \begin{bmatrix} 12 & 7 & 16 \\ 10 & 1000 & 14 \\ 8 & 1000 & 0 \\ 15 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$C_2 = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 995 & 0 \\ 0 & 997 & -12 \\ 19 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

Произведя соответствующие преобразования (см. с. 10-И), получим матрицу C_2 , из которой видно, что полученный план не оптимален.

Можно было бы продолжить преобразования для нахождения оптимального варианта описанным выше способом, однако эта процедура достаточно длительна, и чем больше матрица, тем более она продолжительна и

трудоемка.

На кафедре "Строительное производство" разработана компьютерная программа (в MS DOS) решения транспортной задачи применительно к распределению земляных масс при проектировании производства земляных работ. Воспользуемся этой программой для нахождения оптимального варианта распределения.

Вход в задачу: TZ > start.bat *Вводятся:* фамилия
шифр задания
количество поставщиков (в примере 4)
количество потребителей 3
объем каждого поставщика (в сотнях м³)
объем каждого потребителя
цены по каждой связи if

При вводе данных иметь в виду:

↑- строка вверх
↓- строка вверх
PGUP (9) - страница вверх
PGDOWN (3) - страница вниз
FI ~ обнулить цену (объем).

После окончания ввода всех данных нажатие клавиши PGDOWN дает команду на решение задачи.

Результаты могут выводиться на принтер, либо на экран.

Для рассматриваемого примера получено следующее решение:

Поставщик	Потребитель	Объем	цена
2	1	2	10
3	3	2	0
4	3	80	0
1	1	3	12
2	3	2	14
1	2	3	7

Стоимость оптимального варианта (функционал) составила 105 единиц ($2 \cdot 10 + 3 \cdot 12 + 2 \cdot 14 + 3 \cdot 7 = 105$), что меньше, чем полученная для матрицы *P*. При этом видим, что в клетке 3,3' матрицы (с наибольшим нарушением оптимальности) предусмотрена поставка.

На основании полученных результатов расчета строится схема оптимального распределения земляных масс, на которой указываются объемы и направления перемещения грунта. Проектируется календарный график производства земляных работ на участке (см. рис. I). При этом нужно соблюдать технологические ограничения: например, на одном массиве не могут работать одновременно экскаваторные и скреперные комплекты. Более подробно вопрос о проектировании календарного графика будет рассмотрен во 2-й части методических указаний.

3. СПОСОБЫ РАЗРАБОТКИ ГРУНТОВ. ПРИМЕНЕНИЕ СРЕДСТВ МЕХАНИЗАЦИИ

Работы по сооружению земляного полотна выполняются, как правило, специализированными подразделениями - механизированными колоннами, оснащенными машинами для выполнения всех видов работ: подготовительных, основных и укрепительных. Другими словами, все земляные работы осуществляются с применением средств комплексной механизации. Комплекты машин подбираются с учетом обеспечения наибольшей производительности ведущей машины при минимальной трудоемкости и стоимости работ. В качестве ведущих землеройных и землеройно-транспортных машин при выполнении основных видов земляных работ применяются различные экскаваторы с ковшами разной емкости (0,65-2,5 м³), роторные экскаваторы производительностью 300-400 м³/ч, скреперы самоходные и прицепные (с ковшами емкостью 6-15 м³), бульдозеры мощностью 100—400 кВт, грейдер-элеваторы производительностью 800 м³/ч и более.

Выбор рациональных средств механизации и способов разработки грунта зависит:

- от технологической возможности применения тех или иных машин в конкретных условиях строительства (ландшафт, рельеф местности, климат и т.д.);
- конструкции земляного полотна, вида и состояния слагающих его грунтов и грунтов основания, а также трудности их разработки;

- в) сроков окончания сооружения земляного полотна и других организационных условий;
- г) проектируемых схем распределения земляных масс.

Основой для выбора ведущей землеройно-транспортной машины являются такие проектные данные, как рабочие отметки земляного полотна, объемы земляных работ, средняя дальность возки грунта по отдельным участкам, которые должны быть установлены расчетом до выбора ведущих машин. Помимо ведущих машин, в состав комплектов входят вспомогательные машины и механизмы, предназначенные для рыхления, транспортирования, разравнивания и уплотнения грунтов, содержания временных построечных (землевозных) дорог, освещения объектов и электропитания механизмов, инструментов и т.д. Эти машины и механизмы, включенные в состав комплектов, должны обеспечивать бесперебойную работу ведущих машин по возведению земляного полотна при высоком качестве производства работ.

Область рационального применения различных типов машин для возведения железнодорожного земляного полотна, а также способы производства работ устанавливаются рядом нормативных документов [2]-[4] и излагаются в литературе [5], [6].

Для курсового и дипломного проектирования ниже приводятся краткие рекомендации по выбору средств механизации и способов разработки грунтов.

ЗЕМЛЕРОЙНЫЕ МАШИНЫ

В качестве землеройных машин широкое применение для выполнения земляных работ находят экскаваторы - одноковшовые и многоковшовые.

Одноковшовые экскаваторы

Одноковшовые экскаваторы в железнодорожном строительстве нашли наибольшее применение при сооружении земляного полотна благодаря их высокой производительности и способности разрабатывать различные виды грунтов I-IV групп по трудности их разработки. Выбор экскаваторов зависит от объема земляных работ на конкретном участке трассы или в карьере. Поэтому, разрабатывая проект, следует начинать с определения необходимой геометрической емкости ковша экскаватора как ведущей машины комплекта для работы на том или ином объекте, руководствуясь нормативными данными (прил. 1, табл.1)¹. Зная геометрическую емкость ковша, нетрудно определить марку экскаватора на основании известных технических характеристик (табл. 2). Одновременно должен быть решен вопрос о целесообразном типе рабочего оборудования.

Рабочее оборудование для одноковшовых экскаваторов

Прямые лопаты. В практике железнодорожного строительства экскаваторы-прямые лопаты чаще всего применяются при разработке выемок и карьеров с погрузкой грунта в транспортные средства

Драглайны. Они широко применяются при разработке выемок и отсыпке насыпей го резервов, а также при работе в карьерах. Удлиненная стрела и гибкая подвеска ковша драглайна нередко позволяют ему при работе на трассе обходиться без транспортных средств (например, при разработке выемки в кавальер, сооружении насыпи из резерва) при сравнительно .небольших рабочих отметках земляного полотна. Драглайны, снабженные сменным навесным оборудованием (двухотвальный скребок, агрегат травосеяния и др.), широко применяются для планировки и укрепления откосов насыпей и выемок.

Обратные лопаты. Экскаваторы-обратные лопаты с ковшами емкостью 0,35...0,65 м³ применяются главным образом для устройства водоотводных канав, дренажей, разработки и погрузки грунта в притрассовых карьерах. Эти экскаваторы с ковшами большей емкости и гидравлическим приводом могут применяться и для разработки выемок.

Как известно, условия применения экскаваторов типа прямая и обратная лопата для разработки выемок определяются также и рабочими отметками земляного полотна на участках производства работ, так как от них зависит наполняемость ковша экскаватора (табл. 3, 4).

Из данных этих таблиц следует, что если рабочие отметки проходок менее указанных значений, то использование экскаваторов-прямая и обратная лопата нецелесообразно. В подобных случаях следует ориентироваться на разработку грунта драглайнами либо землеройно-транспортными машинами. Основные параметры при разработке выемок драглайнами приведены в табл. 2, а в табл. 5 показаны условия, при которых наиболее целесообразно применение драглайнов при возведении насыпей из резервов.

При работе одноковшовых экскаваторов с погрузкой грунта в транспортные средства в практике строительства широко используются автосамосвалы. При их выборе необходимо учитывать технологические параметры самосвала (высоту борта кузова и его размеры, которые должны соответствовать параметрам экскаватора, а также вместимость кузова самосвала, позволяющую обеспечивать погрузку не менее трех ковшей грунта (обычно 3-6 ковшей). Грузоподъемность самосвалов в тоннах определяется в зависимости от геометрической емкости ковша экскаватора и расстояния транспортирования грунта (табл. 6). Необходимое количество самосвалов для работы с экскаватором определяется расчетом либо может приниматься на основании данных, указанных в табл. 7. Параметры автосамосвалов приведены в табл. 8.

Составы типовых экскаваторных комплектов и их технико-экономические показатели представлены в

Технических указаниях по технологии сооружения железнодорожного земляного полотна [4] и рекомендованы для использования при составлении проектов производства работ.

Многоковшовые экскаваторы

Роторные многоковшовые экскаваторы - перспективные землеройные машины, применяемые для разработки выемок и карьеров при больших объемах работ (более 50 тыс. м³). Оптимальные условия для применения таких экскаваторов создаются при разработке грунтов I-III групп с перемещением и укладкой их в насыпь автосамосвалами. Выбор последних зависит от типа роторного экскаватора и его производительности (табл. 9). Как известно, разработка грунта в забое роторным экскаватором производится многорядными вертикальными, либо горизонтальными стружками, реже комбинированным способом. При этом оптимальные значения высоты вертикальных стружек и ширины ленты грунта, срезаемого горизонтальной стружкой, принимаются равными 2/3 диаметра ротора. Основные параметры роторных экскаваторов приведены в табл. 10. Для сооружения водоотводных канав и кюветов в железнодорожном строительстве широко применяются многоковшовые экскаваторы продольного копания, основные параметры которых приведены в табл. 11.

