

Рисунок 3 – Поперечное сечение земляного полотна на линейных участках

Согласно разбивке насыпи на слои рассчитывают объем каждого слоя на захватку с учетом коэффициента относительного уплотнения ($k_{\text{упл}}^{\text{отн}}$) по формулам:

- заменяемый растительный слой

$$V_{\text{раст.сл}} = B_{\text{сл}} h_{\text{сл}}^i l_{\text{захв}} k_{\text{упл}}^{\text{отн}}, \quad (26)$$

где $B_{\text{сл}}$ – ширина заменяемого растительного слоя, равная ширине подошвы насыпи $L_{\text{под}}$, м;

$k_{\text{упл}}^{\text{отн}}$ – коэффициент относительного уплотнения;

$l_{\text{захв}}$ – длина захватки, (принимается равной 100 м);

$h_{\text{сл}}^i$ – толщина отсыпаемого слоя, м (формула 6);

- первый слой насыпи земляного полотна

$$V_{\text{сл.1}} = \frac{L_{\text{под}} + (L_{\text{под}} - 2 m h_{\text{сл}}^i)}{2} h_{\text{сл}}^i l_{\text{захв}} k_{\text{упл}}^{\text{отн}}, \quad (27)$$

где $L_{\text{под}}$ – ширина подошвы насыпи при средней рабочей отметке, м;

- последующие отсыпаемые слои

$$V_{\text{сл}}^i = \frac{a + b}{2} h_{\text{сл}}^i l_{\text{захв}} k_{\text{упл}}^{\text{отн}}, \quad (28)$$

где a – верхнее основание предыдущего и соответственно нижнее основание следующего отсыпаемого слоя насыпи, м (поперечное сечение слоя имеет трапецеидальную форму);

b – нижнее основание предыдущего и соответственно верхнее основание следующего отсыпаемого слоя насыпи, м;

Разница между нижним и верхним основаниями отсыпаемого слоя насыпи определяется из зависимости:

$$b = a - 2 m h_{\text{сл}}^i, \quad (29)$$

Используя необходимые исходные данные, а так же результаты вычислений составляют в форме таблицы 9 (линейные работы) и таблицы 10 (сосредоточенные работы) технологическую карту строительства земляного полотна, дополняя ее операциями по увлажнению грунта до оптимальной влажности и доуплотнению верха земляного полотна.

Таблица 9

Пример калькуляции затрат на строительство земляного полотна
(линейные работы)

Отряд № 1. Ведущие машины-экскаваторы и автомобили-самосвалы

№ операции	Источник обоснования	Наименование операций	Единица измерения	Наименование и марка машин	Производительность машины в смену, П _г	Объем работ на захватке Q	Коэффициент использования машин K _и
1	2	3	4	5	6	7	8
Подготовительные работы							
1	расчет	Снятие растительного грунта с перемещением на 30 м	м ³	Бульдозер D-275A	3125	718,8	0,23
2	расчет	Обвалование растительного грунта и перемещение на 15 м бульдозером	м ³	Бульдозер D-275A	3125	718,8	0,23
3	E2-1-37	Планировка основания земляного полотна	1000 м ²	Автогрейдер ДЗ-98	39048	4,68	0,17
4	расчет	Доуплотнение основания пневмокотком за 8 проходов	м ²	Пневмокоток BW 178 D-3 массой 15 т	6122,7	4680	0,76
Послойная отсыпка насыпи							
5	расчет	Разработка грунта экскаватором	м ³	Экскаватор ЭО-4228 с емк. ковша 1,4 м ³	574	1150	2,1

1	2	3	4	5	6	7	8
6	расчет	Перемещение грунта в насыпь автосамосвалами на среднее расстояние l_{cp}	м ³	Автосамосвал КамАЗ 55111 емкость кузова 6,6 м ³	126,3	1150	9,1
7	расчет	Послойное распределение грунт автогрейдером	м ²	Автогрейдер ДЗ-98	3469	4680	1,35
8	расчет	Послойное уплотнение грунта в насыпи кулачковым катком за 12 проходов	м ³	Кулачковый каток BW 225 PD-3 массой 25 т	2546	1150	0,45
9	расчет	Профилирование поверхности насыпи автогрейдером	м ²	Автогрейдер ДЗ-98	8431	3480	0,41
10	расчет	Доуплотнение верха земляного полотна кулачковым катком за 6 проходов	м ³	Кулачковый каток BW 225 PD-3 массой 25 т	5092	3480	0,68

Таблица 10

Пример калькуляции затрат на строительство земляного полотна (сосредоточенные работы).

