

Министерство образования и науки РФ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

«Воронежский государственный технический  
университет»

Кафедра строительной техники и инженерной механики  
имени профессора Н.А. Ульянова

*Транспортно-технологические машины и комплексы*

*Методические указания к выполнению курсового проекта  
для студентов, обучающихся по направлению подготовки 08.04.01  
«Строительство»*

Воронеж - 2023

УДК 625.1(07)

ББК 39.20-06я73

Составители С.А. Никитин, Н.М. Волков, Д.Н. Дегтев, Е.А. Тарасов.

**Транспортно-технологические машины и комплексы:** метод. указания к выполнению курс. работы для студ. направления подготовки 08.04.01 - «Строительство»/ ВГТУ; Сост.: С.А. Никитин, Н.М. Волков, Д.Н. Дегтев, Е.А. Тарасов; – Воронеж, 2023. – 31 с.

Приводится порядок выполнения курсового проекта по курсу «Транспортно-технологические машины и комплексы».

Методические указания предназначены для студентов всех форм обучения по направлению подготовки 08.04.01 - «Строительство».

Ил. 6. Табл. 19. Библиогр.: 6 назв.

**УДК 625.1(07)**  
**ББК 39.20-06я73**

Рецензент – А.В. Андреев, к.т.н., доцент кафедры проектирования автомобильных дорог и мостов ВГТУ

*Печатается по решению редакционно-издательского совета  
ВГТУ*

## 1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРОИЗВОДСТВА РАБОТ

В соответствии с требованиями СНиП 3.01.01-85\* «Организация строительного производства» допускается осуществление сооружения каждого объекта только на основе предварительно разработанных решений по организации строительства и технологии производства работ, принятых в проекте организации строительства (ПОС) и в проектах производства работ (ППР).

Задачей составления ППР является вариантная проработка решений по выбору оптимальной технологической схемы организации выполнения объемов работ в установленный срок с целью достижения наиболее эффективных удельных показателей на единицу продукции с соблюдением при этом требований нормативной и законодательной базы, в том числе и в вопросах техники безопасности и охраны окружающей среды.

В процессе курсового и дипломного проектирования основными этапами выполнения изложенной задачи являются:

- определение на основании исходных данных объемов земляных работ;
- перераспределение объемов грунта и выбор схемы и способов ведения работ;
- определение объемов подготовительных работ;
- расчет потребности средств механизации и трудовых ресурсов;
- формирование землеройных комплексов и назначение технологической последовательности выполнения работ на объекте;
- определение объемов и сроков выполнения отделочных работ;
- составление графика производства работ;
- разработка мер по обеспечению безопасных условий ведения работ и охраны окружающей среды;
- определение удельных показателей (машино-смен, человеко-дней) на единицу строительной продукции ( $m^3$ , км) для каждого участка и по объекту в целом, в том числе для подготовительного, основного и отделочного периодов.

## 2. КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА УЧАСТКА РАБОТ

После получения задания необходимо охарактеризовать исходные данные и основные параметры продольного профиля, обязательные для выполнения проекта производства работ.

*Пример.* Большая часть трассы (протяжением 1,8 км) проходит через крупный лиственный лес средней густоты. Диаметр стволов более 30 см, плотность лесонасаждений 200 деревьев на 1 га.

Далее на 0,8 км (в пойме водотока) расположен луг, на остальных 0,4 км - кустарник.

Крутизна поперечного уклона местности на всем протяжении 1:7.

На участке имеются три искусственных сооружения: 3-х пролетный ж.б. мост с отверстием 85 м (пк 312+12) и две круглые ж.б. трубы диаметром 1,25 м

(пк 334+10 и ПК 376+42).

Участок представлен 3-мя выемками и 4-мя насыпями.

Общая протяженность насыпей 1,7 км (около 60% участка). Основные объемы насыпи сосредоточены на подходах к мосту (максимальная высота насыпи 11,2 м).

Протяженность выемок 1,3 км (менее половины участка) с наибольшими глубинами соответственно 1,8 м; 2,4 м; 2,7 м; 5,9 м.

Более 80% участка - прямые. На 33 и 34 километрах расположены две кривые радиусами 1000 и 400 метров длиной соответственно 350 и 200 м.

Грунты на пикетах «31+00» - «32+50» - суглинки тугопластичные с щебнем до 10%, далее до конца участка - глины мягкопластичные, непригодные для использования в теле насыпи.

Срок выполнения работ установлен — 55 суток с учетом времени на подготовительный и отделочный периоды.

### **3. ПРОИЗВОДСТВО ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫХ РАБОТ**

Работы подготовительного периода предшествуют началу возведения насыпи или выемки на конкретном участке работ.

Их состав:

- геодезическая подготовка (восстановление и закрепление на местности оси трассы, границ полосы отвода);
- удаление с площади работ леса, кустарника, пней, крупных камней и других посторонних предметов;
- разбивка земляного полотна;
- устройство водоотводов для перехвата поступающей к земляному полотну воды (нагорные канавы с верховой стороны выемок и водоотводные канавы с верховой стороны насыпей);
- срезка растительного слоя грунта (20 см) и заготовка материалов для укрепительных работ;
- срезка плодородного слоя (20 см) с пахотных земель и вывоз его в предусмотренные рабочей документацией места;
- нарезка уступов в основании насыпи в пределах косогоров крутизной от 1:5 до 1:3 высотой до 2 м и шириной 1-4 м, но не менее ширины рабочего органа выбранной уплотнительной машины [1, с. 51];
- устройство землевозных дорог.

Этот раздел проекта производства работ должен выполняться после определения ширины полосы расчистки (просеки), которую следует принимать по поперечным профилям на участках самой глубокой выемки и самой высокой насыпи после назначения их конструкции и распределения земляных масс (разделы 4 и 5).

Ширина полосы отвода принимается исходя из заданного продольного профиля по максимальной высоте насыпи или по максимальной глубине выемки по формуле:

$$V_{ПОЛ} = 2 \cdot (b + 2 \cdot H \cdot m), \quad (3.1)$$

где  $b$  – ширина верхней площадки, м;

$H$  – максимальная отметка, м;

$m$  – крутизна откоса насыпи (выемки)

Количество деревьев на участке строительства определяется по формуле:

$$N = l_{лес} \cdot V_{ПОЛ} \cdot n_{уд} / 10000 \quad (3.2)$$

Где  $n_{уд}$  – удельное число деревьев на 1 га (принимается по табл.1, исходя из задания на проект);

$l_{лес}$  – длина участка леса, м;

$V_{ПОЛ}$  - ширина просеки (принимается равной ширине полосы отвода под строительство), м;

Количество деревьев на 1 га в зависимости от крупности леса и его густоты

Таблица 1

Число деревьев в лесонасаждениях

Крупность леса	Диаметр дерева, см	Объем хлыста V, м <sup>3</sup>	Число деревьев, $n_{уд}$ , на 1 га в лесонасаждениях		
			густых	средней густоты	редких
Крупный	32 и более	0,49	320	200	80
Средней крупности	24-31	0,39	520	340	160
Мелкий	16-23	0,29	850	500	300
Очень мелкий	12-15	0,21	1400	850	400
Кустарник	11 и менее	-	-	-	-

Общие трудозатраты рабочих на вырубку леса, чел·ч:

$$n_{общ}^ч = \frac{N(n_{кор}^ч + n_{раз}^ч + n_{трел}^ч)}{100}, \quad (3.3)$$

где  $n_{кор}^ч$  - затраты труда рабочих на корчевку;

$n_{раз}^ч$  - затраты труда рабочих на разделку древесины;

$n_{трел}^ч$  - затраты труда рабочих на трелевку;

Общие трудозатраты машин на вырубку леса, маш·ч:

$$n_{общ}^м = \frac{N(n_{кор}^м + n_{раз}^м + n_{трел}^м)}{100}, \quad (3.4)$$

где  $n_{кор}^M$  - затраты труда машин на корчевку;

$n_{раз}^M$  - затраты труда машин на разделку древесины;

$n_{трел}^M$  - затраты труда машин на трелевку;

Потребность машин и затрат труда на лесорасчистных работах принимаются по табл. 2.