ЗЕМЛЕРОЙНО-ТРАНСПОРТНЫЕ МАШИНЫ

К землеройно-транспортным машинам относятся различные погрузчики, скреперы, бульдозеры, грейдер-элеваторы.

Одноковшовые погрузчики

Одноковшовые погрузчики благодаря мобильности, маневренности, высокой скорости передвижения в настоящее время находят все более широкое применение в железнодорожном строительстве при разработке выемок и карьеров. Для сооружения выемок могут применяться погрузчики на пневмоколесном или гусеничном ходу с передней (фронтальной) или боковой разгрузкой. С наибольшей производительностью они разрабатывают выемки глубиной 1...3 м в грунтах I-II групп. Погрузчики, как правило, работают вместе с автосамосвалами, хотя могут и самостоятельно транспортировать грунт на небольшие расстояния, что однако приводит к резкому снижению их производительности.

Наиболее распространенные типы отечественных погрузчиков и их параметры даны в табл. 12. Особенно эффективны при разработке выемок пневмоколесные погрузчики, так как они могут легко и быстро перемещаться с одного объекта на другой вдоль трассы, практически не вызывая удорожания работ. Как показывает практика, хорошие результаты дает работа погрузчиков совместно с бульдозерами, которые предварительно сдвигают разрабатываемый грунт в бунты (кучи), затем производится погрузка его в транспортные средства.

Скреперы прицепные и самоходные могут успешно применяться для сооружения насыпей и выемок в некаменных грунтах I-II групп. Сухие и плотные грунты предварительно разрыхляются механическими рыхлителями. Для разработки переувлажненных глинистых грунтов (при $W > W_p + 0,25 W_p$) и сыпучих песков использование скреперов нецелесообразно. При поперечном способе разработки грунта (возведении насыпей из резервов, сооружении выемок с перемещением грунта в кавальеры) рекомендуется применять скреперы при рабочих отметках земляного полотна до 6 м. При продольном способе разработки грунта, сооружении выемок и разработке карьеров с транспортированием грунта в насыпи скреперы можно применять при любых рабочих отметках. Выбор рационального типа скрепера производится в зависимости от объемов земляных работ на объекте и дальности возки грунта (табл. 13). Сначала по табл. 13 находят целесообразную емкость ковша скрепера, а затем, пользуясь данными табл. 14 (1) и 14 (2), - марку и необходимые параметры скрепера для конкретного участка производства работ. Технологический процесс возведения насыпей скреперами включает в себя разработку грунта в резерве, карьере или выемке, транспортирование и укладку его в насыпь, разравнивание бульдозером и послойное уплотнение катком или грунтоуплотняющей машиной до установленной проектом нормы. Коэффициент наполнения ковша существенно возрастает при увеличении толщины стружки, что возможно при подталкивании скреперов специальными тракторами-толкачами во время набора грунта. Поэтому нормы [4] требуют, чтобы при производстве скреперных работ толкачи обязательно применялись при наборе грунта независимо от трудности его разработки. При этом самоходные и прицепные скреперы с ковшом емкостью до 15 м подталкиваются гусеничными тракторами мощностью не менее 100...150 кВт.

Максимальное количество скреперов, обслуживаемых одним толкачом, может определяться расчетом либо приниматься по табл. 15 в зависимости от типа скрепера, вместимости его ковша и дальности возки грунта.

Для возведения насыпей из резервов устраиваются въезды и съезды, оптимальные расстояния между которыми даны в табл. 2.3: Здесь же приведены значения средней дальности транспортирования грунта при поперечном способе его разработки в зависимости от высоты возводимой насыпи. Ширину проезжей части въездов и съездов принимают не менее 4,5 м, а ширину площадки для разворота скрепера на обратный ход не менее;

14м- при емкости ковша до 8 м³,

15м- при емкости ковша 9-10 м³,

21м- при емкости ковша свыше 10 м³.

Бульдозеры являются универсальными землеройно-транспортными машинами, которые находят широкое применение как при производстве подготовительных работ (расчистке полосы отвода, срезке растительного слоя грунта, нарезке уступов и т.д.), так и непосредственно при сооружении насыпей и разработке выемок. Наиболее эффективно применение бульдозеров для разработки грунтов I-III групп при рабочих отметках земляного полотна не более 1Д.2 м и дальности перемещения грунта 100...150 м. Превышение этого расстояния ведет к резкому падению производительности бульдозера из-за больших потерь грунта в процессе его транспортирования. Основными способами разработки грунта бульдозерами при сооружении земляного полотна являются продольный (из выемки в соседнюю насыпь) и поперечный (из резерва в насыпь, из выемки в кавальер). Выбор типа бульдозера для разработки грунта на участке трассы определяется главным образом трудностью разработки грунта и рабочими отметками земляного полотна.

Основные сведения о бульдозерах и бульдозерах-рыхлителях приведены в табл. 16 и 17.

Грейдер-элеваторы можно применять при равнинном рельефе местности для разработки грунтов I-III групп, если фронт работ составляет не менее 500-2000 м. Рабочие отметки выемок и насыпей, возводимых грейдер-элеваторами непосредственно из резервов, обычно не превышают 0,8-1,2 м для прицепных и 3 м для самоходных грейдер-элеваторов. При погрузке грунта на транспортные средства грейдер-элеваторы могут разрабатывать верхнюю часть выемок до уровня, на котором ширина по дну разработки будет составлять не менее 15-20 м, а также возводить насыпи высотой до 6 м из резервов с устройством въездов и съездов через 100-150 м. Основные параметры грейдер-элеваторов приведены в табл. 18. Следует иметь в виду, что плотные глинистые грунты с влажностью менее границы раскатывания рекомендуются предварительно разрыхлять, используя бульдозеры-рыхлители (табл. 17). Грейдер-элеваторы нецелесообразно применять в условиях сильнопересеченного и холмистого рельефа местности, а также для разработки сыпучих песков, переувлажненных глинистых грунтов (при $W > W_p + 0,25 W_p$) и грунтов, содержащих большие камни и валуны.

ПРИМЕНЕНИЕ СРЕДСТВ ГИДРОМЕХАНИЗАЦИИ

Средства гидромеханизации земляных работ с большой эффективностью могут быть применены:

- 1) при необходимости выполнения большого объема (свыше 80-100 тыс. м³) сосредоточенных земляных работ (например, на подходах к большим и средним мостам, при разработке глубоких выемок и т.п.);
- 2) наличии на участке производства работ крупных источников воды и электроэнергии;
- 3) наличии грунтов, пригодных для разработки их средствами гидромеханизации и намыва железнодорожных насыпей.

Основные способы и средства гидромеханизации земляных работ в железнодорожном строительстве достаточно полно освещены в литературе [5], [7].

ВЗРЫВНОЙ МЕТОД

Взрывной метод разработки применяется главным образом при сооружении земляного полотна в скальных и мерзлых грунтах, в том числе и в районах вечной мерзлоты. Выбор способа производства взрывных работ определяется конструктивными особенностями земляного полотна, рабочими отметками, характером рельефа местности и особенностями напластования горных пород, а также рядом других факторов. Основные сведения по технологии производства и средствам механизации взрывных работ приведены в нормативной [3], [4] и учебной [5], [8] литературе.

Таким образом, рассмотренные выше общие соображения по выбору средств механизации и способов разработки грунтов при сооружении земляного полотна показывают, что для успешного решения этой задачи необходимо представлять, насколько рационально могут быть использованы те или иные машины в различных условиях их работы на трассе. Кроме того, при разработке проекта производства земляных работ полезными могут оказаться следующие рекомендации.

1. Стоимость земляных работ, выполняемых бульдозером в легких и малосвязных грунтах, может быть ниже стоимости скреперных работ при рабочих отметках земляного полотна до 1,2 м, а в глинистых и тяжелых грунтах - до 0,8-1,0 м. При этом, как отмечалось ранее, дальность перемещения грунта бульдозером не должна превышать 100-150 м.

2. Отсыпка грунта в насыпь скреперами при транспортировании грунта на расстояние до 1,5 км более экономична, чем его перевозка в автосамосвалах, загружаемых экскаваторами.

3. Применение землевозных тракторных прицепов вместо автосамосвалов целесообразно при перевозке грунта на расстояние до 1 км, так как затраты на их работу оказываются в этом случае в 2-3 раза ниже стоимости работы автосамосвалов.

4. Наименьшая стоимость возведения земляного полотна достигается при разработке грунта из боковых резервов в насыпь грейдер-элеватором, когда имеется большой фронт работ (0,5-2 км), при рабочих отметках до 1,2 м, мало изменяющихся по длине рабочего участка.

При сооружении земляного полотна в ряде случаев может быть организована совместная работа различных ведущих землеройно-транспортных машин:

а) при высоте насыпи более 1,5-2 м возможна совместная работа бульдозера и скрепера: бульдозер отсыпает земляное полотно на всю ширину до высоты 1,5-2 м, а дальнейшую досыпку осуществляет скрепер;

б) в глубоких выемках растительный и верхний слой грунта целесообразно разрабатывать бульдозерами или скреперами, а оставшийся массив - экскаваторами.