Отряд № 2. Ведущая машина-самоходный скрепер

№ операции	Источник обоснования	Наименование операций	Единица измерения	Наименование и марка машин	Производительность машины в смену, П _ц	Объем работ на захватке Q	Коэффициент использования машин K _н
1	2	3	4	5	6	7	8
1	расчет	Снятие растительного грунта с перемещением на 30 м	м ³	Бульдозер D-275A	3125	718,8	0,23
2	расчет	Обвалование растительного грунта и перемещение на 15 м бульдозером	м ³	Бульдозер D-275A	3125	718,8	0,23

1	2	3	4	5	6	7	8
3	расчет	Разработка грунта выемки скрепером и транспортировка его в насыпь на среднее расстояние l_{cp}	m^3	Скрепер 623 G емкость кузова 15 m^3	622,3	980	0,76
4	расчет	Зачистка откосов выемки автогрейдером	m^2	Автогрейдер ДЗ-98	8431	4325	0,43
5	расчет	Послойное распределение грунта в насыпи автогрейдером	m^2	Автогрейдер ДЗ-98	3469	4680	1,35
6	расчет	Послойное уплотнение грунта в насыпи кулачковым катком за 12 проходов	m^3	Кулачковый каток BW 225 PD-3 массой 25 т	2546	1150	0,45
7	расчет	Профилирование поверхности насыпи автогрейдером	m^2	Автогрейдер ДЗ-98	8431	3480	0,41
8	расчет	Доуплотнение верха земляного полотна кулачковым катком за 6 проходов	m^3	Кулачковый каток BW 225 PD-3 массой 25 т	5092	3480	0,68
9	расчет	Профилирование поверхности выемки автогрейдером	m^2	Автогрейдер ДЗ-98	6431	3480	0,21
10	расчет	Планировка откосов выемки автогрейдером	m^2	Автогрейдер ДЗ-98	9231	4325	0,33
11	E2-1-43	Нарезка кюветов автогрейдером	100 m^3	Автогрейдер ДЗ-98	363	715	1,96

Таким образом, комплектуют другие специализированные отряды, составляют технологические схемы и почасовые графики выполнения остальных земляных работ.

План потока составляют в соответствии с принятой технологической картой по строительству земляного полотна последовательности производства работ и распределением различных технологических операций по сменным захватам [10–24] (рисунок 4; 5; 6).

На рисунке 8 представлен план потока по производству насыпи для отряда с ведущей машиной-экскаватором. Допускается составление технологического плана потока совмещенного с почасовым графиком. На первой захватке осуществляется удаление растительного слоя с помощью бульдозера. Схема работы бульдозера (человечная, поперечная, поперечно-участковая, продольно-участковая) зависит от ширины площади, с которой удаляют грунт. Длина L_3 и ширина зарезания (ширина отвала – $L_{\text{отв}}$) определяется техническими характеристиками бульдозера.

Работа по возведению земляного полотна из привозного грунта экскаваторным отрядом (рисунке 4) выполняют на трех захватах № 2...4.

На второй захватке производят уплотнение естественного основания насыпи прицепным катком, движущимся по круговой схеме с шириной перекрытия следа на $1/3$ ширины вальца. Коэффициент уплотнения основания под насыпь должен быть не ниже 0,98.

На третьей захватке выполняют операции по отсыпке, выравниванию и уплотнению грунта.

Расстояние (L) между кучами привозного грунта, выгружаемого из автосамосвалов, определяется по формуле:

$$L = \frac{Q}{b \cdot h \cdot k_{\text{упл}}^{\text{отн}}}, \quad (30)$$

где Q – объем грунта в кузове автосамосвала, м^3 ; b – средняя ширина слоя отсыпки, м; $H_{\text{сл}}$ – толщина уплотняемого слоя, м; $k_{\text{упл}}^{\text{отн}}$ – коэффициент относительного уплотнения грунта.

Грунт на месте выгрузки принимает дорожный рабочий 3 разряда, который подает сигнал на подход и отход автомобилей, регулирует их движение по ширине насыпи.

Во избежание обрушения грунта прилегающей к откосу части насыпи первый проход катка следует делать на расстоянии не менее 2 м от бровки откоса. Последующие проходы смещают на $1/3$ ширины следа в сторону бровки, не доходя до края 0,5 м. Поэтому ширина отсыпки слоев насыпи должна быть на 0,5 м больше с каждой стороны с целью обеспечения уплотнения краевых частей, прилегающих к откосу.

На четвертой захватке выполняют планировку верха земляного полотна автогрейдером, окончательное уплотнение верха земляного полотна катком, срезку излишков грунта с откосов и планировку откосов экскаватором. Экскаватор перемещается вдоль бровки откоса на расстоянии 2–2,5 м от нее. Срезанный грунт автомобилями-самосвалами вывозят в отсыпную часть насыпи.