Потребное число рабочих, чел:

$$Q_{\partial} = n_{\text{общ}}^ч / n_{\text{общ}}^M \quad (3.5)$$

Потребное число смен, см:

$$q_{\partial} = n_{\text{общ}}^M / t_{см} , \quad (3.6)$$

где,  $t_{см}$  – продолжительность смены, ч

Потребность трудозатрат (чел.-ч) и машин (маш.-ч) на лесорасчистных работах (на 100 деревьев)

Таблица 2

Трудозатраты на лесорасчистных работах

Наименование работ	Диаметр деревьев, см				
	≤11	12-15	16-23	24-31	≥32
Корчевка деревьев:					
а)затраты труда, $n_{кор}^ч$	5,2	5,2	7,0	8,6	14,0
б) машины, $n_{кор}^M$	1,2	1,2	1,5	1,8	3,1
Разделка древесины:					
а)затраты труда, $n_{раз}^ч$	9,6	18,2	38,6	66,4	110,0
б)машины, $n_{раз}^M$	0,2	0,6	1,3	2,2	3,2
Трелевка древесины до 300 м:					
а)затраты труда, $n_{трел}^ч$	1,8	1,8	5,4	11,3	21,6
б)машины, $n_{трел}^M$	1,0	1,0	3,0	6,1	11,2

*Трудозатраты рабочих на вырубку кустарника*

Площадь кустарника,  $S_{куст}$ , га:

$$S_{куст} = \frac{l_{куст} \cdot B_{пол}}{10000} , \quad (3.7)$$

где  $l_{куст}$  – длина участка кустарника, м;

Потребность трудозатрат, чел.ч

$$n_{куст}^ч = t_{см} \cdot S_{куст} / n_{уд.куст}^ч \quad (3.8)$$

где  $t_{см}$  – время смены, ч;

$n_{уд.куст}^ч$  - удельные трудозатраты людей при срезке кустарника (табл.3)

Потребность машин, маш. ч

$$n_{куст}^м = t_{см} \cdot S_{куст} / n_{уд.куст}^м \quad (3.9)$$

где  $n_{уд.куст}^м$  - удельные трудозатраты машин при срезке кустарника (табл. 3)

Потребное число рабочих, чел:

$$Q_{куст} = n_{куст}^ч / n_{куст}^м \quad (3.10)$$

Потребное число смен:

$$q_{куст} = n_{куст}^м / t_{см} \quad (3.11)$$

Соответствующие затраты по срезке кустарника в зависимости от мощности двигателя базовой машины даны в табл. 3.

Таблица 3

Удельные трудозатраты по срезке кустарника

Показатель	Мощность двигателя базовой машины, кВт	
	73	222
Трудозатраты, $n_{уд.куст}^м$ , га/смену:		
а) при корчевании пней	1,0	1,5
б) при срезке кустарника	4,0	6,0
Удельная трудоемкость (на одного рабочего), $n_{уд.куст}^ч$ , га/смену:		
а) при корчевании пней	0,5	0,75
б) при срезке кустарника	2,0	3,0

## 4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМОВ ЗЕМЛЯНЫХ РАБОТ

### 4.1 Определение границ элементарных участков

Рассматривая продольный профиль участка, выданный в составе задания, в непрерывной последовательности по ходу километража следует зафиксировать пикетные положения всех характерных точек с заполнением граф 1,2 и 3 таблицы (пример табл.5):

- а) целые значения пикетов (кратные 100 метрам),
  - б) места изменения продольных уклонов существующей поверхности земли,
  - в) места перелома проектной профильной линии,
  - г) нулевые места (переход выемки в насыпь и насыпи в выемку),
  - д) места изменения крутизны откосов насыпей,
  - е) начало и конец кривых участков,
  - ж) положение задних граней устоев мостов (рис. 1).
- з) границы уширения насыпи на подходах к большим мостам с обеих сторон.

### 4.2 Определение профильных объемов земляных работ

В состав профильных объемов работ входят основные объемы (непосредственно тела насыпей и выемок) и дополнительные:

- поправка на косогорность местности,
- кюветы в выемках,
- объемы, вызванные уширением основной площадки земполотна в кривых участках пути и на подходах к большим мостам,
- компенсация срезки растительного слоя.

#### 4.2.1 Определение основных объемов работ

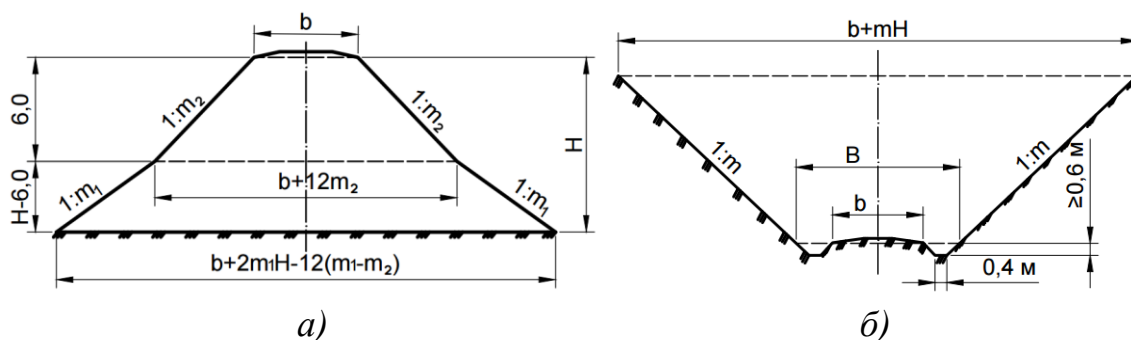
Объем тела насыпи высотой до 12 м (рис. 4.1 а) определяется по формуле:

$$V_b = L \left[ \frac{b \cdot (H_1 + H_2)}{2} + \frac{m_1(H_1^2 + H_1H_2 + H_2^2)}{3} - 6(m_1 - m_2)(H_1 + H_2 - 6) \right] \quad (4.1)$$

где  $H_1$ , и  $H_2$  — высота рабочей отметкой насыпи на уровне бровки основной площадки земляного полотна.

Объем тела насыпи высотой до 6 м с постоянной крутизной откосов насыпи (рис. 1) определяется по формуле:

$$V'_{bB} = L \left[ \frac{b(H_1 + H_2)}{2} + \frac{m(H_1^2 + H_1H_2 + H_2^2)}{3} \right] \quad (4.2)$$



$H$  — высота насыпи, глубина выемки, м;  $b$  — ширина основной площадки земляного полотна, м;  $B$  — ширина выемки понизу с учетом устройства кюветов;  $m$ ,  $m_1$  и  $m_2$  — знаменатели показателей кривизны откосов

Рис.1. Параметры поперечного профиля для определения объема для а) насыпи и б) выемки

Аналогично определяется объем выемки (рис.1 б)

$$V_B = L \left[ \frac{B(H_1 + H_2)}{2} + \frac{m_1(H_1^2 + H_1H_2 + H_2^2)}{3} - 6(m_1 - m_2)(H_1 + H_2 - 6) \right] \quad (4.3)$$

$$V_B = L \left[ \frac{B(H_1 + H_2)}{2} + \frac{m(H_1^2 + H_1H_2 + H_2^2)}{3} \right] \quad (4.4)$$

где  $B$  - суммарная величина ширины основной площадки и ширины обоих кюветов поверху (см.рис. 4.1 б).

Приведенные формулы позволяют определить основные объемы насыпи или выемки при одинаковой или переменной крутизне их откосов.

Полученные расчетные данные заносят в графы 4 и 5 таблицы (табл. 5) соответственно для насыпей и выемок.