Выбор того или иного способа производства работ во многом определяется принятой схемой распределения земляных масс, сроками окончания сооружения земляного полотна и другими организационными условиями.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Глушков В.М. Основы безбумажной информатики. - М.: Наука, 1987.-544 с.
2. СНиП 32-01-95. Железные дороги колеи 1520 мм. - М., 1995. - С. 3-10.
3. Пособие по технологии сооружения земляного полотна железных дорог (в развитие СНиП 3.06.02-86). - М., 1987.
4. Технические указания по технологии сооружения железнодорожного земляного полотна. ВСН 186-75. - М., 1975. - 360 с.
5. Железнодорожное строительство. Технология и механизация /Под ред. С.П.Першина.-М.: Транспорт, 1991. -399с.
6. Земляные работы: Справочник строителя / Под ред. А.В.Гриншуна. ~М: Транспорт, 1992.-351 с.
7. В.И.Глевицкий. Гидромеханизация в транспортном строительстве: Справочное пособие. -М.: Транспорт, 1988. - 271 с.
8. Эстеров Я.Х. и др. Буровзрывные работы на транспортном строительстве / Я.Х.Эстеров, Е.Ю.Бродов, М.И.Иванов. - М.: Транспорт, 1983. -328с.

Содержание

ВВЕДЕНИЕ.....	3
1. ЗАДАНИЕ НА КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ	4
2. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЗЕМЛЯНЫХ МАСС.....	7
3. СПОСОБЫ РАЗРАБОТКИ ГРУНТОВ. ПРИМЕНЕНИЕ СРЕДСТВ МЕХАНИЗАЦИИ.....	18
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	25
ПРИЛОЖЕНИЕ1	26
ПРИЛОЖЕНИЕ 2.....	34
ПРИЛОЖЕНИЕ 3....	37

Редактор *Г.Н.Кириллова*
Технический редактор *М.С.Савастеева*
Компьютерная верстка *С.И.Киселева*
План 1997 г., №226

Лицензия ЛР 020974 от 28.03.95 г.

Подписано в печать с оригинала-макета 09.02.00. Формат 60х84 1/16. Бумага для множ. апп. Печать офсетная.
Усл. печ. л. 3,25. У ч.-изд. л. 3,25. Тираж 300. Заказ 146 Цена 36 р.
Петербургский государственный университет путей сообщения. 190031, СПб., Московский пр., 9.
Типография ПГУПС. 190031, СПб., Московский пр., 9.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Технические характеристики

Таблица 1

Геометрическая емкость ковша экскаватора, м ³	Наименьший целесообразный объем грунта на объекте, тыс. м ³
0,65–0,8	20
1,0–1,25	20–60
1,25–1,6	60–80
1,6–2,5	80–100

Таблица 2

Технические характеристики одноковшовых экскаваторов	Марки экскаваторов				
	ГЭ-3М	ЭО-4111Б (Э-652Б) ЭО-4321А	ЭО-4121А ЭО-5111Д (Э-10011Б)	ЭО-6112Б (Э-1252Б) ЭО-6112БС	ЭО-7111 (Э-2505)
1	2	3	4	5	6
Мощность двигателя, кВт	38	55	81	101	234
Преодолеваемый подъем, град	15	22	20	20	20
Радиус, описываемый хвостовой частью, м	2,8	2,9	3,5	3,6	5,0
Масса, т	20	21,2	36	42	94
Продолжительность рабочего цикла, с	15	16	16–20	20–24	22–29

Рабочее оборудование ПРЯМАЯ ЛОПАТА

Емкость ковша, м ³	0,5	0,65	1,0	1,25	2,5
Наименьший радиус копания, м	3	2,8	4,8	3,3	4,3
Наибольший радиус копания, м	7,2	7,8	9,2	9,9	12,0
Наибольшая высота копания, м	4,0	7,9	8,2	9,3	10,0
Наибольший радиус выгрузки, м	6,6	7,2	8,3	8,9	10,8
Высота выгрузки при наибольшем радиусе	–	2,7	2,5	3,4	4,1
Наибольшая высота выгрузки, м	3,6	5,6	6,0	6,6	7,0
Радиус выгрузки при наибольшей высоте выгрузки	–	5,4	7,4	3,6	10,2

Продолжение табл. 2

1	2	3	4	5	6
Рабочее оборудование ОБРАТНАЯ ЛОПАТА					
Емкость ковша, м ³	0,65	0,65	1,0	1,4	—
Наибольшая глубина копания, м	5,1	5,8	6,9	7,3	—
Начальный радиус копания, м	4,1	3,8	—	5,7	—
Конечный радиус копания, м	6,8	8,1	7,8	10,3	—
Начальная высота выгрузки, м	3,3	2,3	—	3,3	—
Наибольшая высота выгрузки, м	5,4	6,1	4,2	7,3	—
Наибольший радиус копания, м	9,0	9,2	10,5	11,6	—
Радиус выгрузки при ее наибольшей высоте, м	6,8	8,1	7,8	10,3	—
Рабочее оборудование ДРАГЛАЙН					
Емкость ковша, м ³	0,5	0,8	1,0	1,5	2,5
Длина стрелы, м	13,0	13,0	15,0	12,5	5,0
Наибольшая высота выгрузки, м	5,0	8,0	8,4	6,5	5,9
Наибольший радиус выгрузки, м	13,0	12,5	14,4	12,4	23,8
Наибольший радиус копания, м	14,5	14,3	16,0	14,3	27,4
Наибольшая глубина копания, м	7,6	10,0	12,0	9,5	20,5
Радиус выгрузки при наибольшей ее высоте, м	11,1	12,0	13,5	13,9	19,3

Таблица 3

Вместимость ковша, м ³	Наименьшая высота забоя, обеспечивающая наполнение ковша для экскаваторов—прямая лопата для групп грунта		
	I—II	III	IV
0,4—0,5	1,5	2,5	3,5
0,65—0,8	2,5	4,5	5,5
1,0—1,25	3,0	4,5	6,0
1,6—2,5	3,0	4,5	6,0

Таблица 4

Вместимость ковша, м ³	Наименьшая глубина забоя, м, при разработке экскаватором-обратная лопата грунтов		Наименьшая ширина торцевого забоя, м
	связных	несвязных	
0,25	1,0	1,5	1,0
0,4-0,5	1,2	1,8	1,0
0,65-0,8	1,5	2,0	1,3
1,0-1,25	1,7	2,3	1,5

Таблица 5

Тип экскаватора — драглайна	Расположение резерва	Длина стрелы, м	Угол наклона стрелы, град	Наибольшая высота возводимой однопутной насыпи при глубине резерва, м				
				0,5	0,75	1,0	1,25	1,5
ЭО-4111Б	Одностороннее	10	30	0,76	1,01	1,23	1,3	1,37
		13	45	0,9	1,15	1,35	1,5	1,63
	Двухстороннее	10	30	1,42	1,8	2,1	2,33	2,5
		13	45	1,66	2,09	2,43	2,7	2,94
ЭО-5111Д (ЭО-10011Б)	Одностороннее	12,5	30	1,03	1,33	1,54	1,73	1,93
		15	45	1,09	1,42	1,65	1,84	2,03
	Двухстороннее	12,5	30	1,86	2,36	2,77	3,08	3,37
		15	45	1,93	2,46	2,88	3,3	3,54
ЭО-6112БС	Одностороннее	13	30	1,07	1,38	1,6	1,8	2,0
		16	45	1,16	1,5	1,76	1,96	2,16
	Двухстороннее	13	30	1,93	2,45	2,87	3,2	3,5
		16	45	2,06	2,63	3,08	3,51	3,77

Таблица 6

Расстояние транспортирования, км	Потребная грузоподъемность, т, самосвалов при геометрической емкости ковша экскаватора, м ³					
	0,4	0,65	1,0	1,25	1,6	2,5
0,5	3,5	4,5	7,0	7,0	10,0	—
1,0	7,0	7,0	10,0	10,0	10,0	11,0
2,0	7,0	10,0	10,0	10,0	25,0	25,0
3,0	7,0	10,0	10,0	10,0	25,0	27,0
4,0	10,0	10,0	10,0	25,0	25,0	27,0
5,0	10,0	10,0	10,0	25,0	25,0	27,0

Таблица 7

Расстояние транспортирования, км	Ориентировочное число самосвалов для одного одноковшового экскаватора при грузоподъемности самосвала, т			
	0,65	1,25	1,6-2,5	4,6
0,5	3	4	5	3
1,0	4	5	7	5
1,5	5	5	8	6
2,0	6	6	9	7
3,0	7	8	10	9
5,0	10	11	12	13

Таблица 8

Технические характеристики автосамосвалов	Марки самосвалов						
	ЗИЛ-555	МАЗ-205	МАЗ-503Б	КрАЗ-256Б	МАЗ-525	БелАЗ-540	МАЗ-530
Грузоподъемность, т	4,5	6,0	7,0	11,0	25,0	27,0	27,0
Вместимость кузова, м³	3,1	3,6	4,5	6,5	14,3	15,3	22,0
Максимальная скорость, м/с	22,2	14,4	16,7	18,1	8,3	14,7	11,9
База, м	3,3	3,8	3,2	4,78	3,55	3,55	4,9
Погрузочная высота, м	2,0	2,1	2,15	2,64	3,3	3,3	3,5
Радиус поворота, м	7,8	9,0	7,0	11,2	13,8	13,8	14,0
Масса самосвала, т	4,57	6,6	6,75	11,41	24,38	21,0	38,4

