

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Кузбасский государственный технический университет  
имени Т. Ф. Горбачева»

Кафедра автомобильных дорог и городского кадастра

## **СРЕДСТВА МЕХАНИЗАЦИИ СТРОИТЕЛЬСТВА**

Методические указания к практическим занятиям  
и самостоятельной работе  
для обучающихся направления подготовки  
08.03.01 Строительство, профиль Автомобильные дороги,  
всех форм обучения

Составитель С. Н. Шабает

Утверждены на заседании кафедры  
Протокол № 08/19 от 27.08.2019  
Рекомендованы к печати  
учебно-методической комиссией  
направления подготовки 08.03.01  
Протокол № 1 от 05.09.2019

Электронная копия находится  
в библиотеке КузГТУ

Кемерово 2019

## Содержание

1	ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 1 .....	2
2	ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 2 .....	25
3	ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 3 .....	38
4	САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА .....	50
4.1	Структура самостоятельной работы .....	50
4.2	Планирование при подготовке отчетов по практическим работам .....	50
4.3	Требования к оформлению отчетов по практическим работам .....	51
4.4	Защита отчетов по практическим работам .....	54
4.5	Подготовка к промежуточной аттестации .....	55
	ПРИЛОЖЕНИЕ А .....	56
	ПРИЛОЖЕНИЕ Б .....	58
	ПРИЛОЖЕНИЕ В .....	59

# 1 ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 1

## Формирование машино-дорожного отряда на возведение земляного полотна

Цель работы: научиться формировать машино-дорожный отряд для проведения работ по возведению земляного полотна автомобильной дороги, обеспечивающий достижение оптимального часового объема работ.

Для рационального комплектования машино-дорожного отряда для проведения работ по возведению земляного полотна сначала необходимо выявить комплекс выполняемых технологических операций. На современном этапе наиболее часто встречающимися в практике технологическими операциями при возведении земляного полотна являются:

- снятие растительного слоя бульдозерами, скреперами или автогрейдерами;
- планировка основания автогрейдерами или бульдозерами;
- доуплотнение основания катками;
- нарезка технологических кюветов для обеспечения строительного водоотвода автогрейдерами или экскаваторами;
- разработка грунта в карьере или выемке экскаваторами, фронтальными погрузчиками или скреперами;
- доставка разработанного грунта автосамосвалами или скреперами;
- распределение доставленного грунта автогрейдерами, бульдозерами или скреперами;
- уплотнение распределенного грунта катками;
- планировка откосов с последующей надвижкой и (или) распределением растительного грунта бульдозерами, автогрейдерами или экскаваторами-планировщиками;
- нарезка проектных кюветов автогрейдерами или экскаваторами.

Часть технологических операций (нарезка технологических кюветов, планировка и «чернение» откосов, нарезка проектных кюветов) являются вспомогательными (не основными) и могут выполняться машинами в свободное от основных операций время.

При возможности выбора парка машин, предпочтение следует отдавать тем, которые являются более универсальными и способны качественно выполнить целый комплекс операций. В связи с этим при комплектовании машино-дорожного отряда рекомендуется использовать следующий парк машин:

- бульдозеры (для снятия растительного грунта с основания и надвигки его обратно на откосы);
- автогрейдеры (для планировки основания и откосов, нарезки технологических и проектных кюветов, распределения доставленного грунта);
- экскаваторы (для разработки грунта в выемках и карьерах);
- автосамосвалы (для транспортировки грунта);
- катки (для уплотнения грунта и доуплотнения основания).

Для того чтобы определить оптимальный часовой объем работ необходимо знать производительность каждой из машин при выполнении той или иной операции. В связи с этим необходимо рассчитать производительность машин при выполнении следующих операций:

- снятие растительного слоя грунта;
- планировка основания;
- доуплотнение основания;
- разработка грунта в карьере или выемке;
- транспортировка разработанного грунта;
- распределение доставленного грунта;
- уплотнение распределенного грунта.

### **Производительность бульдозеров**

Эксплуатационная производительность бульдозеров ( $\text{м}^3/\text{ч}$ ) при разработке и перемещении грунта равна:

$$П_{\sigma} = \frac{q \cdot k_{\Pi}}{t_{\text{ц}}} \cdot k_{\text{гр}} \cdot k_{\text{э}},$$

где  $q$  – объем грунта,  $\text{м}^3$ , перемещаемый бульдозером в начале транспортирования;

$k_{\Pi}$  – коэффициент, учитывающий потери грунта в процессе перемещения, определяемый по зависимости  $k_{\Pi} = 1 - 0,005 \cdot L_{\Pi}$ , где

$L_{\Pi}$  – дальность перемещения грунта, м;

$t_{\text{ц}}$  – время полного цикла работы бульдозера, ч;

$k_{гр}$  – коэффициент, учитывающий группу грунта по трудности разработки (таблица 1), принимаемый равным для грунтов первой группы 1,0, второй группы – 0,88, третьей группы – 0,75, четвертой группы – 0,60;

$k_э$  – коэффициент перехода от технической производительности к эксплуатационной,  $k_э = 0,8$ .

Объем грунта в плотном состоянии, перемещаемый бульдозером в начале транспортирования определяется по зависимости:

$$q = \frac{l \cdot h^2}{2 \cdot k_{пр} \cdot k_p},$$

где  $l$  – длина отвала, м;

$h$  – высота отвала, м;

$k_{пр}$  – поправочный коэффициент, принимаемый по таблице 2;

$k_p$  – коэффициент разрыхления, приблизительно равный коэффициенту запаса на уплотнение (таблица 3);

Время полного цикла работы бульдозера равно:

$$t_{ц} = t_{н} + t_{п} + t_{об} + t_{пер},$$

где  $t_{н}$  – затраты времени на нарезание (набор) грунта,  $t_{н} = 0,0025$  ч;

$t_{п}$  – затраты времени на перемещение грунта, ч;

$t_{об}$  – время обратного хода, ч;

$t_{пер}$  – затраты времени на переключение передач, подъем и опускание отвала,  $t_{пер} = 0,0015$  ч.

Время на перемещение грунта и обратного хода определяется из условия равномерного движения бульдозера:

$$t_{п} = \frac{L_{п}}{1000 \cdot v_{п}}, \quad t_{об} = \frac{L_{п} + 10}{1000 \cdot v_{об}},$$

где  $L_{п}$  – дальность перемещения грунта, м;

$v_{п}$ ,  $v_{об}$  – соответственно скорость движения бульдозера при перемещении грунта и при обратном (холостом) ходе, км/ч; при перемещении грунта скорость принимают 4...6 км/ч, при обратном ходе – 60...70 % от максимальной конструктивной скорости движения на задней передаче (обычно 5...6 км/ч).

Таблица 1 – Группы грунта по трудности разработки

Вид грунта	Группа грунта по трудности разработки:		
	бульдозерами	автогрейдерами	экскаваторами
Растительный грунт без корней древесно-кустарниковой растительности	I	I	I
Растительный грунт с корнями древесно-кустарниковой растительности или примесью щебня, гравия	II	–	I
Глина без примесей щебня, гравия	II	II	II
Глина с примесью щебня, гравия	III	III	III
Суглинок легкий без примесей	I	I	I
Суглинок тяжелый или с примесью щебня, гравия	II	II	II
Супесь	II	I	II
Песок	II	II	I
Гравийно-галечниковые грунты с размером частиц до 80 мм	II	III	I
Гравийно-галечниковые грунты с размером частиц свыше 80 мм	III	–	II
Гравийно-галечниковые грунты с размером частиц свыше 80 мм с содержанием валунов	IV	–	III

Таблица 2 – Значения поправочного коэффициента  $k_{пр}$

Отношение $h/l$	0,15	0,30	0,35	0,45	0,60
Значение $k_{пр}$ для связных грунтов	0,70	0,80	0,85	0,95	0,90
Значение $k_{пр}$ для несвязных грунтов	1,15	1,20	1,25	1,50	1,30

Эксплуатационная производительность бульдозера ( $m^3/ч$ ) при распределении грунта равна:

$$P_{б} = \frac{L_{пр} \cdot (l \cdot \sin \alpha - \Delta l) \cdot h_{сл} \cdot k_{зу} \cdot k_{э}}{n \cdot \left( \frac{\Phi \cdot L_{пр}}{1000 \cdot v_{пб}} + t_{пер} \right)},$$

где  $L_{пр}$  – для прохода при распределении грунта, м;

$\alpha$  – угол захвата (для бульдозеров с поворотным отвалом);

$\Delta l$  – ширина перекрытия следа, принимаемая равной 0,3...0,4 м;

$h_{сЛ}$  – толщина слоя в плотном теле, м;

$k_{зУ}$  – коэффициент запаса на уплотнение (таблица 3);

$\Phi$  – фактор, учитывающий условия производства работ; при рабочем ходе в двух направлениях  $\Phi = 1,2$ , в одном направлении  $\Phi = 2$ ;

$n$  – количество проходов по следу,  $n = 2 \dots 3$ .

Таблица 3 – Ориентировочные значения насыпной плотности и коэффициента запаса на уплотнение грунтов и материалов

№ п/п	Наименование грунта или материала	Насыпная плотность, т/м <sup>3</sup>	Коэффициент запаса на уплотнение
1	Крупнообломочный грунт	1,30	1,30...1,40
2	Песок (грунт)	1,30	1,20...1,25
3	Супесь	1,25	1,25...1,35
4	Суглинок	1,30	1,25...1,35
5	Глина	1,40	1,25...1,35
6	Щебень легкоуплотняемый	1,40	1,30...1,40
7	Щебень трудноуплотняемый, черный щебень	1,50	1,20...1,30
8	Щебеночно-песчаная смесь из легкоуплотняемого щебня	1,65	1,30...1,40
9	Щебеночно-песчаная смесь из трудноуплотняемого щебня	1,75	1,25...1,35
10	Гравийно-песчаная смесь	1,85	1,15...1,25
11	Песок (строительный), черный песок	1,50	1,10...1,15
12	Асфальтобетонная смесь	1,85	1,25...1,35
13	Цементобетонная смесь	2,25	1,10...1,15

Эксплуатационная производительность бульдозера (м<sup>2</sup>/ч) при планировании поверхности равна:

$$P_{б} = \frac{L_{пр} \cdot (l \cdot \sin \alpha - \Delta l) \cdot k_{з}}{n \cdot \left( \frac{\Phi \cdot L_{пр}}{1000 \cdot v_{пб}} + t_{пер} \right)}$$

Если эксплуатационную производительность бульдозера при планировании поверхности необходимо увязать с эксплуатационной производительностью бульдозера при разработке, перемещении или распределении грунта, то первую умножают на среднюю высоту насыпи и на коэффициент запаса на уплотнение.