#### 4.2.2 Дополнительный объем из-за косогорности участка

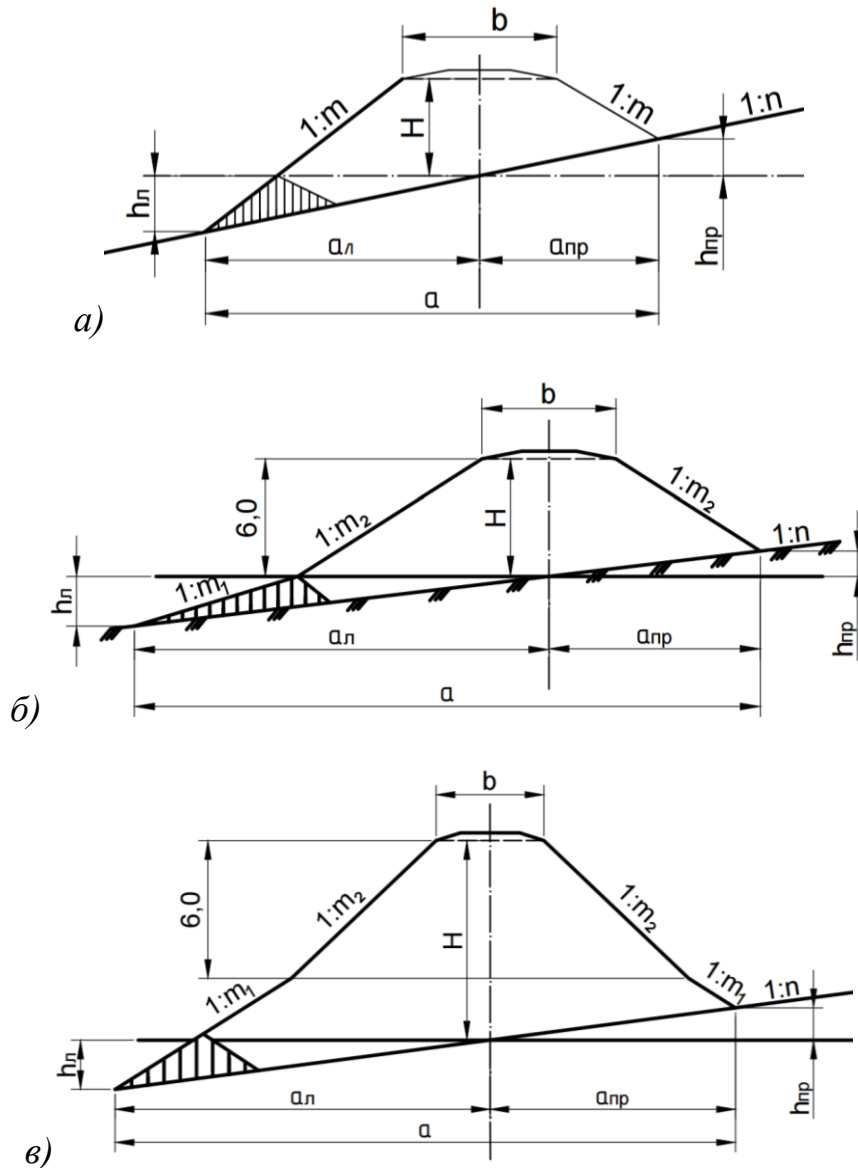
Дополнительный объем, возникающий вследствие косогорности (помимо основных размеров конструкции земляного полотна) главным образом зависит от сочетания величин крутизны их откосов и поперечного уклона пересекаемой местности.

На поперечном профиле насыпи, расположенной на косогоре (рис. 2), дополнительный объем образуется за счет площади заштрихованной части и в общем виде определяется по формуле:

$$V_{\text{кос}}^b = L \left[ \frac{b + 12 \cdot m_2 + 2 \cdot m_1 \cdot (H_{\text{cp}} - 6)}{2} \right]^2 \cdot \frac{m_1}{n_2 - m_1^2} \quad (4.5)$$

При постоянной крутизне откосов ( $m_1 = m_2 = m$ )

$$V_{\text{кос}}^{b1} = L \cdot \frac{(b + 2H_{\text{cp}} \cdot m)^2 \cdot m}{4 \cdot (n^2 - m^2)} \quad (4.6)$$



а) — при постоянной крутизне откосов; б) — при переменной крутизне одного из откосов; в) — при переменной крутизне обоих откосов

Рисунок 2 - Поперечный профиль насыпи на косогоре

Аналогично определяются дополнительные объемы земляных работ и для выемки

$$V_{\text{кoc}}^B = L \left[ \frac{B + 12 \cdot m_2 + 2 \cdot m_1 \cdot (H_{\text{cp}} - 6)}{2} \right]^2 \cdot \frac{m_1}{n_2 - m_1^2} \quad (4.7)$$

$$V_{\text{кoc}}^{B1} = L \cdot \frac{(B + 2H_{\text{cp}} \cdot m)^2 \cdot m}{4 \cdot (n^2 - m^2)} \quad (4.8)$$

где  $B$  - суммарная величина ширины основной площадки и ширины обочин кюветов поверху.

Полученные расчетные данные для каждого элементарного участка следует занести в графы 6 и 7 таблицы (табл. 5) соответственно для насыпей и выемок.

#### 4.2.3 Объем кюветов в выемках

*Объем кюветов в выемках определяется по формуле:*

$$V_{\text{кюв}} = 2 \cdot L \cdot \omega \quad (4.9)$$

Площадь поперечного сечения кювета  $\omega$ , определяется шириной его дна (0,4 м), высотой (0,6 м) и крутизной откосов ( $1:m$ ), равной крутизне прилегающего откоса выемки.

После подстановки этих значений объем кюветов с обеих сторон выемки

$$V_{\text{кюв}} = 0,8 \cdot L \cdot (1 + 3 \cdot m) \quad (4.10)$$

Полученные данные заносят в графу 10 таблицы (табл. 5).

#### 4.2.4 Дополнительный объем работ, вызванный уширением земляного полотна из-за возвышения наружного дорожного полотна в кривой

Дополнительный объем работ  $V_{\text{кр}}$ , вызванный уширением земляного полотна ( $\Delta$ ,  $\text{м}^3$ ) из-за возвышения наружного дорожного полотна в кривой, определяется в соответствии с нормативными требованиями по формуле

$$V_{\text{кр}} = H_{\text{cp}} \cdot \Delta \cdot L \quad (4.11)$$

где  $H_{\text{cp}}$  - средняя величина рабочих отметок насыпи (выемки) на элементарном участке протяженностью  $L$  (м).

Расчетные значения данных поправок для целых значений в метрах рабочих отметок земляного полотна приведены в табл. 4.

Полученные данные заносят в графы 8 и 9 таблицы (табл. 5)

соответственно для насыпей и выемок.

Таблица 4

Поправки на уширение земляного полотна ( $\Delta$ ) в кривых участках, м<sup>3</sup>/100 м

Радиус кривой, м	$\Delta$ , м	Средние рабочие отметки насыпи (выемки), м											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$\geq 3000$	0,2	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200	220	240
2500-1800	0,3	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	360
1500-700	0,4	40	80	120	160	200	240	280	320	360	400	440	480
$\leq 600$	0,5	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600

#### 4.2.5. Увеличение объемов насыпи на подходах к большим мостам

На подходах к большим мостам (рис. 4.3) основную площадку земляного полотна ( $b$ ) необходимо уширить на 0,5 м в каждую сторону на протяжении 10 м от задней грани устоев, а на последующих 25 м равномерно свести до заданной ширины.

Объем дополнительных работ при этом составит для одного подхода

$$V_m = 5 \cdot (H_1 + H_2) + 6,25 \cdot (H_2 + H_3), \quad (4.12)$$

где  $H_1, H_2$  и  $H_3$  — рабочие отметки соответственно у задней грани устоя, в 10 и 35 метров от него.

Полученные данные заносят в графу 11 таблицы (табл. 5).

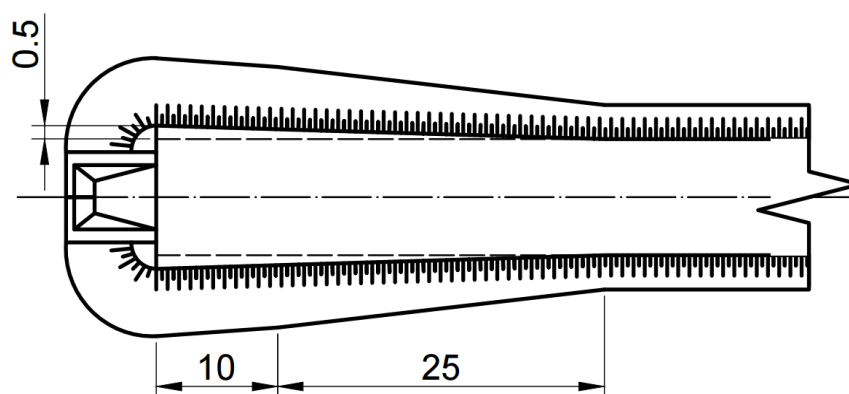


Рисунок 3 - Схема уширения земляного полотна к мосту (размеры в м)

#### 4.2.6 Растительный и плодородный слой

Растительный и плодородный слой высотой 0,2 м необходимо снять на

площади, ограниченной размерами основания насыпи или верха выемки, а также верха резерва (в случае его закладки для отсыпки насыпи).