Таблица 9

Тип роторного экскаватора	Условия применения роторных экскаваторов			
	Техническая производительность экскаватора, м³/ч	Грузоподъемность автосамосвалов, т	Высота забоя не менее, м	Объем работ на объекте, тыс. м³
ЭР-25	250	9-10	1,5	20
ЭР-50	450	10-20	2	40-50
ЭР-100	600	20-25	3	80-100

Таблица 10

Технические характеристики роторных экскаваторов	Марки экскаваторов		
	ЭР-25	ЭР-50	ЭР-100
1	2	3	4
Емкость ковша, л	25	50	100
Количество ковшей	7	8	9
Диаметр ротора, м	2,1	3	3,9
Высота копания, м	5	6	7
Глубина копания, м	2	3	3,5

Продолжение табл. 10

1	2	3	4
Радиус разгрузки отвального транспортера, м	10,3	13	15,5
Наибольшая высота разгрузки, м	4,6	5	6,4
Мощность двигателя, кВт	58	78	125
Масса машины, т	23,5	35	75
Среднее удельное давление на грунт, МПа	0,08	0,085	0,11

Таблица 11

Технические характеристики роторных экскаваторов продольного копания	Марки экскаваторов							
	ЭТР-134А	ЭТР-204	ЭТР-223	ЭТР-224	ЭТР-253А	ЭТЦ-252	ЭТЦ-165А	ЭТЦ-208В
Глубина копания, м	1,3	2	2,2	2,2	2,5	2,5		1,0
Ширина копания, м	0,28	1,2	1,5	0,75	2,1	0,8	0,14	0,6
Мощность двигателя, кВт	81	117	117	117	220	81	36	117
Техническая производительность, м³/ч:								
мерзлые грунты	145	650	650	500	1200	220	150	150
немерзлые грунты	18	200	200	175	300	50	20	115
Глубина рыхления мерзлого слоя, м	без оgran.	1	1	1	1,5	до 1,2	до 0,7	без оgran.
Масса экскаватора, т	18,3	31	38	31,5	61,8	18,6	6,25	24,2

Таблица 12

Технические характеристики одноковшовых погрузчиков	Марки погрузчиков				
	Д-442	Д-691	Д-653	Д-543	Д-538
Грузоподъемность, т	1,5	3,0	4,0	5,0	2,6
Ширина ковша, м	2,2	2,34	2,9	3,03	2,5
Наибольшая высота выгрузки, м	2,7	2,44	3,08	3,07	2,6
Вылет при наибольшей высоте выгрузки, м	0,36	0,94	1,11	0,49	1,14
Угол запрокидывания ковша, град:					
в нижнем положении	35	40	40	49	36
в верхнем положении	41	44	45	53	49
Наибольший угол разгрузки в верхнем положении, град.	45	50	50	58	50
Среднее время цикла, с, с погрузкой на транспорт с перемещением до 40 м	55	50	60	60	50

Таблица 13

Тип скрепера	Емкость ковша, м ³	Объем работ на объекте, тыс. м ³	Рациональная дальность возки, м
Прицепной	3-4,5	5-15	100-350
	6-8	15-40	150-500
	10-15	40-80	500-1500
Самоходный, полуприцепной	8	30	50-1500
	9	30-40	750-2000
	10	50-80	750-2500
	15	60-90	1000-3000
	25	более 90	2000-5000

Таблица 14(1)

Технические характеристики самоходных (полуприцепных скреперов)	Марки скреперов			
	ДЗ-11	ДЗ-155*	ДЗ-13А	ДЗ-107
Емкость ковша (геометрическая), м ³	8,0	15,0	15,0	25,0
Базовый тягач	МАЗ	БелАЗ-531	БелАЗ-531	—
Мощность двигателя, кВт	168	2-265	265	810
Ширина захвата, м	2,72	3,0	2,82	3,3
Максимальная глубина резания, м	0,3	0,35	0,35	0,4
Максимальная скорость движения, км/ч	45	50	45	50
Габариты, м				
	длина	10,4	13,9	12,8
	ширина	3,2	3,6	3,4
Масса, т	19	44,3	34,8	71,7
Наибольшая толщина слоя отсыпки, м	0,48	0,5	0,5	0,6

Примечание.

* — с элеваторной загрузкой; ** — скорости движения можно принимать: груженого скрепера — 0,5...0,7, порожнего — 0,75...0,85; при разгрузке скрепера — 0,7 от приведенной в таблице максимальной скорости; скорость скрепера при наборе — 1,5...2 км/ч.

Таблица 14(2)

Технические характеристики прицепных скреперов	Марки прицепных скреперов				
	ДЗ-57	ДЗ-12	ДЗ-204	ДЗ-46*	ДЗ-23
1	2	3	4	5	6
Емкость ковша (геометрическая), м ³	4,5	8,0	7,0	10,0	15,0
Базовый тягач	T-411	T-100M	T-130	T-100MГП	ДЭТ-250
Мощность двигателя, кВт	78	78	118	78	234
Ширина захвата ковша, м	2,1	2,6	2,65	2,65	2,85
Максимальная глубина резания, м	0,2	0,32	0,3	0,2	0,35
Максимальная скорость движения, км/ч	9,7	6,4	6,45	6,4	7,3

Продолжение табл. 14(2)

1	2	3	4	5	6
Габариты, м					
длина	11,6	12,8	13,0	13,9	17,7
ширина	3,0	3,1	3,14	3,16	3,4
Масса, т	12,6	17,8	18,1	2,9	41,5
Наибольшая толщина слоя отсыпки, м	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5

Примечание.

* — с элеваторной загрузкой; ** — скорости движения можно принимать: груженого скрепера — 0,5...0,7, порожнего — 0,75...0,85; при разгрузке скрепера — 0,7 от приведенной в таблице максимальной скорости; скорость скрепера при наборе — 1,5...2 км/ч.

Таблица 15

Дальность перемещения грунта, м	Количество скреперов, обслуживаемых одним толкачом		
	прицепных с ковшом емкостью 8–15 м ³	самоходных с ковшом емкостью, м ³	
		8–10	15
100	2	—	—
300	3	3	2
500	4–5	4	2
1000	5–6	6	3
2000	—	11	6
3000	—	16	9

Таблица 16

Технические характеристики бульдозеров	Марки бульдозеров				
	ДЗ-42	ДЗ-17	ДЗ-54А	ДЗ-27	ДЗ-34С
Базовая машина	ДТ-75	Т-100М	Т-180	Т-130	ДЭТ-250
Мощность двигателя, кВт	58	78	140	118	228
Размеры отвала, м					
длина	25,2	3,94	3,2	3,2	4,5
высота	0,8	1,1	1,2	1,3	1,55
Масса, т	7	14	13,8	15,7	31,4

Таблица 17

Технические характеристики бульдозеров-рыхлителей	Марки рыхлителей				
	ДЗ-116В	ДЗ-126	ДЗ-129ХЛ	ДЗ-113	ДЗ-141ХЛ
Базовая машина	Т-130МГ	ДЭТ-250	Т-330	колесное спецшасси	Т-500
Мощность двигателя, кВт	117,8	228	243	405	368
Длина отвала, м	3,33	4,31	4,86	4,98	4,8
Число зубьев рыхлителя	1	3	1	3	1
Глубина рыхления, м	0,45	0,7	1,4	0,7	1,37
Масса, т	17,8	40,7	54,3	63,5	58,4

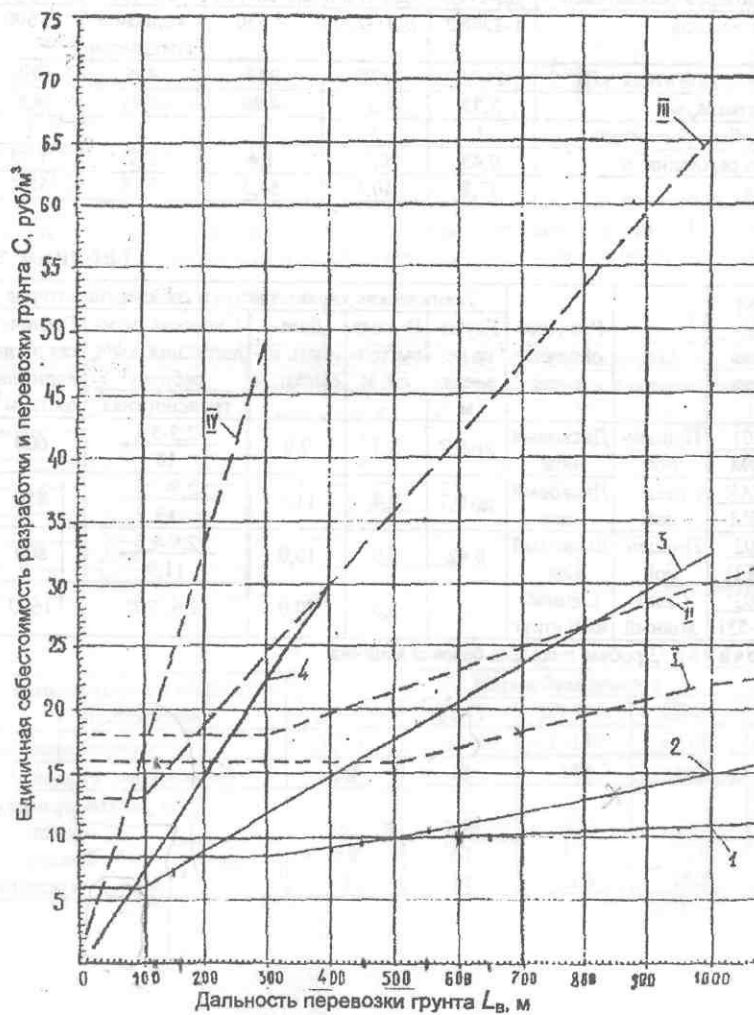
Таблица 18

Марки машин	Тип	Режущее оборудо- вание	Технические характеристики грейдер-элеваторов				
			Глуби- на ре- зания, м	Высота выгруз- ки, м	Даль- ность от- сыпки, м	Скорость пере- движения, км/ч, <u>рабочая</u> <u>транспортная</u>	Техничес- кая произ- водитель- ность, м ³ /ч
ДЗ-501 Т-100М	Прицеп- ной	Дисковый нож	до 0,7	3,4	9,0	<u>2,3-3,8</u> 10	600
Д-437АК Т-100М	Прицеп- ной	Дисковый нож	до 0,7	3,4	11,5	<u>2,9-3,6</u> 13	850
ДЗ-502 Т-180ГП	Прицеп- ной	Дисковый нож	0,42	4,0	15,0	<u>2,9-4,6</u> 11,9	800
ДЗ-503 БелАЗ-531	Само- ходный	Одноос- ный струг	—	5,6	20,0	2,6-5,7	1600

Примечание. Дробью показана базовая машина.