## Производительность автогрейдеров

Эксплуатационная производительность автогрейдеров ( $\text{м}^3/\text{ч}$ ) при распределении грунта и дорожно-строительных материалов равна:

$$\Pi_a = \frac{L_{\text{пр}} \cdot (l_{\Gamma} \cdot \sin \alpha - \Delta l) \cdot h_{\text{сл}} \cdot k_{3y} \cdot k_{\text{э}}}{n \cdot \left( \frac{\Phi \cdot L_{\text{пр}}}{1000 \cdot v_{\text{ра}}} + t_{\text{пр}} \right)},$$

где  $L_{\text{пр}}$  – для прохода при распределении грунта или дорожно-строительных материалов, м;

$l_{\Gamma}$  – длина грейдерного отвала, м;

$\alpha$  – угол захвата, чаще всего  $\alpha = 60^\circ$ ;

$\Delta l$  – ширина перекрытия следа, принимаемая равной 0,3...0,4 м;

$h_{\text{сл}}$  – толщина слоя в плотном теле, м;

$k_{3y}$  – коэффициент запаса на уплотнение (таблица 3);

$k_{\text{э}}$  – коэффициент перехода от технической производительности автогрейдера к эксплуатационной,  $k_{\text{э}} = 0,8$ ;

$n$  – количество проходов по следу,  $n = 2...3$ ;

$\Phi$  – фактор, учитывающий условия производства работ; при рабочем ходе в двух направлениях  $\Phi = 1,2$ , в одном направлении  $\Phi = 2$ ;

$v_{\text{ра}}$  – скорость автогрейдера при распределении грунта и дорожно-строительных материалов, принимаемая равной 4...6 км/ч;

$t_{\text{пр}}$  – прочие затраты времени (на переключение передач, развороты, настройку отвала и т. д.);  $t_{\text{пр}} = 0,012$  ч.

Эксплуатационная производительность автогрейдера ( $\text{м}^2/\text{ч}$ ) при планировании поверхности равна:

$$\Pi_a = \frac{L_{\text{пр}} \cdot (l \cdot \sin \alpha - \Delta l) \cdot k_{\text{э}}}{n \cdot \left( \frac{\Phi \cdot L_{\text{пр}}}{1000 \cdot v_{\text{пла}}} + t_{\text{пр}} \right)},$$

где  $v_{\text{пла}}$  – скорость автогрейдера при планировании поверхности, равная в среднем 10...12 км/ч.

Если эксплуатационную производительность автогрейдера при планировании поверхности необходимо увязать с эксплуата-

ционной производительностью автогрейдера при распределении грунта или дорожно-строительных материалов, то первую умножают на среднюю высоту отсыпанной насыпи (толщину отсыпанного слоя материала) и на коэффициент запаса на уплотнение.

### Производительность экскаваторов

Эксплуатационная производительность одноковшовых экскаваторов ( $\text{м}^3/\text{ч}$ ) при разработке грунта равна:

$$P_{\text{экс}} = \frac{q}{t_{\text{ц}} \cdot k_{\text{р}}} \cdot k_{\text{н}} \cdot k_{\text{э}},$$

где  $q$  – объем ковша экскаватора,  $\text{м}^3$ ;

$t_{\text{ц}}$  – продолжительность рабочего цикла экскаватора, ч, принимается по таблице 5;

$k_{\text{р}}$  – коэффициент разрыхления, равный в среднем для связных грунтов (в том числе растительного) 1,20...1,30, песка – 1,10...1,15, крупнообломочных грунтов – 1,30...1,40;

$k_{\text{н}}$  – коэффициент наполнения ковша экскаватора, принимается по таблице 4;

$k_{\text{э}}$  – коэффициент перехода от технической производительности экскаватора к эксплуатационной,  $k_{\text{э}} = 0,7$  при разработке грунта с погрузкой в транспортные средства,  $k_{\text{э}} = 0,85$  при работе навывмет.

Таблица 4 – Коэффициент наполнения ковша экскаватора

Грунт	Коэффициент набора грунта экскаватора с оборудованием:		
	прямая лопата	обратная лопата	грейфер
Пылевато-глинистые грунты повышенной влажности	1,35	1,23	0,90
Глина	1,10	1,02	0,80
Суглинок	1,07	0,90	0,75
Супесь, песок, гравий	1,20	1,15	0,85
Крупнообломочный грунт	0,83	0,68	–

Таблица 5 – Продолжительность рабочего цикла одноковшовых экскаваторов

Объем ковша экскаватора, м <sup>3</sup>	Продолжительность цикла, ч, работы экскаватора с оборудованием:		
	прямая лопата	обратная лопата	драглайн и с грейферным ковшом
менее 1	0,0047	0,0054	0,0061
от 1 до 2	0,0051	0,0064	0,0069
свыше 2	0,0061	0,0079	0,0081

### Производительность автосамосвалов

Эксплуатационная производительность автосамосвалов (т/ч) при транспортировке грунта равна:

$$P_{\text{авт}} = \frac{Q}{\frac{2 \cdot L_{\text{тр}}}{v_{\text{тр}}} + t_{\text{п}} + t_{\text{пр}}} \cdot k_{\text{э}},$$

где  $Q$  – масса груза, транспортируемого автосамосвалом, т;

$L_{\text{тр}}$  – дальность транспортировки, км;

$v_{\text{тр}}$  – средняя скорость транспортировки, составляющая 45...55 км/ч при осуществлении транспортировки по дорогам с капитальным и усовершенствованным типами покрытия, 35...45 км/ч – с переходным типом покрытия, 25...35 км/ч – с низшим типом покрытия;

$t_{\text{п}}$  – время на погрузку автосамосвала, ч;

$t_{\text{пр}}$  – время на разгрузку автосамосвала и прочие затраты времени, принимаемое равным 0,05 ч при разгрузке материала или грунта непосредственно на основание, и  $(0,01 \cdot Q)$  ч при разгрузке в приемный бункер укладочных машин;

$k_{\text{э}}$  – коэффициент перехода от технической производительности автосамосвала к эксплуатационной,  $k_{\text{э}} = 0,85$ .

Масса груза, транспортируемого автосамосвалом при его загрузке экскаватором (погрузчиком), определяется из зависимости:

$$Q = q \cdot k_{\text{н}} \cdot \bar{n}_{\text{ковш}} \cdot \rho,$$

где  $q$  – объем ковша экскаватора (погрузчика), м<sup>3</sup>;

$k_{\text{н}}$  – коэффициент наполнения ковша экскаватора (погрузчика);

$\dot{n}_{\text{КОВШ}}$  – число ковшей экскаватора (погрузчика), за которые полностью загружается автосамосвал;

$\rho$  – насыпная плотность грунта или материала, т/м<sup>3</sup>.

Время на погрузку автосамосвала зависит от условий производства работ. При этом сравнивают между собой грузоподъемность автосамосвала и возможную массу перевозимого груза исходя из геометрического объема кузова с «шапкой»:

$$G_a \cup V_{\text{КШ}} \cdot \rho,$$

где  $G_a$  – грузоподъемность автосамосвала, т;

$V_{\text{КШ}}$  – объем кузова автосамосвала с «шапкой», м<sup>3</sup>;

1. При работе в комплексе с экскаватором или погрузчиком:

Если  $G_a < V_{\text{КШ}} \cdot \rho$ , то время на погрузку будет определяться из зависимости:

$$t_{\text{П}} = 1,5 \cdot t_{\text{Ц}} \cdot \dot{n}_{\text{КОВШ}},$$
$$\dot{n}_{\text{КОВШ}} = INT_{\downarrow} \left( \frac{G_a}{q \cdot k_{\text{Н}} \cdot \rho} \right),$$

где  $INT_{\downarrow}$  – оператор округления до ближайшего меньшего целого числа.

Если  $G_a > V_{\text{КШ}} \cdot \rho$ , то время на погрузку равно:

$$t_{\text{П}} = 1,5 \cdot t_{\text{Ц}} \cdot \dot{n}_{\text{КОВШ}},$$
$$\dot{n}_{\text{КОВШ}} = INT_{\downarrow} \left( \frac{V_{\text{КШ}}}{q \cdot k_{\text{Н}}} \right).$$

2. При загрузке автосамосвалов асфальтобетонной (цементобетонной) смесью непосредственно из смесителей:

Если  $G_a > V_{\text{КШ}} \cdot \rho$ , то время на погрузку автосамосвала определяют из зависимости:

$$t_{\text{П}} = 0,017 \cdot g \cdot INT_{\downarrow} \left( \frac{V_{\text{КШ}} \cdot \rho}{g} \right),$$

где  $g$  – масса одного замеса, т.

Если  $G_a < V_{\text{КШ}} \cdot \rho$ , то время на погрузку автосамосвала равно:

$$t_{\text{П}} = 0,017 \cdot g \cdot INT_{\downarrow} \left( \frac{G_a}{g} \right),$$

3. При загрузке автосамосвалов асфальтобетонной (цементобетонной) смесью из накопительного бункера время на погрузку автосамосвала принимается равным 0,015 ч.

### **Производительность катков**

Производительность катков зависит от толщины уплотняемого слоя и количества проходов по следу. В то же время, толщина уплотняемого слоя и количество проходов по следу зависят от типа и характеристик катка и уплотняемой среды, а также требуемого коэффициента уплотнения.

Для начала определяют рекомендуемую толщину уплотняемого слоя и соответствующее ей требуемое число проходов по следу. При этом в расчете принимают распределенную нагрузку (Н/м), определяемую из зависимости:

$$q = \frac{Q}{B_B},$$

где  $Q$  – вес, приходящийся на валец, Н;

$B_B$  – ширина вальца (уплотняемой полосы), м.