Протяженность таких участков принимается ориентировочно по ситуационной схеме на продольном профиле (в составе задания).

Ширина основания насыпи  $a$  определяется по ее поперечному профилю и рассчитывается по формулам 4.13-4.16 для частных случаев, приведенных на рис. 4.1 и 4.2.

Насыпь расположена на горизонтальной площадке (рис. 1 а)

$$a = b + 2 \cdot m_1 \cdot H - 12 \cdot (m_1 - m_2) \quad (4.13)$$

Насыпь расположена на косогоре, крутизна откосов постоянная (рис. 2 а)

$$a = \frac{(b + 2 \cdot m \cdot H) \cdot n^2}{n^2 - m^2} \quad (4.14)$$

Насыпь расположена на косогоре, крутизна откосов с одной стороны переменная (рис. 2 б)

$$a = \frac{(b + 2 \cdot m_1 \cdot H) \cdot n}{2} \cdot \frac{2 \cdot n - (m_1 - m_2)}{(n - m_1) \cdot (n + m_2)} \quad (4.15)$$

Насыпь на косогоре, крутизна откосов переменная с обеих сторон (рис. 2 в)

$$a = \frac{(b + 2 \cdot m_1 \cdot H + 12 \cdot m_2 - 12 \cdot m_1) \cdot n^2}{n^2 - m_1^2} \quad (4.16)$$

Аналогично определяется и ширина выемки поверху с заменой « $b$ » на « $B$ », равное сумме размеров основной площадки и обоих кюветов поверху, т.е.

$$B = 2 \cdot (b + 0,4 + 1,2 \cdot m), \quad (4.17)$$

где  $m$  - знаменатель показателя крутизны откоса кювета.

После определения объемов работ по снятию растительного слоя ( $m^3$ ) полученные данные заносят в таблицу (прил. прим. 4) в графы 14 (для насыпи и резерва) со знаком «+» и 15 (для выемки) со знаком «-».

#### 4.2.7. Объем сливной призмы

Объем сливной призмы  $V_{c.n.}$  (рис. 4) определяют по формуле

$$V_{с.п.} = 0,075 \cdot L \cdot (2,3 + b) \quad (4.18)$$

и полученные данные заносят в графу 12 таблицы (прил. 1) для насыпи со знаком «+» и в графу 13 для выемки со знаком «-».

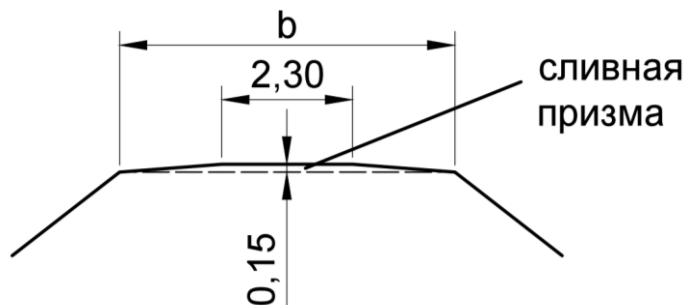


Рисунок 4 - Поперечное очертание основной площадки земляного полотна на прямых участках

### 4.3. Заполнение ведомости подсчета объемов земляных работ

По мере заполнения таблицы необходимо подводить итоги для каждого массива последовательно (в нулевых местах) и в целом по участку для каждой из граф. Полный профильный объем земляных работ определяется суммированием данных по графам 4...15 с соответствующими знаками («+» или «-») и заносится в графы 16 и 17 (табл. 5).

Таблица 5

Ведомость подсчета объемов земляных работ (пример заполнения)

ПК, +	Рабочие отметки, м	Длина элемента, м	Основные объемы, м <sup>3</sup>		Дополнительные объемы, м <sup>3</sup>										Полные объемы	
			Н	В	Поправка на косогорность		Уширение в кривых		Кюветы	Уширение на подходах к мостам		Сливная призма		Снятие растительного слоя		Н
			4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1	2	3														
6+00	2,5															
		50	1700		150			20			30		150		2050	
6+50	5,5															
		50	2800		220			30			30		250		3330	
7+00	4,8															
		50	3100		270			20			30		300		3720	
7+50	1,2															
		50	1500		130			20			30		250		1930	
8+00	0,0															7
		40		700		90	20		200			-25				985
8+40	3,5															
		60		850		120	30		300			-40				1260
9+00	4,0															
		80		950		170			400			-50		-300		1170
9+80	1,5															
		20		400		50			100			-15		-150		385
10+00	0,0															
		Итого	9100	2900	770	430	50	90	1000		120	-130	950	-450	11030	3800
		45	950		105						25		80		1160	
10+45	3,5															
⋮																
пк 36+00	5,8															
		Всего	24600	17200	2700	2200	480	1000	1500	490	1800	1800	360	1200	30430	18900

## 5. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЗЕМЛЯНЫХ МАСС

Распределение земляных масс производится непосредственно после составления графика поикетных объемов работ, составленного на основании данных собранных в табл. 5. Пример графика поикетных объемов представлен на рис. 5.

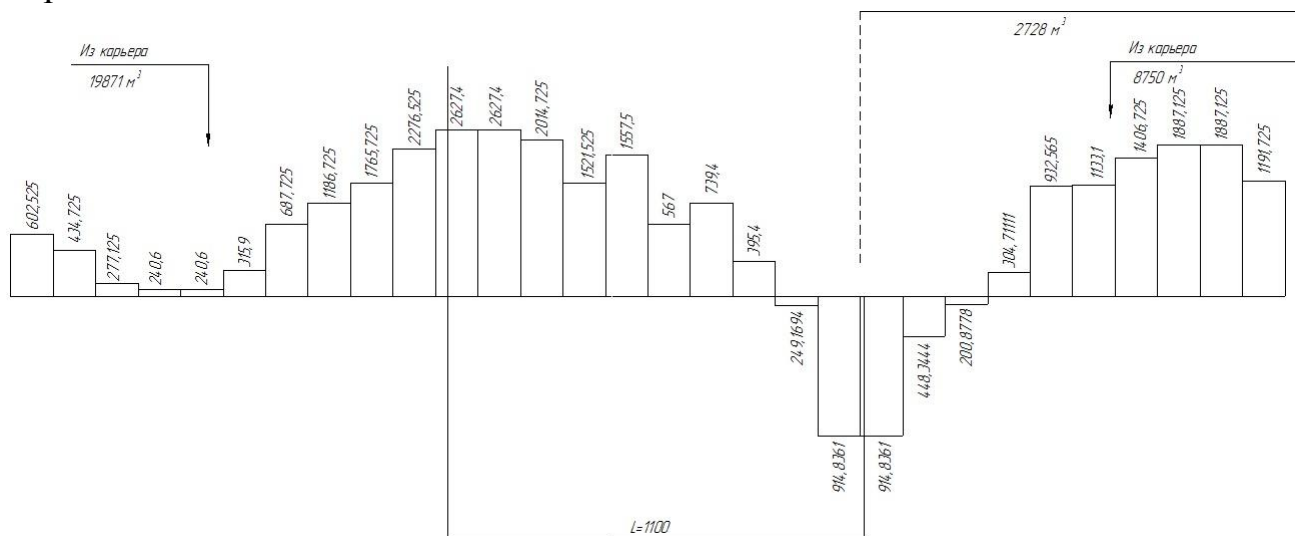


Рисунок 5 – График поикетных объемов

При выполнении этой части проекта следует руководствоваться следующими основными принципами:

а) весь объем пригодного грунта в выемке должен быть по возможности использован для отсыпки насыпи, а при его излишке избыточная часть подлежит перемещению в отвал (рекультивация карьеров, засыпка оврагов, промоин, ремонт землевозных и подъездных автодорог и т.п.); По условиям курсового проекта отвал следует располагать на расстоянии 300 м от участка строительства дороги.