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

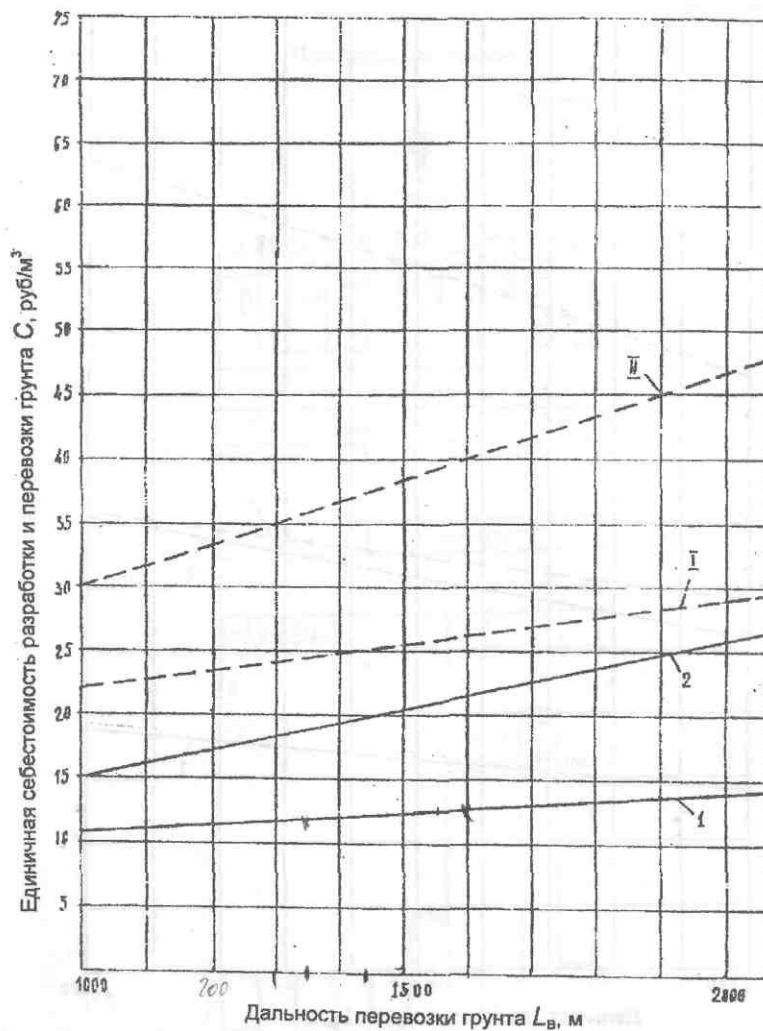
Графики единичной стоимости



Условные обозначения.

Средства механизации:

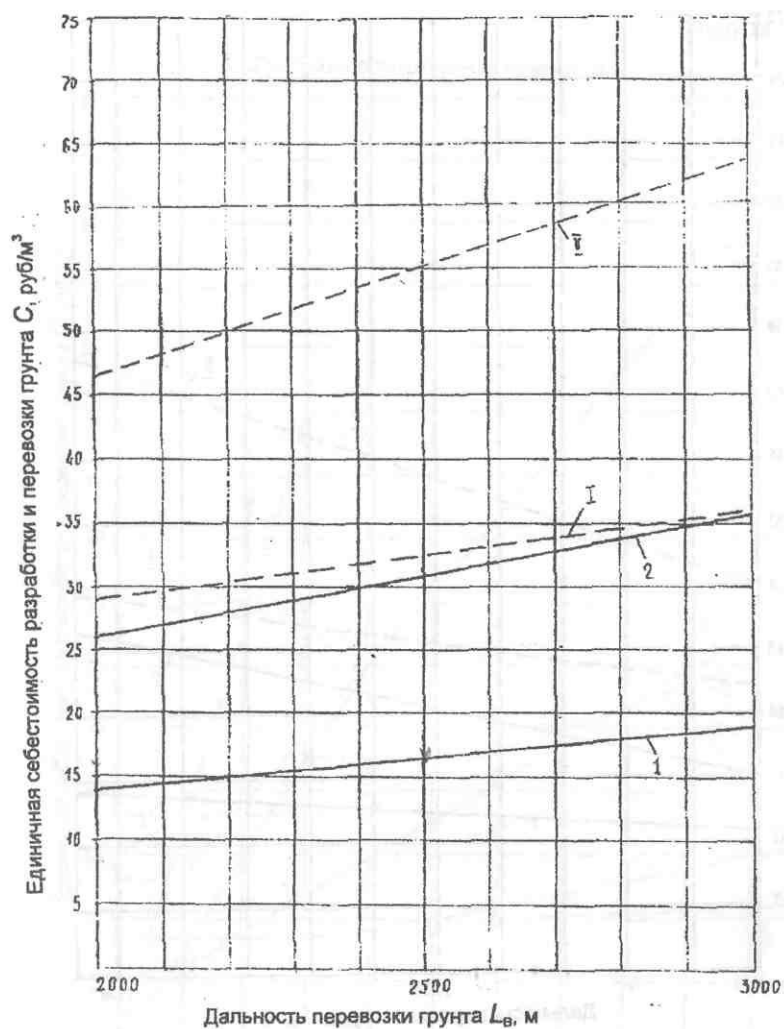
— при продольной возке грунта: 1 — экскаватор Э-1252 ($q = 1,6 \text{ м}^3$), а/с МАЗ-503Б ($Q = 7 \text{ тс}$); 2 — скрепер самоходный ДЗ-13А ($Q = 15 \text{ м}^3$); 3 — скрепер прицепной ДЗ-79А ($Q = 15 \text{ м}^3$); 4 — бульдозер ДЗ-350 ($N = 180 \text{ л.с.}$);
 ----- при поперечной возке грунта: I, II, III, IV (те же средства механизации, что и при продольной)



Условные обозначения.

Средства механизации:

— при продольной возке грунта: 1 — экскаватор Э-1252 ($q = 1,6 \text{ м}^3$), а/с МАЗ-503Б ($Q = 7 \text{ тс}$); 2 — скрепер самоходный ДЗ-13А ($Q = 15 \text{ м}^3$); 3 — скрепер прицепной ДЗ-79А ($Q = 15 \text{ м}^3$); 4 — бульдозер ДЗ-350 ($N = 180 \text{ л.с.}$);
 — при поперечной возке грунта: I, II, III, IV (те же средства механизации, что и при продольной)



Условные обозначения.

Средства механизации:

— при продольной возке грунта: 1 — экскаватор Э-1252 ($q = 1,6 \text{ м}^3$),
 а/с МАЗ-503Б ($Q = 7 \text{ тс}$); 2 — скрепер самоходный ДЗ-13А ($Q = 15 \text{ м}^3$); 3 — скрепер при-
 цепной ДЗ-79А ($Q = 15 \text{ м}^3$); 4 — бульдозер ДЗ-350 ($N = 180 \text{ л.с.}$);
 — при поперечной возке грунта: I, II, III, IV (те же средства механизации, что
 и при продольной)