### **Гладковальцовые катки**

Для гладковальцовых катков оптимальную (рациональную с точки зрения наибольшей эффективности применения уплотняющей техники) толщину уплотняемого слоя грунта в плотном теле (м) ориентировочно можно определить по зависимости:

$$h_{\text{сл}}^{\text{opt}} = 0,01 \cdot \text{INT}_5 \left( k_{\Gamma} \cdot k_{\text{д}} \cdot \sqrt{0,5 \cdot q \cdot D_B} \right),$$

где  $\text{INT}_5$  – оператор округления до ближайшего числа кратного 5;

$k_{\Gamma}$  – коэффициент, зависящий от типа уплотняемого грунта; для связных грунтов  $k_{\Gamma} = 0,15$ , для крупнообломочных грунтов – 0,17, для песков – 0,20;

$k_{\text{д}}$  – коэффициент динамичности; при уплотнении без вибрации значение коэффициента принимается равным 1,0, а с вибрацией – в соответствии с таблицей 6;

$q$  – распределенная нагрузка, Н/м;

$D_B$  – диаметр вальца, м.

Таблица 6 – Значения коэффициента динамичности

Наименование грунта	Значение коэффициента динамичности
Крупнообломочный грунт с содержанием пылевато-глинистых частиц до 10 %	1,9
Крупнообломочный грунт с содержанием пылевато-глинистых частиц от 10 до 25 %	1,7
Крупнообломочный грунт с содержанием пылевато-глинистых частиц от 25 до 50 %	1,5
Песок	1,5
Супесь	1,3
Суглинок легкий	1,2
Суглинок тяжелый	1,15
Глина	1,10

Требуемое количество проходов гладковальцового катка по следу находится по зависимости:

$$n_{\text{пр}} = INT_{\uparrow} \left( \frac{320 \cdot k_{\text{упл}}^{13,5}}{k_{\Gamma} \cdot \sqrt{0,5 \cdot k_{\text{д}} \cdot q \cdot D_{\text{в}}}} \cdot e^{4,5 \cdot (h_{\text{сл}} - h_{\text{сл}}^{\text{opt}})} \cdot \frac{h_{\text{сл}}}{h_{\text{сл}}^{\text{opt}}} \right),$$

где  $INT_{\uparrow}$  – оператор округления до ближайшего большего целого числа;

$k_{\text{упл}}$  – требуемый коэффициент уплотнения грунта;

$h_{\text{сл}}$  – фактическая толщина уплотняемого слоя в плотном теле, м.

Нетрудно заметить, что если фактическая толщина уплотняемого слоя в плотном теле соответствует оптимальной толщине, то требуемое количество проходов катка по следу можно определить из зависимости:

$$n_{\text{пр}} = INT_{\uparrow} \left( \frac{320 \cdot k_{\text{упл}}^{13,5}}{k_{\Gamma} \cdot \sqrt{0,5 \cdot k_{\text{д}} \cdot q \cdot D_{\text{в}}}} \right).$$

### **Кулачковые катки**

Для кулачковых катков оптимальную (рациональную с точки зрения наибольшей эффективности применения) толщину уплотняемого слоя грунта (м) ориентировочно можно определить по зависимости:

$$h_{\text{сл}}^{\text{opt}} = 0,01 \cdot \text{INT}_5 \left( k_{\text{д}} \cdot k_{\text{Г}} \cdot \sqrt{0,5 \cdot q \cdot D_{\text{В}}} + 1,5 \cdot \sqrt{F} - 5 \right),$$

где  $\text{INT}_5$  – оператор округления до ближайшего числа кратного 5;  
 $k_{\text{д}}$  – коэффициент динамичности; при уплотнении без вибрации значение коэффициента принимается равным 1,0, а с вибрацией – в соответствии с таблицей 6;

$k_{\text{Г}}$  – коэффициент, зависящий от типа уплотняемого грунта; для связных грунтов  $k_{\text{Г}} = 0,15$ , для крупнообломочных грунтов – 0,17;  
 $q$  – распределенная нагрузка, Н/м;

$D_{\text{В}}$  – диаметр вальца, м;

$F$  – площадь контактной поверхности кулачка, см<sup>2</sup>.

Количество проходов кулачкового катка по следу определяется из зависимости:

$$n_{\text{пр}} = \text{INT}_{\uparrow} \left( \frac{20000 \cdot \pi \cdot D_{\text{В}} \cdot B_{\text{В}} \cdot k_{\text{УПЛ}}^{13,5}}{F \cdot N_{\text{кул}}} \right) \cdot e^{4,5 \cdot \left( h_{\text{сл}} - h_{\text{сл}}^{\text{opt}} \right) \cdot \frac{h_{\text{сл}}}{h_{\text{сл}}^{\text{opt}}}},$$

где  $\text{INT}_{\uparrow}$  – оператор округления до ближайшего большего целого числа;

$k_{\text{УПЛ}}$  – требуемый коэффициент уплотнения грунта;

$h_{\text{сл}}$  – фактическая толщина уплотняемого слоя в плотном теле, м;

$N_{\text{кул}}$  – количество кулачков на вальце.

Если фактическая толщина уплотняемого слоя в плотном теле соответствует оптимальной толщине, то требуемое количество проходов катка по следу можно определить из зависимости:

$$n_{\text{пр}} = \text{INT}_{\uparrow} \left( \frac{20000 \cdot \pi \cdot D_{\text{В}} \cdot B_{\text{В}} \cdot k_{\text{УПЛ}}^{13,5}}{F \cdot N_{\text{кул}}} \right).$$

### ***Катки на пневматических шинах***

Для катков на пневматических шинах оптимальную (рациональную с точки зрения наибольшей эффективности применения) толщину уплотняемого слоя грунта (м) ориентировочно можно определить по зависимости:

$$h_{\text{сл}}^{\text{opt}} = 0,01 \cdot \text{INT}_5 \left( k_{\text{Г}} \cdot \sqrt{Q_{\text{ш}}} \right),$$

где  $\text{INT}_5$  – оператор округления до ближайшего числа кратного 5;

$k_{\Gamma}$  – коэффициент, зависящий от типа уплотняемого грунта; для связных грунтов  $k_{\Gamma} = 0,15$ , для крупнообломочных грунтов –  $0,17$ , для песков –  $0,20$ ;

$Q_{\text{ш}}$  – вес, приходящийся на одну шину, Н.

Требуемое количество проходов катка на пневматических шинах по следу находится по зависимости:

$$n_{\text{пр}} = INT_{\uparrow} \left( \frac{320 \cdot k_{\text{упл}}^{13,5}}{k_{\Gamma} \cdot \sqrt{Q_{\text{ш}}}} \cdot e^{4,5 \cdot (h_{\text{сл}} - h_{\text{сл}}^{\text{opt}})} \cdot \frac{h_{\text{сл}}}{h_{\text{сл}}^{\text{opt}}} \right),$$

где  $INT_{\uparrow}$  – оператор округления до ближайшего большего целого числа;

$k_{\text{упл}}$  – требуемый коэффициент уплотнения грунта;

$h_{\text{сл}}$  – фактическая толщина уплотняемого слоя в плотном теле, м.

Если фактическая толщина уплотняемого слоя в плотном теле соответствует оптимальной толщине, то требуемое количество проходов катка по следу можно определить из зависимости:

$$n_{\text{пр}} = INT_{\uparrow} \left( \frac{320 \cdot k_{\text{упл}}^{13,5}}{k_{\Gamma} \cdot \sqrt{Q_{\text{ш}}}} \right).$$

Производительность любых катков равна:

$$П_{\text{к}} = \frac{(B_{\text{п}} - B_{\text{пер}}) \cdot L_{\text{пр}} \cdot h_{\text{сл}} \cdot k_{\text{зу}} \cdot k_{\text{попр}} \cdot k_{\text{э}}}{\left( \frac{L_{\text{пр}}}{1000 \cdot \nu_{\text{к}}} + t_{\text{пр}} \right) \cdot n_{\text{пр}}},$$

где  $B_{\text{п}}$  – ширина уплотняемой полосы, м;

$B_{\text{пер}}$  – ширина перекрытия следа, м; если нет особых указаний по ширине перекрытия следа, то ее назначают равную  $1/3$  от ширины уплотняемой полосы;

$L_{\text{пр}}$  – длина прохода катка, м;

$h_{\text{сл}}$  – толщина уплотняемого слоя в плотном теле, м;

$k_{\text{зу}}$  – коэффициент запаса на уплотнение (таблица 3);

$k_{\text{попр}}$  – поправочный коэффициент, принимаемый равным  $1,0$  для самоходных катков и  $0,8$  для прицепных катков;

$k_{\text{э}}$  – коэффициент перехода от технической производительности к эксплуатационной,  $k_{\text{э}} = 0,8$ ;

$v_{\text{к}}$  – средняя рабочая скорость катка, составляющая преимущественно от 3,5 до 4,5 км/ч;

$t_{\text{пр}}$  – прочие затраты времени катка,  $t_{\text{пр}} = 0,003$  ч;

$n_{\text{пр}}$  – требуемое число проходов катка по следу.

Если требуется определить производительность катков по площади, то в расчетной формуле производительности умножение на толщину уплотняемого слоя в плотном теле и на коэффициент запаса на уплотнение не производится, а производительность имеет размерность  $\text{м}^2/\text{ч}$ .

Для рационального комплектования машино-дорожного отряда на возведение земляного полотна изначально определяется ведущая машина. За ведущую машину, как правило, принимается та, которая имеет наименьшую производительность (за исключением автосамосвалов). Производительность данной ведущей машины принимается за минимально целесообразный объем работ, выполняемый машино-дорожным отрядом в час. Максимально целесообразный объем работ назначается как произведение производительности ведущей машины на 4,2. Далее определяется шаг приращения часового объема работ:

$$\Delta V = INT_{10}(0,1 \cdot V_{\text{min}}),$$

где  $INT_{10}$  – оператор округления до ближайшего числа кратного 10;  
 $V_{\text{min}}$  – минимально целесообразный часовой объем работ,  $\text{м}^3/\text{ч}$ .