б) при недостатке грунта в выемках или его непригодности для возведения насыпи следует предусмотреть доставку грунта из действующих или вновь открываемых карьеров-удаленных не более 3 км от участка строительства. Тип грунта в карьере оговаривается с преподавателем, ведущим курсовое проектирование.

в) использование грунтов из резервов для отсыпки насыпей, а также устройство кавальеров (перемещение из выемок) должно применяться в исключительных случаях. Такое решение требует дополнительного обоснования (отсутствие условия для открытия карьеров, большие затраты на строительство землевозных дорог, нецелесообразность открытия карьеров или строительства землевозных автодорог к отвалам из-за незначительного объема грунта, необходимость использования-кавальеров или резервов в качестве водоотводных сооружений и т.д.), поскольку помимо нанесения ущерба окружающей среде возникают дополнительные затраты как при подготовке территории строительства, так и в процессе эксплуатации построенного участка

дороги. Как правило, применение поперечной схемы при сооружении земляного полотна может рассматриваться при рабочих отметках до 1,5-2,0 м.

После принятия решения по распределению земляных масс особое внимание следует обратить на правильность определения среднего расстояния между центрами их тяжести при продольном перемещении грунта (из выемок в насыпь)

*Пример (рис. 6).* На участке протяженностью 2,6 км необходимо переместить из выемки в насыпь 6960 м<sup>3</sup> грунта. Протяженность насыпи 1400 м, выемки – 1200 м.

Центр тяжести земляной массы выемки расположен в месте, пикетное положение которого (тс 14+70) соответствует равным объемам ее грунта (3480 м<sup>3</sup>) слева и справа от нулевых мест. Аналогично определяется это место и для насыпи (пк 31+40). Расстояние между этими пикетными значениями и будет средневзвешенным расстоянием (1670 м) при половине протяженности всего участка лишь 1300 м. Это расстояние будет определять дальность перемещения грунта из выемки в насыпь и учитываться при определении производительности машин.

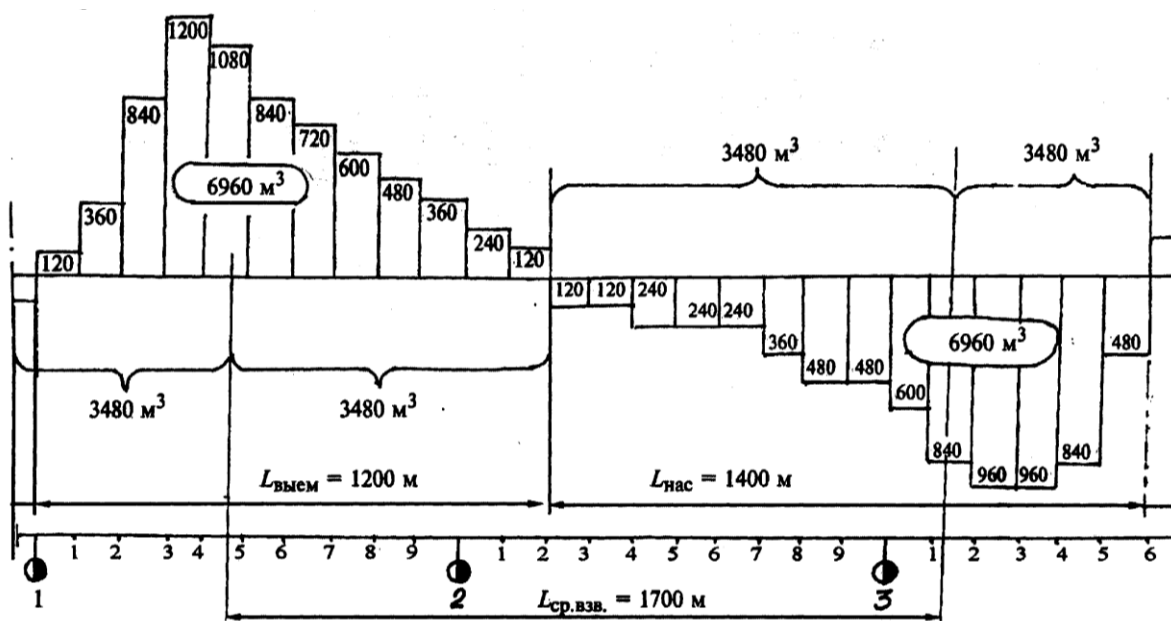


Рисунок 6 - Попикетное распределение объемов грунта

## 6. РАСЧЕТ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ МАШИН

Выбор комплекса машин определяется типом разрабатываемого грунта (выдается в задании на курсовое проектирование) и дальностью его перемещения. Рассматриваемый фронт работ допускается разбивать на участки, на каждом из которых работы производятся разными комплексами [1,2,5]. После принятия решения о выборе головной машины комплекса следует рассчитать ее требуемую теоретическую сменную, а затем и часовую производительности исходя из заданного директивного срока исполнения работ. Затем, используя данные табл. 6-18, следует подобрать головную машину комплекса, рассчитав ее эксплуатационную производительность по формулам 6.1-6.19, так, чтобы она была не меньше теоретической. После этого делается подбор всех остальных машин механизированного комплекса, с условием, чтобы эксплуатационная производительность каждой последующей машины в технологической цепочке была не меньше производительности предыдущей машины.

### 6.1 Расчет производительности автомобилей-самосвалов

Таблица 6

Характеристики автомобилей-самосвалов

Модель	Грузо-подъемность $q_a$ , т	Скорость движения $V$ , км/ч		Стоимость эксплуатации, у.е./ч
		по грунтовым дорогам	по дорогам с твёрдым покрытием	
ЗИЛ-ММЗ-45085	5,8	30	45	3,4
Урал-55224	7,22	28	40	3,8
МАЗ-5551	10,0	28	40	4,9
КамАЗ-55111	13,0	30	45	5,2
МАЗ-5516	16,5	30	45	5,9
КрАЗ-65034	18,0	25	35	6,0

Примечание. При дальности перевозки менее 1 км скорость движения снижается на 20 %.

Производительность одной машины,  $m^3/ч$  :

$$\Pi = \frac{q_a}{\rho \cdot \left( \frac{2 \cdot L}{V} + t_n + t_p \right)} \cdot K_s \cdot K_m, \quad (6.1)$$

где  $q_a$  – грузоподъёмность автомобиля-самосвала, т;  $\rho$  - плотность материала, т/м<sup>3</sup> (см. прил. 2);  $L$  – дальность транспортировки, км;  $t_{п}$  – время погрузки автомобиля, ч (см. табл.2);  $t_p$  – время разгрузки автомобиля, ч ( $t_p=0,05$  ч);  $K_B$  – коэффициент использования внутрисменного времени ( $K_B=0,75$ );  $K_T$  – коэффициент перехода от технической производительности к эксплуатационной ( $K_T=0,70$ ).

Таблица 7

Затраты времени на погрузку автосамосвала

Грузо- подъёмность самосвала, т	Длительность погрузки ( $t_{п}$ ), ч		
	сыпучие материалы		асфальтобетон и цементобетон
	экскаватор $q \leq 0,65 \text{ м}^3$ , погрузчик	экскаватор $q > 0,65 \text{ м}^3$	
5...8	0,16	0,12	0,10
8...12	0,20	0,14	0,12
12...15	0,27	0,18	0,14
15...18	0,30	0,20	0,16

## 6.2 Расчет производительности автогрейдеров

Таблица 8

Характеристики автогрейдеров

Модель	Длина отвала $b$ , м	Высота отвала $h$ , м	Рабочая скорость $V_p$ , км/ч		Стоимость эксплуатации, у.е./ч
			при разрав- нивании	при профи- лировании	
ДЗ-80	3,04	0,5	4,8	10,0	5,3
ДЗ-98	4,12	0,71	5,0	12,0	7,8
А 120.1	3,75	0,65	5,8	12,5	7,0
ДЗ-180А	3,74	0,62	5,0	12,0	6,4
ДЗ-201	2,5	0,5	4,8	10,0	4,9
ГС-10.01	2,73	0,47	5,0	12,0	5,1