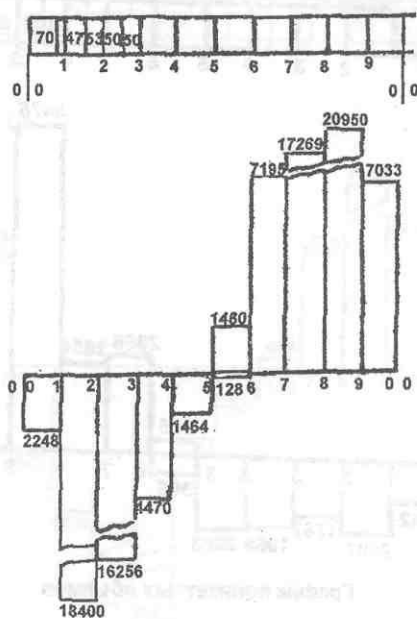


График попутных объемов

Профиль N 2

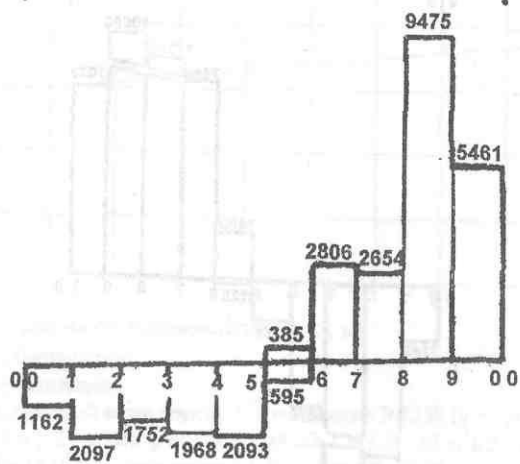
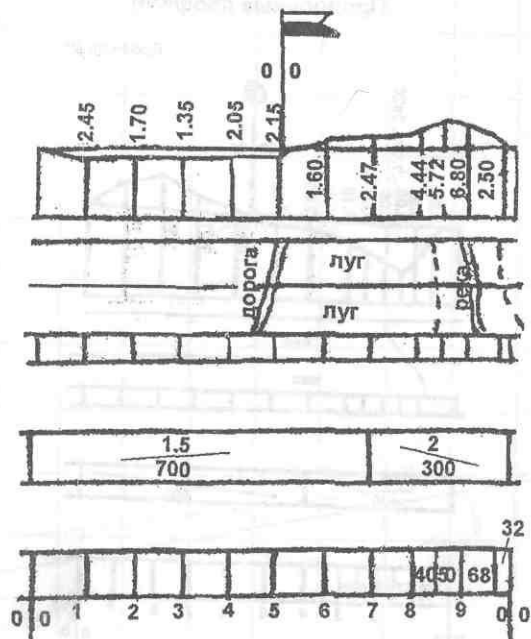


График покикетных объемов

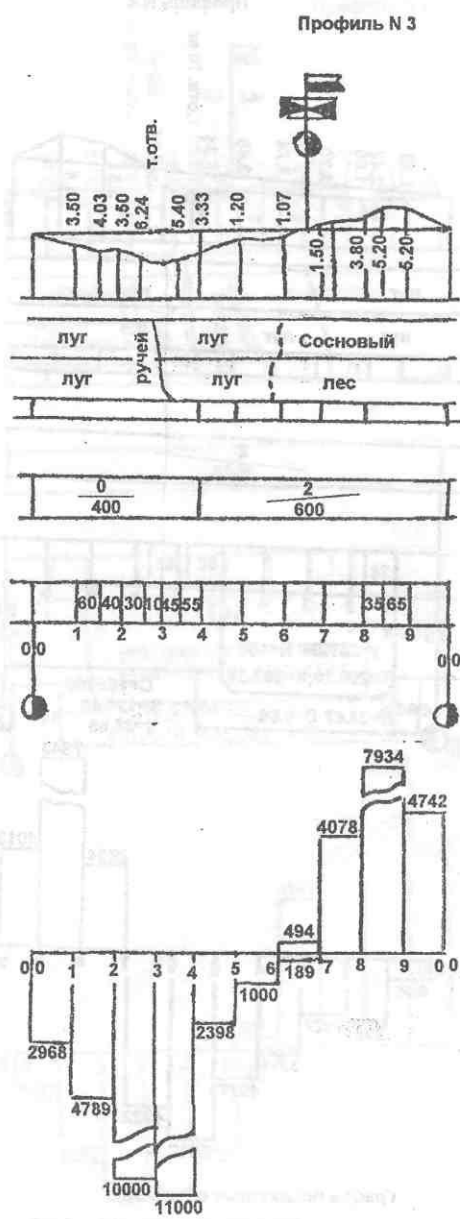


График поикетных объемов

Профиль N 4

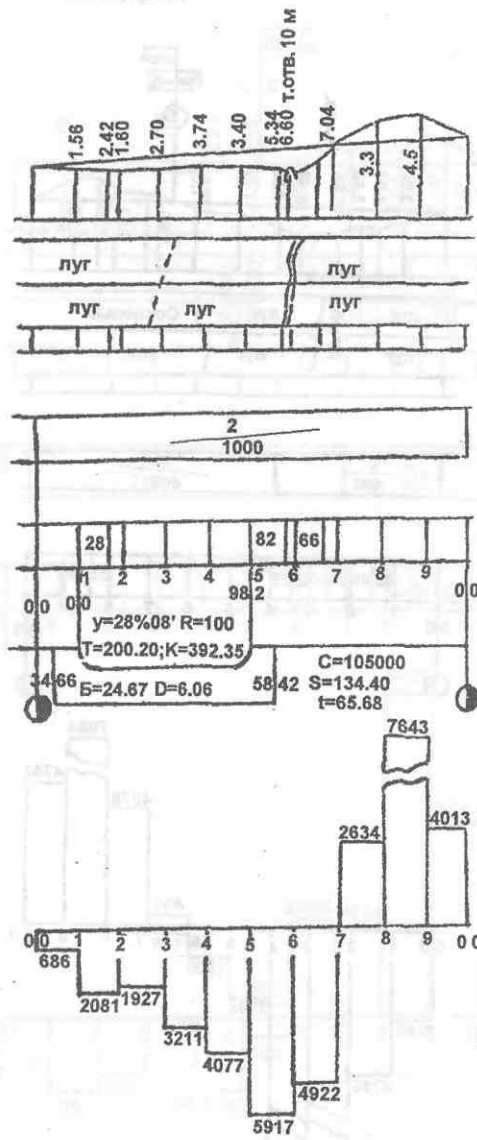
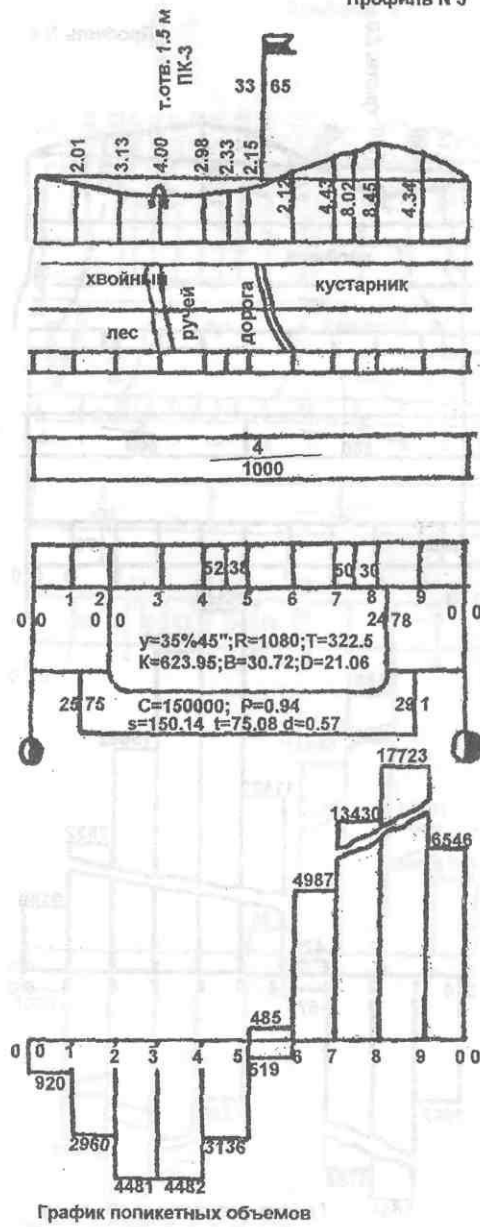
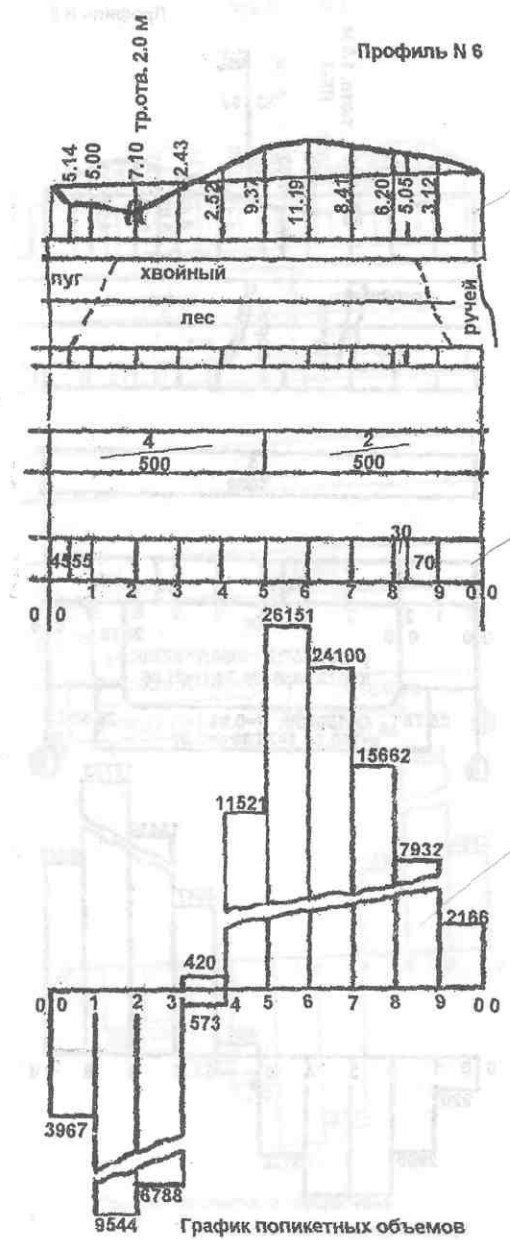