На рисунке 8 представлен план потока по возведению насыпи и на рисунке 9 – план потока по разработке выемки для отряда с ведущей машиной-скрепером.

До выполнения основных работ по возведению насыпи скреперами необходимо снять растительный слой и подготовить основание земляного полотна. Эти работы показаны на первой и второй захватах.

На третьей захватке выполняются операции по транспортировке, распределению, разравниванию и уплотнению грунта.

Цикл работы скрепера состоит из четырех операций: резание грунта (заполнение ковша), перемещение грунта, разгрузка ковша и холостой ход. При разгрузке ковша грунт уплотняется колесами скрепера, поэтому при последующем уплотнении его катками допускается сокращать число проходов до 35 %. Отсыпку каждого последующего слоя можно производить только после разрывания и уплотнения предыдущего.

На четвертой закладке показаны операции по планировке, уплотнению верха земляного полотна и срезке излишков грунта с откосов.

Работы по устройству выемки скреперами производят на трех захватах. На первой захватке снимают растительный слой. Срезанный грунт в дальнейшем используют для укрепления откосов выемки.

На второй захватке выполняются технологические операции по разработке грунта с перемещением его в насыпь и зачистке откосов. Выемку разрабатывают по шахматно-ребристой схеме. После разработки выемки на полную глубину на откосах остаются гребни высотой 15 см, которые срезаются автогрейдером, начиная с верхней части откоса. Срезанный грунт перемещают а насыпь.

На третьей захватке выполняются следующие технологические операции: планировка верха земляного полотна и откосов автогрейдером, нарезка кюветов автогрейдером, уплотнение верха земляного полотна катком.

Работа по нарезанию кюветов сводится к резанию и перемещению грунта. При резании угол захвата отвала автогрейдера должен быть в пределах $45\text{--}50^\circ$, угол резания – $35\text{--}45^\circ$.

Уплотняют верх земляного полотна катками. Начинают работы у бровки с последующим смещением к оси.

На основании составленной технологической карты строительства земляного полотна на плане потока строят почасовой график производства работ, на котором показывают взаимодействие машин на сменных захватках (участок дороги, где в течение одной смены должен быть полностью выполнен определенный вид работ) с учетом технологической последовательности операций. При построении почасового графика необходимо соблюдать временную последовательность видов работ так, чтобы каждая предыдущая операция последовательно сменялась последующей. При этом допускается их совмещение, если это возможно с точки зрения технологии производства работ [15].

В связи с тем, что земляные работы неравномерно распределены по длине дороги и количество слоев на различных участках бывает не одинаково, длину захватки определяют сменным объемом работ и устанавливают исходя из условий соблюдения необходимой технологии работ [10–24] и производственной мощности отрядов.

Для пояснения принятых решений по технологии и организации работ и почасового графика необходимо указать применяемые приемы выполнения отдельных технических процессов и другие особенности ведения работ: последовательность укладки грунта в каждый слой насыпи, последовательность проходов катка при уплотнении, характеристики забоя для экскаваторов и т. д. Этот материал должен быть отражен в пояснительной записке и на чертежах.