Производительность при профилировании поверхности, м<sup>2</sup>/ч

$$П = \frac{(b \cdot \sin \alpha - a) \cdot l_{np}}{\left( \frac{l_{np}}{1000 \cdot V_p} + t_{разв} + t_{пер} \right) \cdot n} \cdot K_{cp} \cdot K_{\epsilon} \cdot K_m, \quad (6.2)$$

где  $b$  – длина отвала, м;  $\alpha$  - угол установки отвала в плане (в среднем

$\alpha=50^\circ$ );  $a$  – величина перекрытия следа, м ( $a=0,5$  м);  $l_{ПР}$  – длина прохода машины, м;  $V_P$  – рабочая скорость, км/ч (см. в табл. 8 рабочую скорость  $V_P$  при профилировании);  $t_{РАЗ}$  – время разворота, ч ( $t_{РАЗ}=0,01$  ч);  $t_{ПЕР}$  – затраты времени на переключение передач, подъём и опускание рабочего органа, ч ( $t_{ПЕР}=0,005$  ч);  $n$  – число проходов по одному следу ( $n=3...4$ );  $K_{ГР}$  – коэффициент, учитывающий группу материала по трудности разработки (см. табл. 9);  $K_B, K_T$  – см. автомобили-самосвалы ( $K_B=0,75$ ;  $K_T=0,60$ ).

Таблица 9

Коэффициент учитывающий трудность разработки материала

Группа грунта	1	2	3	4
$K_{ГР}$	1,0	0,8	0,65	0,5

Производительность при разравнивании материалов м<sup>3</sup>/ч

$$\Pi = \frac{q}{t_{ц} \cdot K_{P.B}} \cdot K_{cp} \cdot K_{\epsilon} \cdot K_m, \quad (6.3)$$

где  $q$  – объём материала, перемещаемого бульдозерным отвалом, м<sup>3</sup>;  $t_{ц}$  – время полного цикла, ч;  $K_{P.B}$  – коэффициент, учитывающий часть отсыпаемого грунта, перемещаемого при разравнивании (см. табл. 10);  $K_{ГР}, K_B$  и  $K_T$  – то же, что и при профилировании.

$$q = 0,75 \cdot h^2 \cdot b \cdot K_n, \quad (6.4)$$

где  $h$  – высота отвала, м;  $b$  – длина отвала, м;  $K_{П}$  – коэффициент, учитывающий потери грунта при перемещении ( $K_{П}=0,85$ ).

$$t_{ц} = t_n + t_{об.х} + t_{пер}, \quad (6.5)$$

где  $t_{П}$  – затраты времени на перемещение и разравнивание грунта, ч;  $t_{об.х}$  – время обратного хода, ч;  $t_{ПЕР}$  – затраты времени на переключение передач ( $t_{ПЕР}=0,005$  ч), подъём и опускание отвала, ч.

$$t_n = \frac{l_n}{1000 \cdot V_n}, \quad (6.6)$$

$$t_{об.х.} = \frac{l_n}{1000 \cdot V_{об.х.}}, \quad (6.7)$$

где  $l_{II}$  – дальность перемещения грунта при разравнивании, м (табл. 10);  $V_{II}$  – скорость движения при разравнивании (перемещении) грунта;  $V_{ОБ.Х}$  – скорость обратного хода, км/ч ( $V_{ОБ.Х.}=10$  км/ч).

Таблица 10

Значения дальности перемещения грунта  $l_{II}$  и коэффициента  $K_{P,B}$  от толщины разравниваемого слоя

Толщина разравниваемого слоя	$l_{II}$ , м	$K_{P,B}$
0,1	8,0	0,85
0,2	6,5	0,75
0,3	5,0	0,55
0,5	3,5	0,30

Таблица 11

Дополнительное оборудование к автогрейдерам

Модель	Бульдозерный отвал		Ширина рыхлителя, м
	длина $b$ , м	высота $h$ , м	
ДЗ-98	3,22	0,99	1,9
ДЗ-120.1	3,04	0,8	-
ДЗ-180А	2,47	0,84	1,3
ДЗ-201	2,0	0,5	-
ГС-10.01	2,44	0,62	-

### 6.3 Расчет производительности бульдозеров

Расчёт производительности при разравнивании материалов и грунтов следует проводить по формуле аналогичной формуле для определения производительности автогрейдера при разравнивании материалов (6.3). При этом следует принимать  $K_{IIР}=0,85$ ;  $t_{IIРР}=0,01$  ч;  $K_B=0,75$ ;  $K_T=0,60$ ;  $V_{II}$  и  $V_{ОБ.Х}$  находят по табл. 12;  $l_{II}$  и  $K_{P,B}$  – по табл. 10.

Таблица 12

Характеристики бульдозеров

Модель	Длина	Высота	Рабочие скорости, км/ч	Стоимость
--------	-------	--------	------------------------	-----------

	отвала, м	отвала, м	$V_3$	$V_{II}$	$V_{об.х}$	эксплуатации, у.е./ч
ДЗ-42В	2,52	0,8	2,5	5,0	8,0	3,2
ДЗ-186	2,52	2,52	3,0	6,0	7,5	5,3
Т-4АП2	2,84	1,05	3,0	6,0	7,5	5,5
ДЗ-171.4	3,2	1,3	2,8	5,8	7,6	6,4
Б10.02ЕР	3,4	1,3	3,4	6,2	8,4	6,8
ДЭТ- 350Б1Р2	4,2	1,8	4,7	9,5	13,2	11,0
D355A-3 (КОМАТС U, Япония)	4,31	1,54	5,8	12,5	15,0	11,4
ДЗ- 141УХЛ	4,8	2,0	4,0	8,0	11,5	13,8

Расчёт производительности  $\Pi$ , м<sup>3</sup>/ч, при разработке и перемещении грунта выполняют по следующей формуле:

$$\Pi = \frac{q}{t_{ц}} \cdot K_6 \cdot K_m \cdot K_{zp}, \quad (6.8)$$

где  $q$  – объём грунта, перемещаемого перед отвалом, м<sup>3</sup>.

$$q = \frac{0,75 \cdot h^2 \cdot b}{K_p} \cdot K_n, \quad (6.9)$$

$h$ ,  $b$ ,  $K_{II}$  – см. обозначения для расчёта производительности автогрейдера;  $K_p$  – коэффициент разрыхления грунта ( $K_p=1,1$  для песчаных грунтов,  $K_p=1,2$  для глинистых грунтов);

$t_{ц}$  – время полного цикла, ч.

$$t_{ц} = t_3 + t_n + t_{об.х} + t_{пер}, \quad (6.10)$$

где  $t_3$  – затраты времени на зарезание (набор) грунта, ч;  $t_{II}$ ,  $t_{об.х}$ ,  $t_{пер}$  – см. обозначения и формулы для расчёта производительности автогрейдера.

$$t_3 = \frac{l_3}{1000 \cdot V_3} \quad (6.11)$$

где  $l_3$  – длина пути, м;  $V_3$  – скорость зарезания грунта, км/ч ( $V_3$  находят по табл. 12).

$$l_3 = \frac{q}{b \cdot h_{стр}}, \quad (6.12)$$

где  $h_{стр}$  – толщина стружки, м ( $h_{стр}=0,10...0,25$  м);  $K_{ГР}$  – коэффициент, учитывающий группу грунта по трудности разработки (табл. 13).