После этого составляется матрица зависимости коэффициентов использования машин при выполнении технологических операций (таблица 7). При этом под коэффициентом использования понимается логическое отношение часового объема работ к производительности машины:

$$k_{\text{исп}} = \frac{V_{\text{работ}}}{\Pi_{\text{маш}} \cdot INT_{IF\downarrow}(N_{\text{маш}})},$$

где  $V_{\text{работ}}$  – принятый часовой объем работ,  $\text{м}^3$ ;

$\Pi_{\text{маш}}$  – производительность машины,  $\text{м}^3/\text{ч}$ ;

$INT_{IF\downarrow}(N_{\text{маш}})$  – минимальное целочисленное количество машин, обеспечивающих коэффициент использования не более 1.

Таблица 7 – Матрица зависимости коэффициентов использования машин при выполнении технологических операций

Часовой объем работ, м <sup>3</sup>	Коэффициент использования и требуемое число машин								
	Бульдозер (снятие растительного слоя)		Автогрейдер (планировка основания и распределение доставленного грунта)		Экскаватор (разработка грунта в карьере или выемке)		Кагок (доуплотнение основания и уплотнение распределенного грунта)		Сумма коэффициентов использования машин
	$k_{исп}^б$	$N_б$	$k_{исп}^а$	$N_а$	$k_{исп}^э$	$N_э$	$k_{исп}^к$	$N_к$	
$V_{min}$									
$V_{min} + \Delta V$									
...									
$4,2 \cdot V_{min}$									

Если одна и та же машина используется на нескольких технологических операциях, то коэффициент использования машины рассчитывается по зависимости:

$$k_{исп} = \sum_{i=1}^n \frac{V_{работ}}{(\Pi_{маш})_i \cdot INT_{IF\downarrow}(N_{маш})}$$

где  $(\Pi_{маш})_i$  – производительность машины при выполнении  $i$ -й операции, м<sup>3</sup>/ч;

$n$  – количество операций, на которых используется машина.

На основе матрицы зависимости коэффициентов использования машин при выполнении технологических операций определяется сумма коэффициентов использования всех машин, которая и служит критерием оценки достижения оптимального сменного объема работ. Для этого строится график зависимости суммарного коэффициента использования всех машин и числа машин в зависимости от часового объема работ.

Так как необходимо стремиться, чтобы количество единиц техники было по возможности минимальным, то на основании данных, представленных на графике зависимости суммарного коэффициента использования машин от часового объема работ, выбираются и сравниваются суммарные коэффициенты использова-

ния машин только на тех часовых объемах работ, где имеются максимальные экстремумы. Если максимальный экстремум, соответствующий меньшему количеству единиц техники превышает экстремум, соответствующий большему количеству единиц техники, то за оптимальный часовой объем работ принимается тот, который соответствует меньшему количеству единиц техники. В противном случае определяется отношение:

$$\Omega = \frac{\sum(k_{\text{исп}})_{\text{max}} - \sum(k_{\text{исп}})_{\text{min}}}{\sum(k_{\text{исп}})_{\text{max}}},$$

где  $\sum(k_{\text{исп}})_{\text{max}}$  – суммарный коэффициент использования всех машин при максимальном количестве единиц техники;

$\sum(k_{\text{исп}})_{\text{min}}$  – суммарный коэффициент использования всех машин при минимальном количестве единиц техники.

Если  $\Omega$  меньше 10 %, то за оптимальный часовой объем работ принимается тот, при котором наблюдается экстремум при минимальном количестве единиц техники, в противном случае – при максимальном. После определения оптимального часового объема работ комплектуют машино-дорожный отряд на возведение земляного полотна и численно-квалификационный состав рабочих.

### ***ПРИМЕР***

Необходимо сформировать машино-дорожный отряд для проведения работ по возведению земляного полотна автомобильной дороги Iв категории с шестью полосами движения со средней высотой насыпи 2,5 м, устраиваемой из крупнообломочного грунта с содержанием пылевато-глинистой фракции менее 5 % с размером обломков до 80 мм, доставляемого из грунтового карьера, располагаемого на расстоянии 3,5 км от дороги. Растительный слой представляет собой грунт с примесью щебня и гравия толщиной 0,25 м. Растительный грунт снимается и формируются бурты с двух сторон от дороги при средней дальности перемещения 22 м.

Для того чтобы правильно рассчитать производительность всех дорожно-строительных машин, необходимо знать слоями какой толщины необходимо отсыпать насыпь. Для этого в первую очередь необходимо определить тип катка и оптималь-

ную толщину уплотняемого слоя. Выберем из различных типов катков тот, который обеспечит наибольшую производительность.

Пусть имеется 3 типа самоходных катков: гладковальцовый с вибрационным модулем, кулачковый каток с вибровальцовым модулем, каток на пневматических шинах. Технические характеристики катков представлены в таблицах 8-10.

Таблица 8 – Технические характеристики грунтового гладковальцового катка НАММ 3518

№ п/п	Наименование характеристики	Ед. изм.	Значение
1	Эксплуатационная масса	т	17,8
2	Вес на вибравальцовый модуль	Н	107700
3	Ширина вальца	м	2,22
4	Диаметр вальца	м	1,60

Таблица 9 – Технические характеристики грунтового кулачкового катка НАММ 3414 НТ Р

№ п/п	Наименование характеристики	Ед. изм.	Значение
1	Эксплуатационная масса	т	14,3
2	Вес на вибравальцовый модуль	Н	82800
3	Ширина вальца	м	2,14
4	Диаметр вальца	м	1,68
5	Количество кулачков на вальце	шт.	140
6	Площадь контактной поверхности кулачка	см <sup>2</sup>	154

Таблица 10 – Технические характеристики катка на пневматических шинах CATERPILLAR PS-500

№ п/п	Наименование характеристики	Ед. изм.	Значение
1	Эксплуатационная масса	т	35
2	Ширина уплотнения	м	2,42
3	Вес на одну шину	Н	50000

### **Гладковальцовый каток**

$$h_{сл}^{opt} = 0,01 \cdot INT_5 \left( 0,17 \cdot 1,9 \cdot \sqrt{0,5 \cdot \frac{107700}{2,22} \cdot 1,60} \right) = 0,65 \text{ м.}$$

$$n_{пр} = INT_{\uparrow} \left( \frac{320 \cdot 0,98^{13,5}}{0,17 \cdot \sqrt{0,5 \cdot 1,9 \cdot \frac{107700}{2,22} \cdot 1,60}} \right) = 6 \text{ проходов.}$$

$$P_K = \frac{(2,22 - 0,74) \cdot 50 \cdot 0,65 \cdot 1,35 \cdot 1,0 \cdot 0,8}{\left(\frac{50}{1000 \cdot 4} + 0,003\right) \cdot 6} = 559 \text{ м}^3/\text{ч.}$$

### ***Кулачковый каток***

$$h_{\text{сЛ}}^{\text{opt}} = 0,01 \cdot \text{INT}_5 \left( 1,9 \cdot 0,17 \cdot \sqrt{0,5 \cdot \frac{82800}{2,14} \cdot 1,68 + 1,5 \cdot \sqrt{154} - 5} \right) = 0,70 \text{ м.}$$

$$n_{\text{пр}} = \text{INT}_{\uparrow} \left( \frac{20000 \cdot \pi \cdot 1,68 \cdot 2,14 \cdot 0,98^{13,5}}{154 \cdot 140} \right) = 8 \text{ проходов.}$$

$$P_K = \frac{(2,14 - 0,71) \cdot 50 \cdot 0,70 \cdot 1,35 \cdot 1,0 \cdot 0,8}{\left(\frac{50}{1000 \cdot 4} + 0,003\right) \cdot 8} = 436 \text{ м}^3/\text{ч.}$$

### ***Каток на пневматических шинах***

$$h_{\text{сЛ}}^{\text{opt}} = 0,01 \cdot \text{INT}_5 (0,17 \cdot \sqrt{50000}) = 0,40 \text{ м.}$$

$$n_{\text{пр}} = \text{INT}_{\uparrow} \left( \frac{320 \cdot 0,98^{13,5}}{0,17 \cdot \sqrt{50000}} \right) = 7 \text{ проходов.}$$

$$P_K = \frac{(2,42 - 0,81) \cdot 50 \cdot 0,40 \cdot 1,35 \cdot 1,0 \cdot 0,8}{\left(\frac{50}{1000 \cdot 4} + 0,003\right) \cdot 7} = 321 \text{ м}^3/\text{ч.}$$

Результаты расчетов показывают, что наибольшую производительность имеет гладковальцовый каток, в связи с чем и принимаем его в качестве основной уплотняющей техники.

Рассчитаем производительность гладковальцового катка при доуплотнении основания насыпи. Так как производительность при доуплотнении основания насыпи считается по площади, то для того, чтобы иметь возможность включить данную технику в состав машино-дорожного отряда, рассчитываем ее производительность по площади, а далее ее умножаем на среднюю высоту отсыпаемой насыпи и коэффициент запаса на уплотнение:

$$P_K^{\text{ф}} = \frac{(2,22 - 0,74) \cdot 50 \cdot 1,0 \cdot 0,8}{\left(\frac{50}{1000 \cdot 4} + 0,003\right) \cdot 6} \cdot 2,5 \cdot 1,35 = 2148 \text{ м}^3/\text{ч.}$$

### **Производительность бульдозера**

Рассчитаем производительность бульдозера DRESSTA TD25H. Технические характеристики приведены в таблице 11.