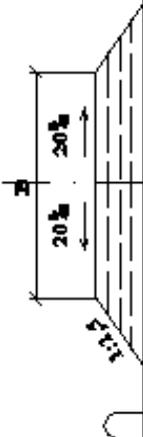
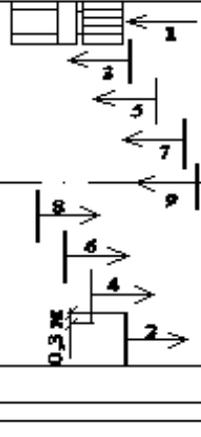
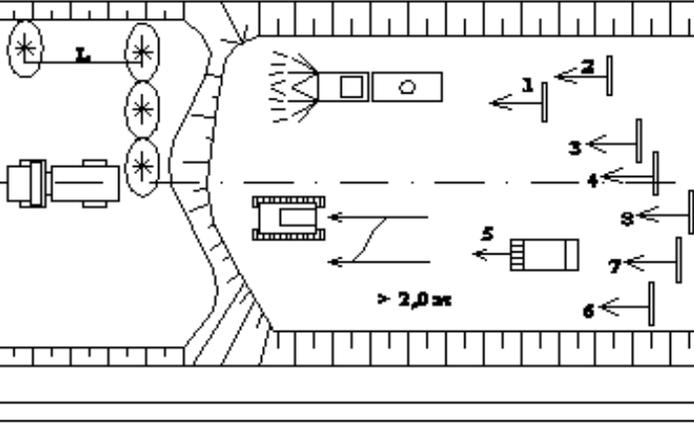
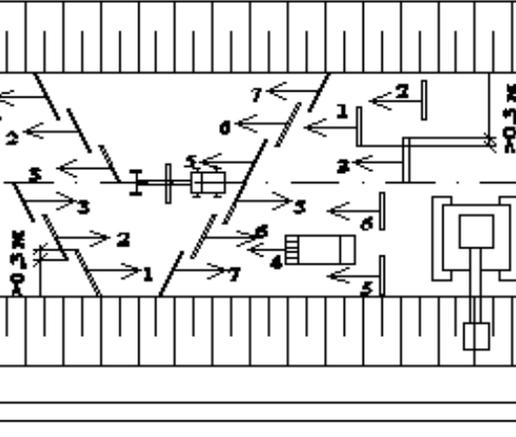
№ Захватки	1	2	3	4
Объем работ	702 куб.м	4680 куб.м	980 куб.м	3480 кв.м
Наименование операций	1. Удаление растительного грунта 2. Обвалование растительного грунта	3. Уплотнение подошвы основания насыпи	4. Разработка грунта в карьере экскаватором 5. Перемещение грунта в насыпь автомобилями-самосвалами 6. Послойное распределение грунта бульдозерами 7. Смягчение уклонов и подсыпка грунта к искусственным сооружениям бульдозером 8. Увлажнение грунта 9. Послойное уплотнение грунта катками	10. Профилирование поверхности насыпи автогрейдером 11. Доуплотнение верха насыпи катком 12. Срезка излишка грунта с откосов и планирование откосов экскаватором
Направление потока	←	←	←	←
				
Рабочие	-	-	дорожный рабочий Зр. - 1 чел.	-
Машины	D-275-№1 (0,23), D-275-№1 (0,23)	ВГ-1202-№1 (0,76)	ЭО-4228-№ 1-3 (0,70), МоА3-7505 № 1-10 (0,91) ДЗ-98-№ 1 (0,68), ПМ-130-№ 1 (0,10), ВК 24.01.02-№ 1 (0,39)	ВК-24.01.02-№ 2 (0,41), ДУ-98-№ 1 (0,68)
Материалы	-	-		-

Рисунок 4 – Пример плана потока по строительству земляного полотна (возведению насыпи) для отряда № 1 (ведущие машины – экскаваторы и самосвалы).

№ Захватки	1	2	3	4
Объем работ	702 куб.м	4680 куб.м	980 куб.м	3480 кв.м
Наименование операций	1. Удаление растительного грунта 2. Обвалование растительного грунта	3. Уплотнение подошвы основания насыпи	4. Разработка, транспортировка, и распределение грунта скреперами 5. Послойное распределение грунта бульдозерами 6. Смягчение уклонов и подсыпка грунта к искусственным сооружениям бульдозером 7. Увлажнение грунта 8. Послойное уплотнение грунта катками	9. Профилирование поверхности насыпи автогрейдером 10. Доуплотнение верха насыпи катком 11. Срезка излишка грунта с откосов и планирование откосов экскаватором
Направление потока	←	←	←	←
Рабочие	-	-	-	-
Машины	D-275-№1 (0,23), D-275-№1 (0,23)	ВГ-1202-№1 (0,76)	Caterpillar 623G-№1-2 (0,78), ДЗ-98-№1 (0,68), ПМ-130-№1 (0,10), ВК 24.01.02-№1 (0,39)	БК-24.01.02-№2 (0,41), ДУ-98-№1 (0,68)
Материалы	-	-	вода - 114 куб. м	-

Рисунок 5 – Пример плана потока по строительству земляного полотна (возведению насыпи) для отряда № 2 (ведущая машина-скрепер)

№ Захватки	1	2	3
Объем работ	702 куб.м	1150 кв.м	3480 кв.м
Наименование операций	1. Удаление растительного грунта 2. Обвалование растительного грунта	3. Разработка грунта скреперами, транспортировка его в насыпь 4. Зачистка откосов выемки автогрейдером	5. Профилирование поверхности выемки автогрейдером 6. Планировка откосов выемки автогрейдером 7. Нарезка кюветов автогрейдером 8. Уплотнение верха земляного полотна катками
Направление потока	←	←	←
Рабочие	-	-	-
Машины	D-275-№1 (0,23), D-275-№ 1 (0,23)	Caterpillar 623G-№ 1-2 (0,78), ДУ-98- № 1 (0,68)	ВК-24.01.02-№ 2 (0,41), ДУ-98-№ 1 (0,68)
Материалы	-	-	-

Рисунок 6 – Пример плана потока по строительству земляного полотна (разработка выемки) для отряда № 2 (ведущая машина-скрепер)