Таблица 13

Коэффициент учитывающий группу грунта по трудности разработки

Группа грунта	1	2	3
$K_{ГР}$	1,0	0,8	0,7

#### 6.4 Расчет производительности скреперов

Таблица 14

Характеристики скреперов

Модель и тип машины	Вместимость ковша $q$ , м <sup>3</sup>	Ширина захвата $b$ , м	Рабочие скорости, км/ч			Стоимость эксплуатации, у.е./ч
			$V_3$ ( $V_P$ )	$V_{II}$	$V_{об.х}$	
ДЗ-33 прицепной	3,0	2,10	2,9	5,8	7,9	4,4
ДЗ-87-1 полуприцепной	4,5	2,43	2,5	15,0	21,0	6,2
ДЗ-74 полуприцепной	8,0	2,72	2,5	20,0	28,0	7,3
ДЗ-115 самоходный	15,0	3,02	2,5	25,0	35,0	14,9
ДЗ-107-1 самоходный	25,0	3,82	5,0	27,0	38,0	18,7

Производительность скреперов  $П$ , м<sup>3</sup>/ч определяется

$$\Pi = \frac{q}{t_{\text{ц}} \cdot K_p} \cdot K_{\epsilon} \cdot K_m, \quad (6.13)$$

где  $q$  – вместимость ковша скрепера, м<sup>3</sup>;

$t_{\text{ц}}$  – время полного цикла, ч.

$$t_{\text{ц}} = t_3 + t_n + t_p + t_{\text{об.х}} + t_{\text{неп}} + 2 \cdot t_{\text{разг}} \quad (6.14)$$

$t_3$ ,  $t_n$ ,  $t_{\text{об.х}}$ ,  $t_{\text{неп}}$  – см. обозначения и формулы для расчёта производительности автогрейдера ( $t_{\text{неп}}=0,01$  ч);  $t_p$  – время разгрузки скрепера, ч.

$$t_p = \frac{l_p}{1000 \cdot V_p} \quad (6.15)$$

где  $l_p$  – длина пути разгрузки, м.

$$l_p = \frac{q}{b \cdot h_{\text{сл}}} \quad (6.16)$$

$V_p$  – скорость скрепера при разгрузке, км/ч;  $b$  – ширина захвата, м;  $h_{\text{сл}}$  – толщина отсыпаемого слоя, м ( $h_{\text{сл}}=0,1 \dots 0,4$  м);  $t_{\text{РАЗВ}}$  – время разворота скрепера, ч ( $t_{\text{РАЗВ}}=0,01$  ч).

$b$  и  $V_p$  находят по табл. 14;  $K_p$  – см. формулу для расчёта производительности бульдозера ( $K_p=1,1$  для песчаных грунтов,  $K_p=1,2$  для глинистых грунтов);  $K_B$ ,  $K_T$  – см. формулу для расчёта производительности автомобилей-самосвалов ( $K_B = 0,75$ ,  $K_T = 0,6$ ).

## 6.5 Расчет производительности фронтальных погрузчиков

## Характеристики фронтальных погрузчиков

Модель	Грузоподъёмность $q$ , т	Стоимость эксплуатации, у.е./ч
ПУМ-500	0,5	4,6
ДЗ-133 (бульдозер-погрузчик)	0,75	5,0
ПМТС-1200	1,2	5,7
АМКОДОР-322	2,2	6,1
ТО-18Д	2,7	6,8
ТО-25-1 (ПК-3)	3,0	7,0
ТО-18Б	3,3	7,2
ТО-28	4,0	7,6
ТО-40	7,2	11,8
ТО-27-2А	8,0	12,9

Производительность фронтального ковшового погрузчика  $\Pi$ , м<sup>3</sup>/ч, определяется:

$$\Pi = \frac{q}{\rho \cdot (t_{\text{ц}} \cdot K_p)} \cdot K_{\text{в}} \cdot K_m, \quad (6.17)$$

где  $q$  – грузоподъёмность погрузчика, т;  $t_{\text{ц}}$  – время полного цикла, ч (при дальности перемещения до 10 м следует принимать: для пневмоколёсных погрузчиков  $t_{\text{ц}}=0,012$  ч, для погрузчиков на гусеничном ходу  $t_{\text{ц}}=0,017$  ч; на каждые следующие 10 м дальности перемещения следует добавлять к  $t_{\text{ц}}$ : для пневмоколёсных погрузчиков 0,008 ч, для погрузчиков на гусеничном ходу 0,013 ч);  $\rho$  – плотность материала, т/м<sup>3</sup> (см. табл. 19);  $K_p$ ,  $K_B$ ,  $K_T$  – см. формулу для расчёта производительности бульдозера ( $K_p=1,1$  для песчаных грунтов,  $K_p=1,2$  для глинистых грунтов;  $K_B=0,70$  при погрузке в транспортные средства,  $K_B=0,80$  при работе в отвал;  $K_T=0,60$ ).

## 6.6 Расчет производительности одноковшовых экскаваторов

Таблица 16

## Характеристики экскаваторов

Марка и тип машины	Вместимость ковша $q$ , м <sup>3</sup>	Сменное оборудование	Стоимость эксплуатации, у.е./ч
ЕК-06 на колёсном ходу	0,4	прямая и обратная лопата	3,8
ЕА-17 на колёсном ходу	0,65	прямая и обратная лопата	5,9
ЭО-4112 на гусеничном ходу	0,65	прямая и обратная лопата, драглайн	5,9
ЭО-3323А на колёсном ходу	0,8	прямая и обратная лопата	6,4
ЕК-18 на колёсном ходу	1,15	прямая и обратная лопата	7,8
ЕТ-20 на гусеничном ходу	1,15	прямая и обратная лопата	7,8
ЭО-4225 на гусеничном ходу	1,25	прямая и обратная лопата	8,6
ЭО-2503 на гусеничном ходу	2,00	прямая лопата, драглайн	10,1
CASE 788 на колёсном ходу	до 0,82	обратная лопата, грейфер	6,5
CASE 1488 на гусеничном ходу	до 1,85	обратная лопата, грейфер	9,6

Производительность экскаватора  $\Pi$ , м<sup>3</sup>/ч, определяется

$$\Pi = \frac{q}{t_{ц} \cdot K_p} \cdot K_e \cdot K_m \cdot K_{зр}, \quad (6.18)$$

где  $q$  – вместимость ковша экскаватора, м<sup>3</sup>;  $t_{ц}$  – продолжительность цикла, ч ( $t_{ц}=0,004$  ч при  $q \leq 0,65$ ,  $t_{ц}=0,005$  ч при  $q > 0,65$ );  $K_p$  – см. формулу для расчёта производительности бульдозера ( $K_p=1,1$  для песчаных грунтов,  $K_p=1,2$  для глинистых грунтов);  $K_B$ ,  $K_T$  – см. формулу для расчёта производительности автомобилей-самосвалов ( $K_B=0,70$  при погрузке в транспортные средства,  $K_B=0,80$  при работе в отвал;  $K_T = 0,60$ ).

### 6.7 Расчет производительности грунтоуплотняющих катков

Таблица 17

## Самоходные катки для уплотнения ДСМ и земляного полотна

Модель	Тип машины	Масса, т	Ширина уплотняемой полосы, м	Стоимость эксплуатации, у.е./ч
ДУ-72	Двухвальцевый вибрационный	3,8...5,5	1,08	2,6
ДУ-73	Двухвальцевый вибрационный	6,0	1,4	3,3
ДУ-74	Одновальцевый вибрационный	9,5	1,7	5,4
ДУ-63	Двухвальцевый вибрационный	10,5	1,7	5,8
ВА-9002	Двухвальцевый вибрационный	11,0	1,69	5,9
ДУ-65	Пневмоколёсный (4+4)	12,0	1,7	5,9
ДУ-85	Одновальцевый вибрационный	13,0	2,0	6,5
ДУ-84	Вибрационный комбинированный	15...16	2,0	8,3
ДУ-49А	Трёхвальцевый статический	11...18	1,29	3,1
ВОМАГ ВВ 144 АD-2	Двухвальцевый вибрационный	7,0; 7,5	1,5	4,4
ВОМАГ ВВ 16R	Пневмоколёсный (4+4)	8,0	1,98	6,0
ВОМАГ ВВ 164 АС-2	Комбинированный	9,2	1,68	5,7
ВОМАГ ВВ 184 АD-2	Двухвальцевый вибрационный	11,3	1,5	3,8
НАММ HD 110K	Комбинированный	8,2; 9,3	1,68	5,8
НАММ GRW 10	Пневмоколёсный (4+4)	8,8	1,74	5,6
НАММ GRW 15	Пневмоколёсный (4+4)	11,5	1,74	6,0
Дупарас СА-15R	Вибрационный с покрытым резиной вальцем для прикатки щебня при поверхностной обработке	6,7	1,67	10,4
то же 25R		9,9	2,13	10,9