Таблица 11 – Технические характеристики бульдозера DRESSTA TD25H

№ п/п	Наименование характеристики	Ед. изм.	Значение
1	Эксплуатационная масса	т	35,5
2	Объем призмы волочения	м <sup>3</sup>	5,35

$$t_{\text{п}} = \frac{22}{1000 \cdot 5} = 0,0044 \text{ ч}, \quad t_{\text{об}} = \frac{22 + 10}{1000 \cdot 5,5} = 0,0058 \text{ ч.}$$

$$t_{\text{ц}} = 0,0025 + 0,0044 + 0,0058 + 0,0015 = 0,0142 \text{ ч.}$$

$$k_{\text{п}} = 1 - 0,005 \cdot 22 = 0,89.$$

$$П_{\text{б}} = \frac{5,35 \cdot 0,89}{0,0142} \cdot 0,88 \cdot 0,8 = 236 \text{ м}^3/\text{ч.}$$

Так как объем работ по снятию растительного слоя на одном погонном метре автомобильной дороги не соответствует объему работ по возведению земляного полотна, то для включения бульдозера в состав машино-дорожного отряда с определением коэффициента использования машины, необходимо скорректировать его производительность. Для этого рассчитываем объем работ по возведению земляного полотна и снятию растительного слоя на одном погонном метре дороги:

- при возведении земляного полотна

$$V_{\text{з/п}} = \frac{28 + 48}{2} \cdot 2,5 = 95 \text{ м}^3;$$

- при снятии растительного слоя грунта

$$V_{\text{р/сл}} = 48 \cdot 0,25 = 12 \text{ м}^3.$$

Таким образом, фактическая производительность бульдозера в составе машино-дорожного отряда, обеспечивающего ритмичность производства работ, составляет:

$$П_{\text{б}}^{\text{ф}} = \frac{V_{\text{з/п}}}{V_{\text{р/сл}}} \cdot П_{\text{б}} = \frac{95}{12} \cdot 236 = 1868 \text{ м}^3/\text{ч.}$$

### ***Производительность автогрейдера***

Технические характеристики автогрейдера VOLVO G780B приведены в таблице 12.

Таблица 12 – Технические характеристики автогрейдера VOLVO G780B

№ п/п	Наименование характеристики	Ед. изм.	Значение
1	Эксплуатационная масса	т	19,6
2	Длина грейдерного отвала	м	4,27

Производительность автогрейдера при распределении грунта равна:

$$P_a = \frac{50 \cdot (4,27 \cdot \sin 60^\circ - 0,35) \cdot 0,65 \cdot 1,35 \cdot 0,8}{2 \cdot \left( \frac{2 \cdot 50}{1000 \cdot 5} + 0,012 \right)} = 1836 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Для планировки основания также используем автогрейдер. Так как производительность при планировке основания насыпи считается по площади, то для того, чтобы иметь возможность включить данную технику в состав машино-дорожного отряда, рассчитываем ее производительность по площади, а далее ее умножаем на среднюю высоту отсыпаемой насыпи и коэффициент запаса на уплотнение:

$$P_{a\phi} = \frac{50 \cdot (4,27 \cdot \sin 60^\circ - 0,35) \cdot 0,8}{2 \cdot \left( \frac{2 \cdot 50}{1000 \cdot 5} + 0,012 \right)} \cdot 2,5 \cdot 1,35 = 10760 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

### ***Производительность экскаватора***

Технические характеристики экскаватора с ковшом «обратная лопата» VOLVO EC460B приведены в таблице 13.

Таблица 13 – Технические характеристики экскаватора VOLVO EC460B

№ п/п	Наименование характеристики	Ед. изм.	Значение
1	Эксплуатационная масса	т	44,3
2	Емкость ковша	м <sup>3</sup>	3,78

$$P_{\text{экс}} = \frac{3,78}{0,0079 \cdot 1,35} \cdot 0,68 \cdot 0,7 = 169 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Далее сводим в единую таблицу все машины, используемые для возведения земляного полотна с указанием производительности каждой из них (таблица 14).

Таблица 14 – Производительности машин, используемых при проведении работ по возведению земляного полотна

№ п/п	Наименование операции	Наименование машин	Модель	Производительность, м <sup>3</sup> /ч
1	Снятие растительного слоя	Бульдозер	DRESSTA TD25H	1868
2	Планировка основания насыпи	Автогрейдер	VOLVO G780B	10760
3	Доуплотнение основания насыпи	Гладковальцовый виброкаток	HAMM 3518	2148
4	Разработка грунта в карьере	Экскаватор	VOLVO EC460B	169
5	Распределение грунта	Автогрейдер	VOLVO G780B	1836
6	Уплотнение грунта	Гладковальцовый виброкаток	HAMM 3518	559

Данные свидетельствуют, что наименьшую производительность имеет экскаватор, следовательно, данная машина является ведущей. Значит, минимально целесообразный объем работ составляет 170 м<sup>3</sup>/ч, а максимально целесообразный – 710 м<sup>3</sup>/ч. Шаг приращения составляет:

$$\Delta V = INT_{10}(0,1 \cdot 169) = 20 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Составляем матрицу зависимости коэффициентов использования машин при выполнении технологических операций, на основании которой строим график зависимости суммарного коэффициента использования всех машин и числа машин в зависимости от часового объема работ (рисунки 1, 2).

Так как на рисунке 1 имеем экстремумы при часовом объеме работ 440 м<sup>3</sup>/ч и 660 м<sup>3</sup>/ч, причем экстремум, соответствующий меньшему количеству единиц техники, не превышает экстремум, соответствующий большему количеству единиц техники, то чтобы определить оптимальный часовой объем работ рассчитываем:

$$\Omega = \frac{2,53 - 2,40}{2,53} \cdot 100 = 5,1 \text{ \%}.$$

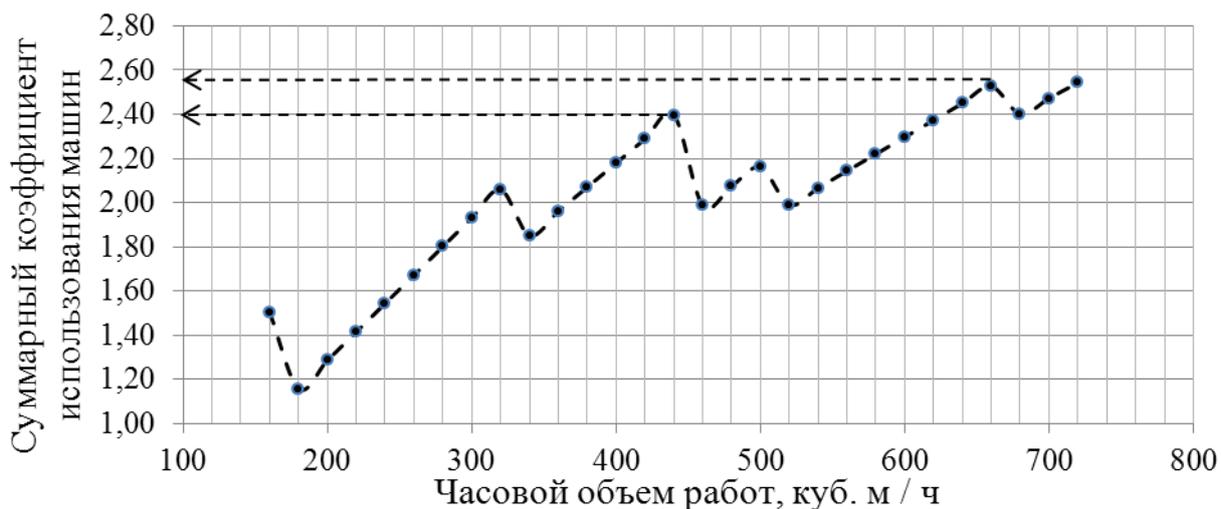


Рисунок 1 – Зависимость суммарного коэффициента использования машин от часового объема работ

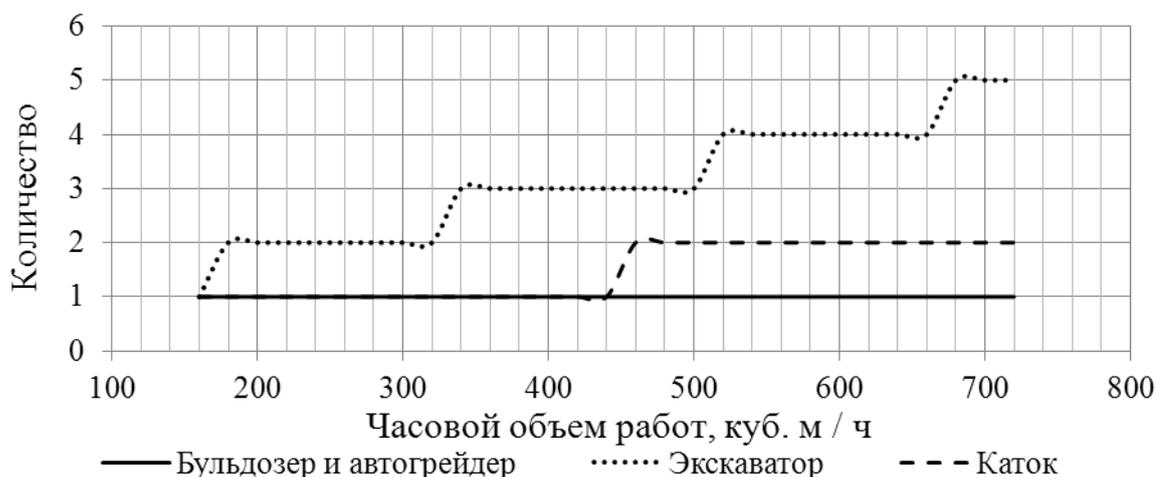


Рисунок 2 – Зависимость количества машин от часового объема работ

Так как величина  $\Omega$  меньше 10 %, то оптимальный часовой объем работ принят 440 м<sup>3</sup>/ч. Машино-дорожный отряд на возведение земляного полотна представлен в таблице 15, численно-квалификационный состав рабочих машино-дорожного отряда – в таблице 16.

Далее необходимо определить количество автосамосвалов, достаточное для обеспечения ритмичности производства работ машино-дорожным отрядом. Для этого изначально определяем модель автосамосвала, наиболее подходящую для работы в комплексе с экскаваторами.