График попутных объемов

Профиль N 5





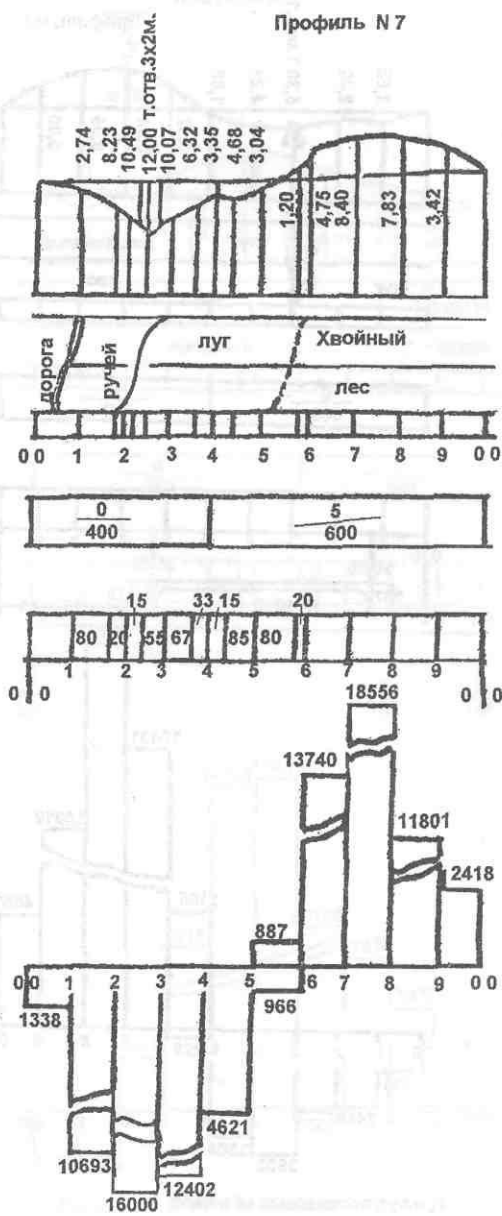


График попикетных объемов

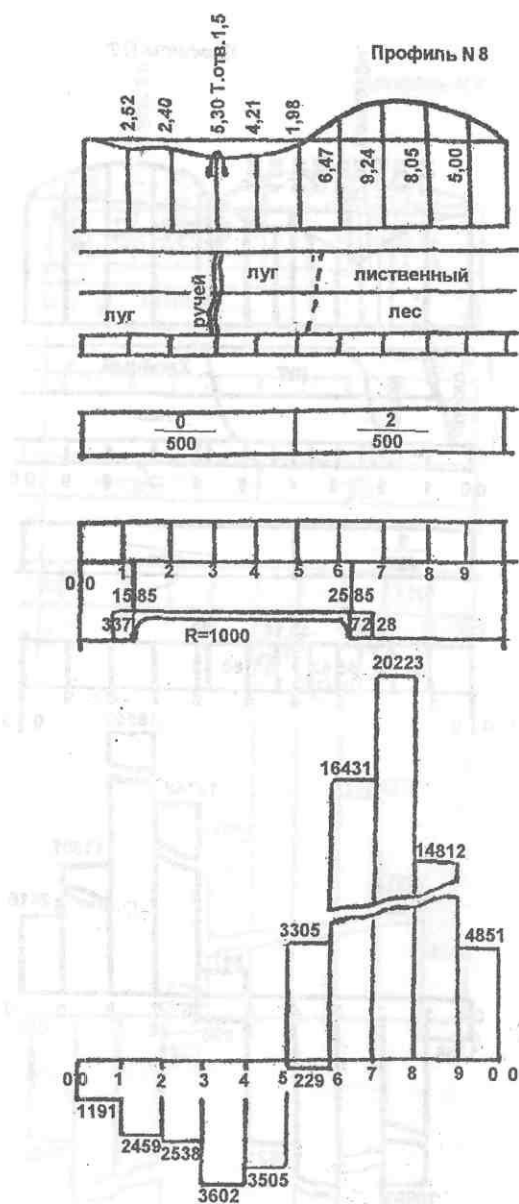


График попикетных объемов

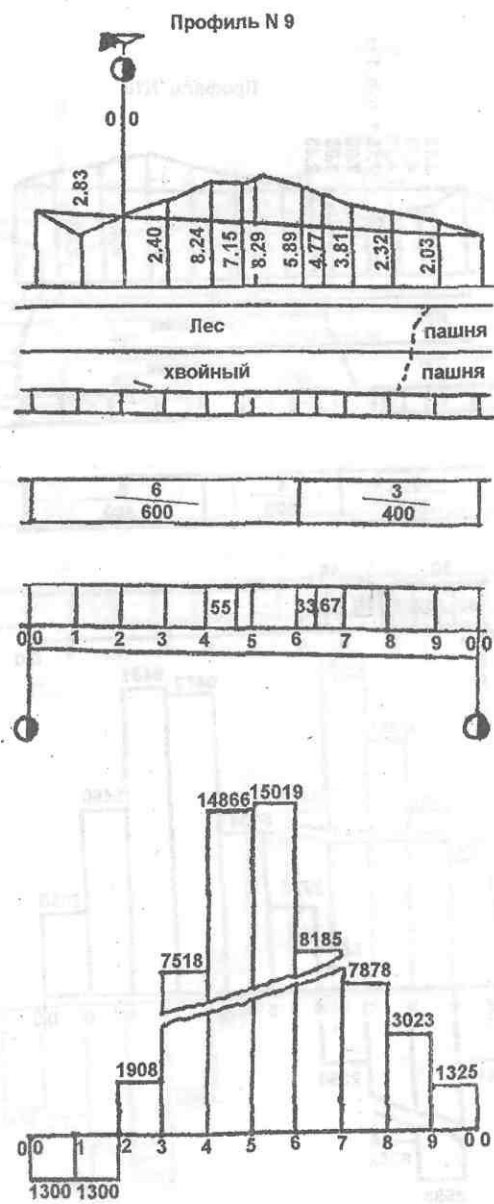


График попикетных объемов

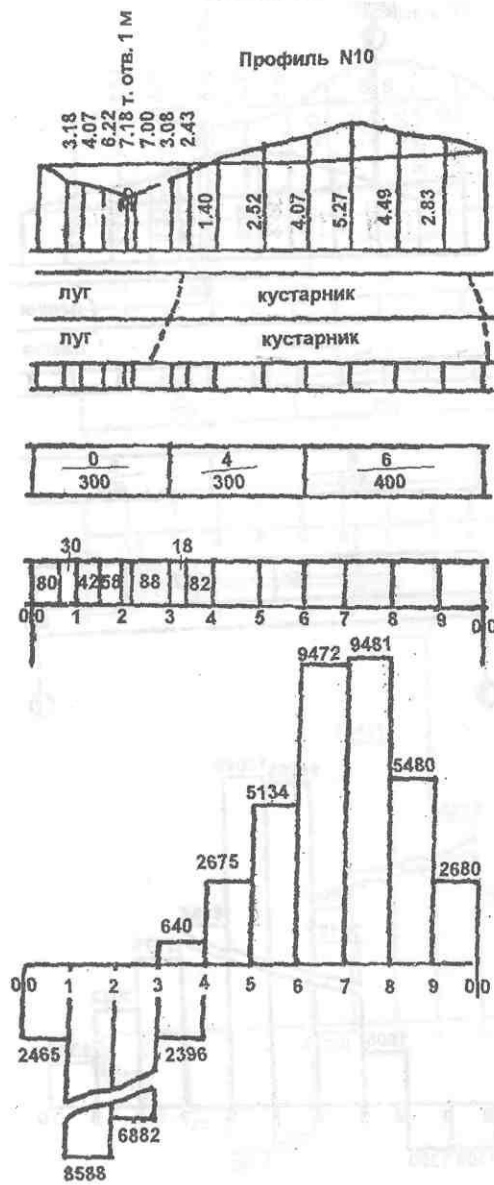


График попикетных объемов

Профиль N 11

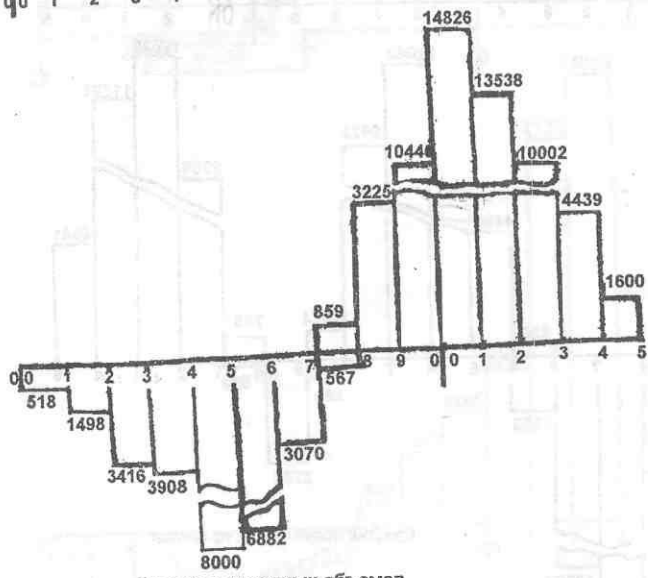
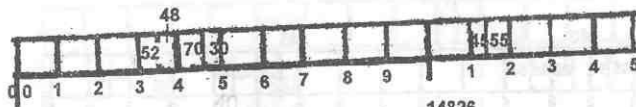
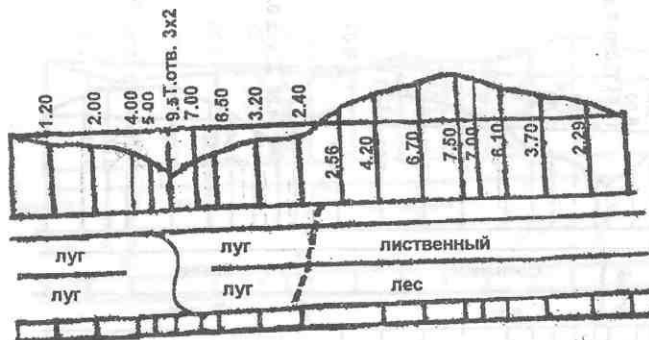