Таблица 18

## Технологические характеристики катков

Модель	Рабочая скорость при уплотнении $V_p$ , км/ч		Глубина уплотнения (в плотном теле), м			
	грунтов	ДСМ	грунтов		ДСМ	
			связных	несвязных	неукреплённых вяжущим	укреплённых вяжущим
ДУ-72	-	до 5,5	-	-	0,20	0,15
ДУ-73	-	до 8,0	-	-	0,25	0,20
ДУ-74	-	до 7,0	-	-	0,25	0,20
ДУ-63	-	до 11,0	-	-	0,20	0,15
ВА-9002	-	до 11,0	-	-	0,20	0,15
ДУ-65	4,0	8,0	0,25	0,30	0,25	0,15
ДУ-85	3,5	6,5	0,20	0,30	0,25	-
ДУ-84	3,5	6,5	0,25	0,30	0,25	0,15
ДУ-49А	-	3,5	-	-	0,18	0,15
BW 144 AD-2 (BOMAG )	-	до 11,0	-	-	0,25	0,16
BOMAG BW 16R	до 8,0	до 12,0	0,15	0,20	0,20	0,15
BOMAG BW 164 AC-2	до 8,0	до 12,0	0,15	0,20	0,25	0,15
BOMAG BW 184 AD-2	-	до 11	-	-	0,20	0,15
HD 110K (HAMM)	до 10,0	до 14,6	0,25	0,30	0,25	0,15
GRW 10 (HAMM)	до 14,0	до 20	0,20	0,25	0,20	0,15
GRW 15 (HAMM)	до 14,0	до 20	0,25	0,30	0,25	0,15
Дунарас СА-15R то же 25R	-	до 20 до 23	-	-	-	-

Производительность  $\Pi$ , м<sup>3</sup>/ч, определяется:

$$\Pi = \frac{(b-a) \cdot l_{np} \cdot h_{cl}}{\left( \frac{l_{np}}{1000 \cdot V_p} + t_n \right) \cdot n} \cdot K_s \cdot K_m, \quad (6.19)$$

где  $b$  – ширина уплотняемой полосы за один проход, м;  $a$  – ширина перекрытия следа, м ( $a=0,20$  м);  $l_{np}$  – длина прохода, м;  $h_{cl}$  – толщина уплотняемого слоя в плотном теле, м;  $t_n$  – затраты времени на переход к соседнему следу, ч ( $t_n=0,005$  ч);  $n$  – число проходов по одному следу;  $V_p$  – рабочая скорость, км/ч;  $K_B=0,75$ ;  $K_T=0,75$  (см. автомобили-самосвалы).

При расчете производительности машин следует учитывать, что одно и тоже количество грунта может занимать разный объем в естественном сложении  $\rho_{ск}^e$ , насыпном состоянии  $\rho_{ск}^n$  и при стандартном уплотнении  $\rho_{ск}^{cm}$ . Характеристики грунтов и дорожно-строительных материалов для расчёта объёмов работ и производительности машин приведены в табл. 19.

Таблица 19

Плотность и оптимальная влажность грунтов

Наименование грунта	$\rho_{ск}^e$ , т/м <sup>3</sup> или г/см <sup>3</sup>	$\rho_{ск}^n$ , т/м <sup>3</sup> или г/см <sup>3</sup>	$\rho_{ск}^{cm}$ , т/м <sup>3</sup> или г/см <sup>3</sup>	W, %
Песок крупный и гравелистый	1,56...1,71	1,29...1,41	1,74...1,78	6
Песок средней крупности	1,56...1,71	1,34...1,37	1,74...1,78	8
Песок мелкий и пылеватый	1,47...1,51	1,17...1,20	1,65...1,69	10
Песок очень мелкий	1,49...1,57	1,18...1,25	1,68...1,72	11
Супесь лёгкая	1,51...1,68	1,31...1,50	1,70...1,75	9...11
Супесь пылеватая	1,51...1,64	1,30...1,46	1,70...1,85	9...13
Суглинок лёгкий	1,56...1,69	1,39...1,48	1,60...1,80	14...17
Суглинок тяжёлый	1,58...1,74	1,41...1,45	1,70...1,80	16...18
Глина пылеватая	1,64...1,83	1,44...1,55	1,65...1,75	18...20

Примечание. Плотность влажного грунта  $\rho_w$ , т/м<sup>3</sup>, определяют по формуле

$$\rho_w = \rho_{ск} \cdot (1+W), \quad (6.20)$$

где  $\rho_{ск}$  – плотность скелета грунта, т/м<sup>3</sup>;

W – влажность грунта в долях единицы

### Библиографический список:

1. Технология железнодорожного строительства. Учебник. Под ред. А.М. Призмазонова и Э.С. Спиридонов.– М.: Желдориздат, 2002.
2. Шабалина Л.А. Организация и технология строительства железных дорог. – М.: Маршрут, 2001.
3. Баловнев В.Н., Данилов Р.Г. Автомобили и тракторы: краткий справочник. – М.: Изд. цент «Академия», 2000. – 384 с.
4. Дорожная техника: каталог-справочник / под общ. ред. Ю.Ф. Устинова, Б.С. Марышева. – М.: Ассоц. «РАДОР», вып. 1, 2002. – 62 с.; вып. 3, 2004. – 96 с.
5. Подольский В.П. Технология и организация строительства автомобильных дорог. Т.1: Земляное полотно: учебн. пособие / В.П. Подольский, А.В. Глагольев, П.И. Поспелов; Воронеж. гос. архит.-строит. ун-т, Моск. автомоб.-дор. ин-т; под ред. проф. В.П. Подольского. – Воронеж: Изд-во Воронеж.гос.ун-та, 2005. – 528 с. – ISBN 5-9273-0788-4.
6. Краткий автомобильный справочник НИИАТ – М.: Транспорт, 1984 – 224с.

## Оглавление:

<b>1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРОИЗВОДСТВА РАБОТ</b>	3
<b>2. КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА УЧАСТКА РАБОТ</b>	3
<b>3. ПРОИЗВОДСТВО ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫХ РАБОТ</b>	4
<b>4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМОВ ЗЕМЛЯНЫХ РАБОТ</b>	8
<i>4.1 Определение границ элементарных участков</i>	8
<i>4.2 Определение профильных объемов земляных работ</i>	8
<i>4.2.1 Определение основных объемов работ</i>	8
<i>4.2.2 Дополнительный объем из-за косогорности участка</i>	9
<i>4.2.3 Объем кюветов в выемках определяется по формуле</i>	11
<i>4.2.4 Дополнительный объем работ, вызванный уширением земляного полотна из-за возвышения наружного дорожного полотна в кривой</i>	11
<i>4.2.5. Увеличение объемов насыпи на подходах к большим мостам</i>	12
<i>4.2.6 Растительный и плодородный слой</i>	12
<i>4.2.7. Объем сливной призмы</i>	13
<i>4.3. Заполнение ведомости подсчета объемов земляных работ</i>	14
<b>5. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЗЕМЛЯНЫХ МАСС</b>	15
<b>6. РАСЧЕТ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ МАШИН</b>	17
<b>6.1 Расчет производительности автомобилей-самосвалов</b>	17
<b>6.2 Расчет производительности автогрейдеров</b>	18
<b>6.3 Расчет производительности бульдозеров</b>	20
<b>6.4 Расчет производительности скреперов</b>	22
<b>6.5 Расчет производительности фронтальных погрузчиков</b>	24
<b>6.6 Расчет производительности одноковшовых экскаваторов</b>	25
<b>6.7 Расчет производительности грунтоуплотняющих катков</b>	26
Библиографический список	29

## **Транспортно-технологические машины и комплексы**

Методические указания к выполнению курсовой работе для студентов, обучающихся по направлению подготовки 08.04.01 - «Строительство»

Составители: Сергей Александрович Никитин,  
Николай Михайлович Волков,  
Дмитрий Николаевич Дегтев  
Евгений Александрович Тарасов

Редактор

Аграновская Н.Н.

Подписано в печать \_\_\_\_\_ г. Формат 60x84 1/16. Уч.-изд. л. \_\_\_\_.  
Усл.-печ. л. \_\_\_\_\_. Бумага писчая. Тираж \_\_\_\_\_ экз. Заказ № \_\_\_\_\_.

---

Отпечатано: отдел оперативной полиграфии Воронежского государственного  
технического университета  
394006, Воронеж, 20-летия Октября