Таблица 15 – Машино-дорожный отряд на возведение земляного полотна

№ п/п	Наименование машин и оборудования	Модель	Кол-во	Коэффициент использования
1	Бульдозер	DRESSTA TD25H	1	0,24
2	Автогрейдер	VOLVO G780B	1	0,30
3	Экскаватор	VOLVO EC460B	3	0,87
4	Каток	HAMM 3518	1	0,99

Таблица 16 – Численно-квалификационный состав рабочих машино-дорожного отряда на возведение земляного полотна

№ п/п	Квалификация	Разряд	Число рабочих
1	Машинист бульдозера	6	1
2	Машинист автогрейдера	6	1
3	Машинист экскаватора	6	3
4	Машинист катка	6	1
5	Дорожный рабочий	3	1

Так как оптимальным считается вариант, при котором кузов автосамосвала полностью заполняется за 3...5 ковшей, а объем ковша принятого экскаватора VOLVO EC460B составляет 3,78 м<sup>3</sup>, то оптимальный объем кузова автосамосвала «с шапкой» должен составлять:

$$\text{- минимальный } q \cdot k_H \cdot n_{\text{КОВШ}}^{\min} = 3,78 \cdot 0,68 \cdot 3 = 7,7 \text{ м}^3;$$

$$\text{- максимальный } q \cdot k_H \cdot n_{\text{КОВШ}}^{\max} = 3,78 \cdot 0,68 \cdot 5 = 12,9 \text{ м}^3.$$

Походящим является автосамосвал КАМАЗ 6540 с объемом кузова с шапкой 11 м<sup>3</sup> и грузоподъемностью 18,5 т. Сравним между собой грузоподъемность автосамосвала и возможную массу перевозимого груза исходя из геометрического объема кузова с шапкой, учитывая, что средняя насыпная плотность грунта составляет 1,75 т/м<sup>3</sup>:

$$G_a = 18,5 \cup V_{\text{КШ}} \cdot \rho = 11 \cdot 1,75 = 19,3.$$

Так как грузоподъемность автосамосвала меньше возможной массы перевозимого груза исходя из геометрического объема кузова с шапкой, то количество ковшей, за которые будет полностью загружен автосамосвал, время на погрузку автосамосвала и масса груза, которую он будет перевозить за один цикл, равно:

$$\dot{n}_{\text{КОВШ}} = INT_{\downarrow} \left( \frac{18,5}{3,78 \cdot 0,68 \cdot 1,75} \right) = 4,$$

$$t_{\text{П}} = 1,5 \cdot 0,0079 \cdot 4 = 0,0474 \text{ ч},$$

$$Q = 3,78 \cdot 0,68 \cdot 4 \cdot 1,75 = 18,0 \text{ т}.$$

Масса груза, перевозимого автосамосвалом, не превышает его грузоподъемности, следовательно, расчеты выполнены верно. Производительность автосамосвала равна:

$$П_{\text{авт}} = \frac{18}{\frac{2 \cdot 3,5}{30} + 0,0474 + 0,05} \cdot 0,85 = 46,3 \text{ т/ч}.$$

Чтобы увязать производительность автосамосвалов с оптимальным часовым объемом работ, разделим производительность автосамосвала на насыпную плотность грунта:

$$П_{\text{авт}} = \frac{46,3}{1,75} = 26,4 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Определяем количество автосамосвалов, достаточное для обеспечения ритмичности производства работ машино-дорожным отрядом:

$$N_{\text{авт}} = INT_{\uparrow} \left( \frac{440}{26,4} \right) = 17.$$

Таким образом, для обеспечения ритмичности производства работ машино-дорожного отряда на возведение земляного полотна необходимо обеспечить его дополнительно 17 автосамосвалами (включая 17 водителей).

## 2 ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 2

### Формирование машино-дорожного отряда на строительство слоя основания из зернистого материала

Цель работы: научиться формировать машино-дорожный отряд для проведения работ по строительству слоя основания автомобильной дороги из зернистого материала, обеспечивающий достижение оптимальной длины захватки.

Для рационального комплектования машино-дорожного отряда для проведения работ по строительству слоя основания из

зернистого материала необходимо выявить комплекс выполняемых технологических операций. Если не рассматривать способы, предусматривающие укрепление зернистых материалов различными вяжущими, то можно выделить три вида конструктивных слоев дорожной одежды из зернистых материалов:

***Конструктивный слой из песка (щебеночно-песчаной, гравийно-песчаной смеси)***

Основные технологические операции включают в себя:

- погрузка песка (щебеночно-песчаной, гравийно-песчаной смеси) из притрассового склада фронтальным погрузчиком в автосамосвалы;
- транспортировка песка (щебеночно-песчаной, гравийно-песчаной смеси) автосамосвалами из притрассового склада на объект;
- распределение песка (щебеночно-песчаной, гравийно-песчаной смеси) автогрейдерами;
- увлажнение песка (щебеночно-песчаной, гравийно-песчаной смеси) поливомоечными машинами;
- уплотнение песка (щебеночно-песчаной, гравийно-песчаной смеси) катками.

***Конструктивный слой из щебня по методу заклинки***

Основные технологические операции включают в себя:

- погрузка щебня основной фракции из притрассового склада фронтальным погрузчиком в автосамосвалы;
- транспортировка щебня основной фракции автосамосвалами из притрассового склада на объект;
- распределение щебня основной фракции автогрейдерами;
- увлажнение щебня основной фракции поливомоечными машинами;
- уплотнение щебня основной фракции катками;
- погрузка щебня расклинивающей фракции из притрассового склада фронтальным погрузчиком в автосамосвалы;
- транспортировка щебня расклинивающей фракции автосамосвалами из притрассового склада на объект;
- распределение щебня расклинивающей фракции щебне-распределителями или вручную;
- увлажнение щебня расклинивающей фракции поливомоечными машинами;
- уплотнение щебня расклинивающей фракции катками.

## Производительность фронтальных погрузчиков

Эксплуатационная производительность одноковшовых фронтальных погрузчиков ( $\text{м}^3/\text{ч}$ ) при погрузке в автосамосвалы сыпучего материала или грунта равна:

$$P_{\text{погр}} = \frac{q}{t_{\text{ц}} \cdot k_{\text{р}}} \cdot k_{\text{н}} \cdot k_{\text{э}},$$

где  $q$  – вместимость ковша,  $\text{м}^3$ ;

$t_{\text{ц}}$  – продолжительность рабочего цикла фронтального погрузчика, ч,  $t_{\text{ц}} = 0,013$  ч при дальности перемещения груза до 10 м; на каждые последующие 10 м дальности перемещения к времени цикла следует добавлять по 0,008 ч;

$k_{\text{р}}$  – коэффициент разрыхления, приблизительно равный коэффициенту запаса на уплотнение грунта или материала (таблица 3);

$k_{\text{н}}$  – коэффициент наполнения ковша, равный для сыпучих мелкокусковых материалов (песок, мелкий щебень и гравий, щебеночно-песчаные и гравийно-песчаные смеси) 1,15, сыпучих среднекусковых материалов (щебень, гравий) – 0,95, сыпучих крупнокусковых материалов (бутовый камень) – 0,70, грунтов – 0,85;

$k_{\text{э}}$  – коэффициент перехода от технической производительности к эксплуатационной,  $k_{\text{э}} = 0,7$ .

Длина возможной захватки, обуславливаемая производительностью фронтального погрузчика, определяется зависимостью:

$$L_{\text{захв}} = \frac{P_{\text{погр}}}{b_{\text{сл}} \cdot h_{\text{сл}} \cdot k_{\text{зу}}},$$

где  $b_{\text{сл}}$  – ширина устраиваемого слоя, м;

$h_{\text{сл}}$  – толщина устраиваемого слоя, м;

$k_{\text{зу}}$  – коэффициент запаса на уплотнение (таблица 3).

Если каменный материал распределяется с заданным расходом на единицу площади, то длина захватки составляет:

$$L_{\text{захв}} = \frac{1000 \cdot P_{\text{погр}}}{N_{\text{р}} \cdot b_{\text{сл}}},$$

где  $N_{\text{р}}$  – норма расхода зернистого материала,  $\text{м}^3/1000 \text{ м}^2$ ;

$b_{\text{сл}}$  – ширина устраиваемого слоя, м.

Длина возможной захватки для автогрейдера и катков определяется по аналогичной зависимости, что и для одноковшовых фронтальных погрузчиков.

### **Производительность поливомоечных машин**

Эксплуатационная производительность поливомоечных машин ( $\text{м}^3/\text{ч}$ ) определяется из зависимости:

$$P_{\text{пм}} = \frac{V_{\text{ц}} \cdot k_{\text{э}}}{0,1 \cdot V_{\text{ц}} + \frac{2 \cdot L_{\text{тр}}}{v_{\text{тр}}}},$$

где  $V_{\text{ц}}$  – объем цистерны,  $\text{м}^3$ ;

$k_{\text{э}}$  – коэффициент перехода от технической производительности к эксплуатационной,  $k_{\text{э}} = 0,75$ ;

$L_{\text{тр}}$  – дальность транспортировки воды от места набора до объекта, км;

$v_{\text{тр}}$  – средняя скорость транспортировки, составляющая 45...55 км/ч при осуществлении транспортировки по дорогам с капитальным и усовершенствованным типами покрытия, 35...45 км/ч – с переходным типом покрытия, 25...35 км/ч – с низшим типом покрытия.

Длина возможной захватки, обуславливаемая производительностью поливомоечной машины, определяется зависимостью:

$$L_{\text{захв}} = \frac{1000 \cdot P_{\text{пм}}}{N_{\text{р}} \cdot b_{\text{сл}}},$$

где  $N_{\text{р}}$  – норма розлива воды,  $\text{л}/\text{м}^2$ ;

$b_{\text{сл}}$  – ширина устраиваемого слоя, м.

### **Производительность щебнераспределителей**

Эксплуатационная производительность щебнераспределителей ( $\text{м}^2/\text{ч}$ ) определяется из зависимости:

$$P_{\text{щр}} = v_{\text{р}} \cdot b_{\text{распр}} \cdot k_{\text{э}},$$

где  $v_{\text{р}}$  – рабочая скорость щебнераспределителя, принимаемая равной 2000...4000 м/ч для прицепных установок и 4000...6000 м/ч – для самоходных установок;

$b_{\text{распр}}$  – ширина распределения, м;

$k_э$  – коэффициент перехода от технической производительности к эксплуатационной; для прицепных установок  $k_э = 0,55$ , для самоходных установок –  $k_э = 0,75$ .