График попикетных объемов

Профиль N 12

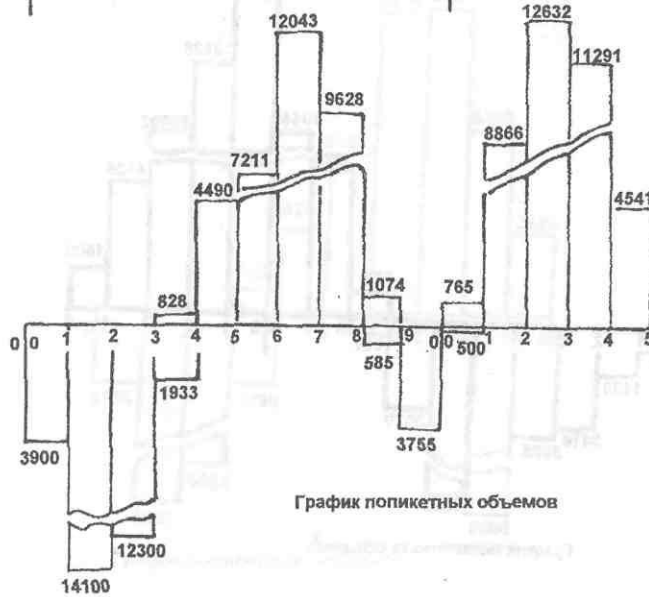
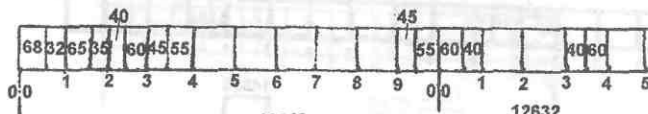
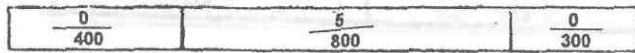
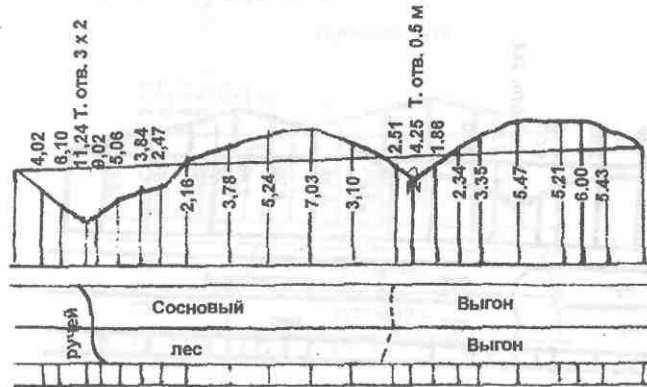
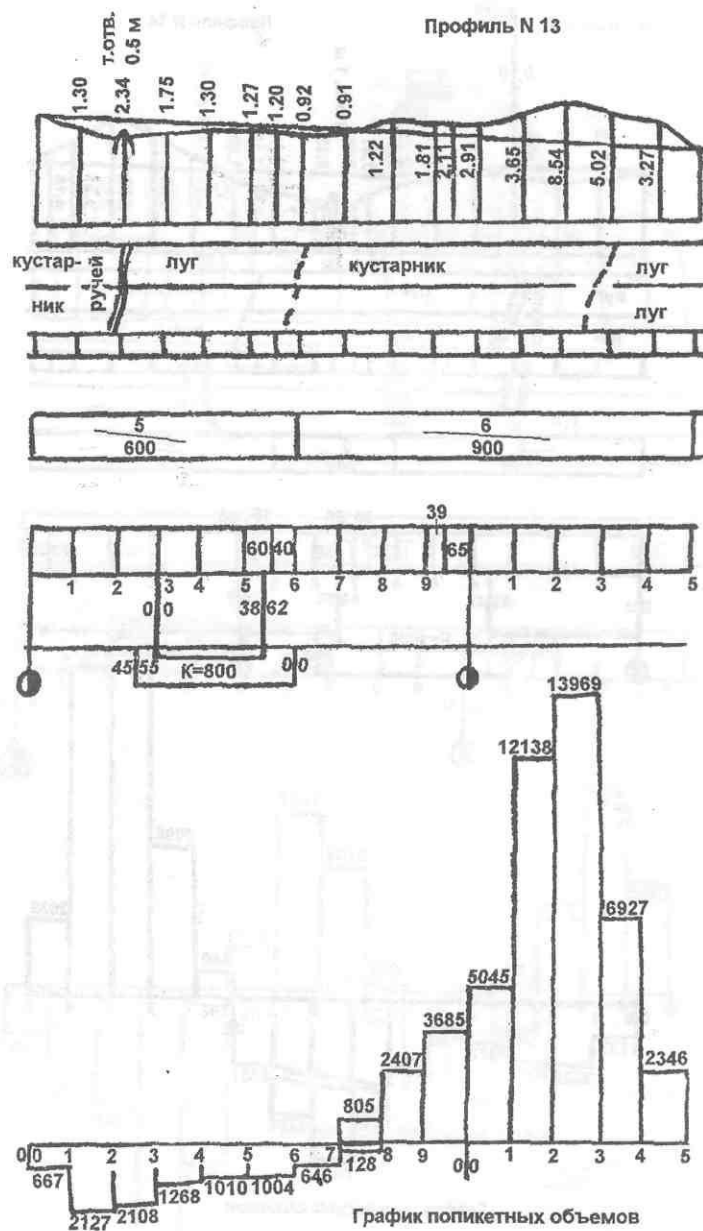
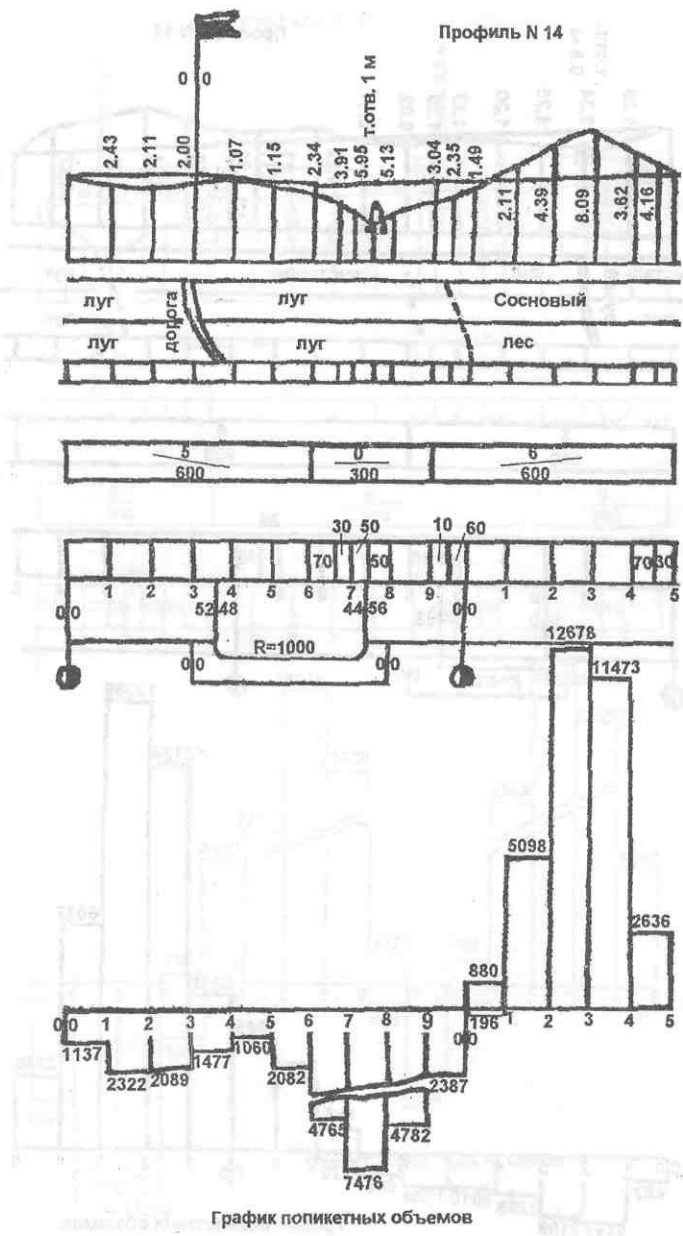


График попутных объемов





Профиль N 15