Длина возможной захватки, обуславливаемая производительностью щебнераспределителей, определяется зависимостью:

$$L_{\text{захв}} = \frac{\Pi_{\text{щпр}}}{b_{\text{сл}}},$$

где  $b_{\text{сл}}$  – ширина устраиваемого слоя, м.

Для рационального комплектования машино-дорожного отряда на строительство слоя основания из зернистого материала изначально определяется ведущая машина. За ведущую машину, как правило, принимается та, которая имеет наименьшую длину захватки. Длина захватки данной ведущей машины принимается за минимально целесообразную длину захватки. Максимально целесообразная длина захватки назначается как произведение длины захватки ведущей машины на 4,2. Далее определяется шаг приращения длины захватки:

$$\Delta L = INT(0,1 \cdot L_{\text{min}}),$$

где  $INT$  – оператор округления до ближайшего целого числа;

$L_{\text{min}}$  – минимально целесообразная длина захватки, м/ч.

После этого составляется матрица зависимости коэффициентов использования машин при выполнении технологических операций (таблица 17). При этом под коэффициентом использования понимается логическое отношение назначаемой длины захватки к длине захватки машины, обусловленной ее производительностью:

$$k_{\text{исп}} = \frac{L_{\text{захв}}^{\text{назн}}}{L_{\text{захв}}^{\text{маш}} \cdot INT_{IF\downarrow}(N_{\text{маш}})},$$

где  $L_{\text{захв}}^{\text{назн}}$  – назначаемая длина захватки, м/ч;

$L_{\text{захв}}^{\text{маш}}$  – длина захватки машины, обусловленная ее производительностью, м/ч;

$INT_{IF\downarrow}(N_{\text{маш}})$  – минимальное целочисленное количество машин, обеспечивающих коэффициент использования не более 1.

Таблица 17 – Матрица зависимости коэффициентов использования машин при выполнении технологических операций

Назначаемая длина захватки, м/ч	Коэффициент использования и требуемое число машин										Сумма коэффициентов использования машин
	Фронтальный погрузчик (погрузка материала)		Автогрейдер (распределение материала)		Щебнераспределитель (распределение материала)		Полivомоечная машина (увлажнение материала)		Каток (обжимка, основное уплотнение и доуплотнение материала)		
	$k_{И}^П$	$N_{П}$	$k_{И}^а$	$N_a$	$k_{И}^{Щ}$	$N_{Щ}$	$k_{И}^{ПМ}$	$N_{ПМ}$	$k_{И}^К$	$N_K$	
$L_{min}$											
$L_{min} + \Delta L$											
...											
$4,2 \cdot L_{min}$											

Если одна и та же машина используется на нескольких технологических операциях, то коэффициент использования машины рассчитывается по зависимости:

$$k_{исп} = \sum_{i=1}^n \frac{L_{захв}^{назн}}{\left(L_{захв}^{маш}\right)_i \cdot INT_{IF\downarrow}(N_{маш})},$$

где  $\left(L_{захв}^{маш}\right)_i$  – длина захватки машины, обусловленная ее производительностью при выполнении  $i$ -й операции, м/ч;

$n$  – количество операций, на которых используется машина.

На основе матрицы зависимости коэффициентов использования машин при выполнении технологических операций определяется сумма коэффициентов использования всех машин, которая и служит критерием оценки достижения оптимальной длины захватки. Для этого строится график зависимости суммарного коэффициента использования всех машин и числа машин в зависимости от назначаемой длины захватки.

Так как необходимо стремиться, чтобы количество единиц техники было по возможности минимальным, то на основании данных, представленных на графике зависимости суммарного коэффициента использования машин от назначаемой длины захватки, выбираются и сравниваются суммарные коэффициенты использования машин только на тех назначенных длинах захватки, где имеются максимальные экстремумы. Если максимальный экстремум, соответствующий меньшему количеству единиц техники превышает экстремум, соответствующий большему количеству единиц техники, то за оптимальную длину захватки принимается та, которая соответствует меньшему количеству единиц техники. В противном случае определяется отношение:

$$\Omega = \frac{\sum(k_{\text{исп}})_{\text{max}} - \sum(k_{\text{исп}})_{\text{min}}}{\sum(k_{\text{исп}})_{\text{max}}},$$

где  $\sum(k_{\text{исп}})_{\text{max}}$  – суммарный коэффициент использования всех машин при максимальном количестве единиц техники;

$\sum(k_{\text{исп}})_{\text{min}}$  – суммарный коэффициент использования всех машин при минимальном количестве единиц техники.

Если  $\Omega$  меньше 10 %, то за оптимальную длину захватки принимается та, при которой наблюдается экстремум при минимальном количестве единиц техники, в противном случае – при максимальном. После определения оптимальной длины захватки комплектуют машино-дорожный отряд на строительство слоя основания из зернистого материала и численно-квалификационный состав рабочих.

### **ПРИМЕР**

Необходимо сформировать машино-дорожный отряд для проведения работ по строительству слоя основания толщиной 30 см из щебня по методу заклинки на автомобильной дороге IV категории с шестью полосами движения. Щебень доставляется из притрассового склада, располагаемого на расстоянии 3,5 км от объекта производства работ, вода – с базы организации, расположенной на расстоянии 35 км от объекта производства работ.

С учетом требований СП 78.13330.2012 назначаем перечень выполняемых технологических операций:

- погрузка щебня фракции 40–70 (80) мм фронтальным погрузчиком в автосамосвалы на притрассовом складе;
- распределение щебня основной фракции автогрейдером;
- увлажнение щебня основной фракции водой с расходом 20 л/м<sup>2</sup> поливомоечной машиной;
- обжимка щебня основной фракции катком на пневматических шинах массой не менее 16 т за 14 проходов по следу;
- погрузка щебня смеси фракций 5–20 мм фронтальным погрузчиком в автосамосвалы на притрассовом складе;
- распределение щебня расклинивающей фракции щебне-распределителем с расходом 25 м<sup>3</sup>/1000 м<sup>2</sup>;
- увлажнение щебня расклинивающей фракции водой с расходом 11 л/м<sup>2</sup> поливомоечной машиной;
- уплотнение щебня основной и расклинивающей фракции катком на пневматических шинах массой не менее 16 т за 14 проходов по следу;
- доуплотнение щебня основной и расклинивающей фракции гладковальцовым катком массой не менее 10 т за 14 проходов по следу.

### ***Производительность фронтального погрузчика***

Для производства работ принимаем фронтальный погрузчик VOLVO L220E с объемом ковша 4,5 м<sup>3</sup>. Его производительность равна:

$$P_{\text{погр}} = \frac{4,5 \cdot 0,95}{(0,013 + 0,008) \cdot 1,3} \cdot 0,7 = 110 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Длина захватки, обусловленная производительностью фронтального погрузчика, составляет:

$$L_{\text{захв}} = \frac{110}{25,2 \cdot 0,30 \cdot 1,3} = 11,2 \text{ м/ч}.$$

Длина захватки фронтального погрузчика для расклинивающей фракции составит:

$$L_{\text{захв}} = \frac{1000 \cdot 110}{25 \cdot 25,2} = 175 \text{ м/ч}.$$

### ***Производительность автогрейдера***

Технические характеристики автогрейдера VOLVO G780B приведены в таблице 12.

Производительность автогрейдера при распределении основной фракции щебня равна:

$$P_a = \frac{50 \cdot (4,27 \cdot \sin 60^\circ - 0,35) \cdot 0,30 \cdot 1,3 \cdot 0,8}{2 \cdot \left( \frac{2 \cdot 50}{1000 \cdot 5} + 0,012 \right)} = 816 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Длина захватки, обусловленная производительностью автогрейдера, составляет:

$$L_{\text{захв}} = \frac{816}{25,2 \cdot 0,30 \cdot 1,3} = 83 \text{ м/ч}.$$

### ***Производительность катков***

Технические характеристики гладковальцового катка НАММ 3518 приведены в таблице 8, катка на пневматических шинах CATERPILLAR PS-500 – в таблице 10.

Производительность гладковальцового катка равна:

$$P_k = \frac{(2,22 - 0,74) \cdot 50 \cdot 0,30 \cdot 1,3 \cdot 1,0 \cdot 0,8}{\left( \frac{50}{1000 \cdot 4} + 0,003 \right) \cdot 14} = 106 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Длина захватки, обусловленная производительностью гладковальцового катка, составляет:

$$L_{\text{захв}} = \frac{106}{25,2 \cdot 0,30 \cdot 1,3} = 10,8 \text{ м/ч}.$$

Производительность катка на пневматических шинах, учитывая, что он используется на первой и второй стадии уплотнения, равна:

$$P_k = \frac{(2,42 - 0,81) \cdot 50 \cdot 0,30 \cdot 1,3 \cdot 1,0 \cdot 0,8}{\left( \frac{50}{1000 \cdot 4} + 0,003 \right) \cdot 28} = 58 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Длина захватки, обусловленная производительностью катка на пневматических шинах, составляет:

$$L_{\text{захв}} = \frac{58}{25,2 \cdot 0,30 \cdot 1,3} = 5,9 \text{ м/ч}.$$

### ***Производительность поливомоечной машины***

Производительность поливомоечной машины КО-823.1 с объемом цистерны 13 м<sup>3</sup> равна:

$$P_{\text{пм}} = \frac{13 \cdot 0,75}{0,1 \cdot 13 + \frac{2 \cdot 35}{40}} = 3,2 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Длина захватки, обусловленная производительностью поливовой машины, при увлажнении основной и расклинивающей фракции составляет:

$$L_{\text{захв}} = \frac{1000 \cdot 3,2}{(20 + 11) \cdot 25,2} = 4,1 \text{ м/ч}.$$

### ***Производительность щебнераспределителя***

Производительность прицепного щебнераспределителя ЩР-450 с шириной распределения 4,5 м, равна:

$$P_{\text{щр}} = 3000 \cdot 4,5 \cdot 0,55 = 7425 \text{ м}^2/\text{ч}.$$

Длина захватки, обусловленная производительностью щебнераспределителя, составляет:

$$L_{\text{захв}} = \frac{7425}{25,2} = 295 \text{ м/ч}.$$

Далее сводим в единую таблицу все машины, используемые для строительства слоя основания из щебня по методу заклинки, с указанием длины захватки, обусловленной их производительностью (таблица 18).

Данные свидетельствуют, что наименьшую длину захватки имеет поливовой машина, следовательно, данная машина является ведущей. Значит, минимально целесообразная длина захватки составляет 4 м/ч, а максимально целесообразная – 17 м/ч. Шаг приращения составляет:

$$\Delta L = INT(0,1 \cdot 4) \approx 0,5 \text{ м/ч}.$$

Составляем матрицу зависимости коэффициентов использования машин при выполнении технологических операций, на основании которой строим график зависимости суммарного коэффициента использования машин в зависимости от назначаемой длины захватки (рисунки 3, 4).

Так как на рисунке 3 имеем экстремумы при длине захватки 8 м/ч и 10,5 м/ч, причем экстремум, соответствующий меньшему количеству единиц техники, не превышает экстремум, соответствующий большему количеству единиц техники, то чтобы определить оптимальный часовой объем работ рассчитываем:

$$\Omega = \frac{3,82 - 3,23}{3,82} \cdot 100 = 15,4 \%$$

Таблица 18 – Длины захваток, обусловленные производительностью машин, используемых при проведении работ по строительству слоя основания из щебня по методу заклинки

№ п/п	Наименование операции	Наименование машин	Модель	Длина захватки, м/ч
1	Погрузка щебня основной фракции	Фронтальный погрузчик	VOLVO L220E	11,2
2	Погрузка щебня расклинивающей фракции	Фронтальный погрузчик	VOLVO L220E	175
3	Распределение щебня основной фракции	Автогрейдер	VOLVO G780B	83
4	Увлажнение щебня основной и расклинивающей фракций	Поливомоечная машина	КО-823.1	4,1
5	Распределение щебня расклинивающей фракции	Щебнераспределитель	ЩР-450	295
6	Уплотнение щебня основной и расклинивающей фракции	Гладковальцовый каток	НАММ 3518	10,8
7	Уплотнение щебня основной и расклинивающей фракции	Каток на пневматических шинах	CATERPILLAR PS-500	5,9

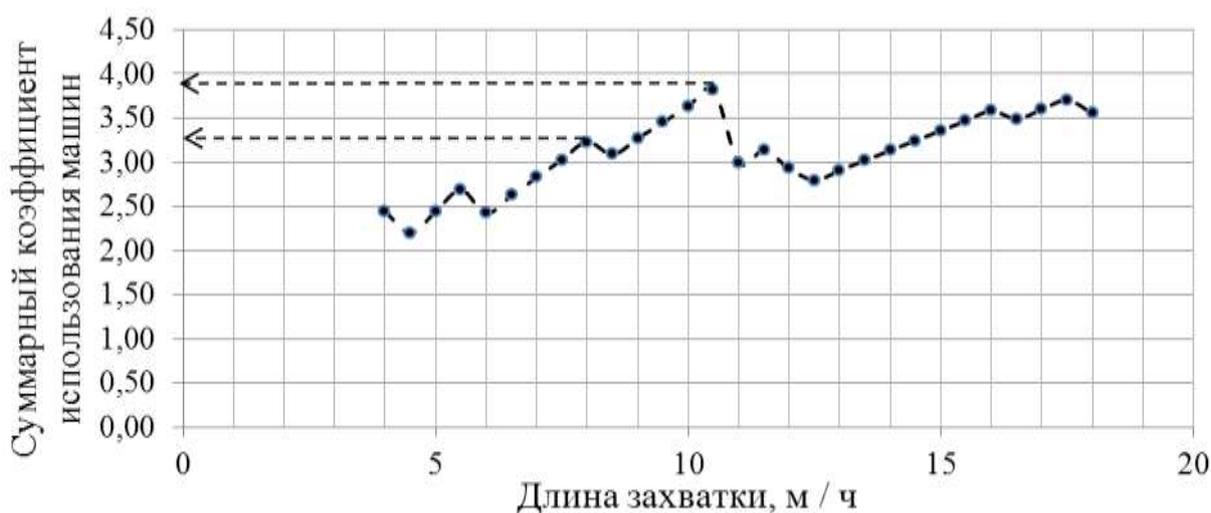


Рисунок 3 – Зависимость суммарного коэффициента использования машин от назначаемой длины захватки при строительстве слоя основания из щебня по методу заклинки

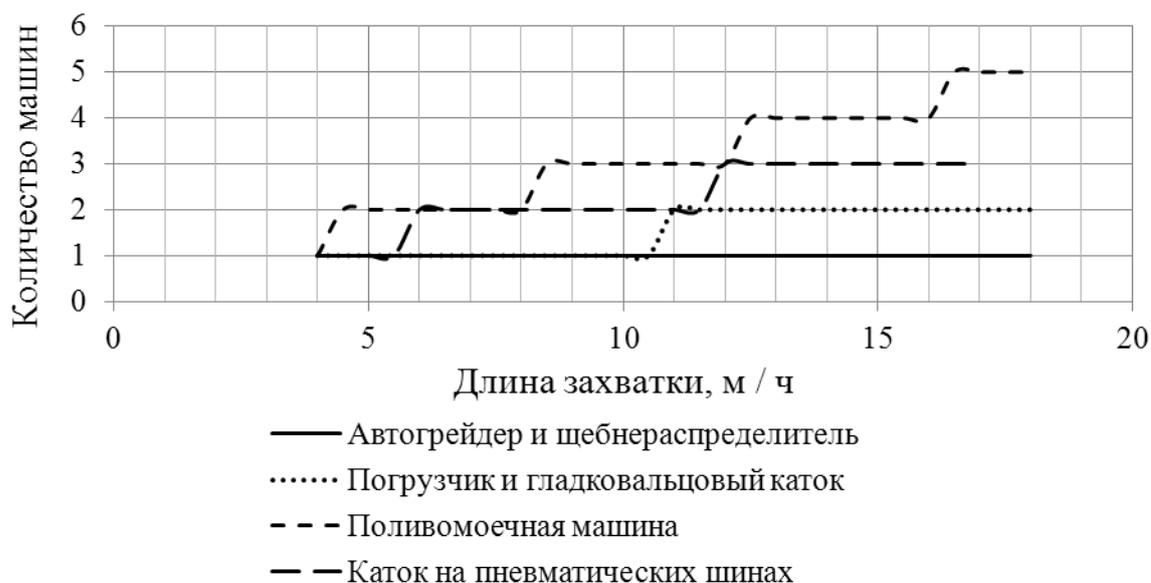


Рисунок 4 – Зависимости количества машин от назначаемой длины захватки при строительстве слоя основания из щебня по методу заклинки

Так как величина  $\Omega$  больше 10 %, то оптимальная длина захватки составляет 10,5 м/ч. Машино-дорожный отряд на строительство слоя основания из щебня по методу заклинки приведен в таблице 19, численно-квалификационный состав рабочих машино-дорожного отряда – в таблице 20.

Таблица 19 – Машино-дорожный отряд на строительство слоя основания из щебня по методу заклинки

№ п/п	Наименование машин и оборудования	Модель	Кол-во	Коэффициент использования
1	Фронтальный погрузчик	VOLVO L220E	1	0,94
2	Автогрейдер	VOLVO G780B	1	0,13
3	Поливомоечная машина	KO-823.1	3	0,85
4	Щебнераспределитель	ЩР-450	1	0,04
5	Гладковальцовый каток	HAMM 3518	1	0,97
6	Каток на пневматических шинах	CATERPILLAR PS-500	2	0,89

Далее необходимо определить количество автосамосвалов, достаточное для обеспечения ритмичности производства работ машино-дорожным отрядом.

Таблица 20 – Численно-квалификационный состав рабочих машино-дорожного отряда на строительство слоя основания из щебня по методу заклинки

№ п/п	Квалификация	Разряд	Число рабочих
1	Машинист погрузчика	6	1
2	Машинист автогрейдера	6	1
3	Машинист поливомоечной машины	4	3
4	Машинист катка	6	3
5	Дорожный рабочий	5	1
6	Дорожный рабочий	3	3
7	Дорожный рабочий	1	1

Так как оптимальным считается вариант, при котором кузов автосамосвала полностью заполняется за 3...5 ковшей, а объем ковша принятого фронтального погрузчика VOLVO L220E составляет  $4,5 \text{ м}^3$ , то оптимальный объем кузова автосамосвала «с шапкой» должен составлять:

$$\text{- минимальный } q \cdot k_H \cdot n_{\text{КОВШ}}^{\min} = 4,5 \cdot 0,95 \cdot 3 = 12,8 \text{ м}^3;$$

$$\text{- максимальный } q \cdot k_H \cdot n_{\text{КОВШ}}^{\max} = 4,5 \cdot 0,95 \cdot 5 = 21,4 \text{ м}^3.$$

Походящим является автосамосвал TATRA T815-270S8T с объемом кузова с шапкой  $18 \text{ м}^3$  и грузоподъемностью 28,4 т. Сравним между собой грузоподъемность автосамосвала и возможную массу перевозимого груза исходя из геометрического объема кузова с шапкой, учитывая, что средняя насыпная плотность щебня составляет  $1,40 \text{ т/м}^3$ :

$$G_a = 28,4 \cup V_{\text{КШ}} \cdot \rho = 18 \cdot 1,40 = 25,2.$$

Так как грузоподъемность автосамосвала больше возможной массы перевозимого груза исходя из геометрического объема кузова с шапкой, то количество ковшей, за которые будет полностью загружен автосамосвал, время на погрузку автосамосвала и масса груза, которую он будет перевозить за один цикл, равно:

$$\dot{n}_{\text{КОВШ}} = INT \downarrow \left( \frac{18}{4,5 \cdot 0,95} \right) = 4;$$

$$t_{\text{П}} = 1,5 \cdot (0,013 + 0,008) \cdot 4 = 0,126;$$

$$Q = 4,5 \cdot 0,95 \cdot 4 \cdot 1,40 = 23,9 \text{ т.}$$

Производительность автосамосвала равна:

$$P_{\text{авт}} = \frac{23,9}{\frac{2 \cdot 3,5}{30} + 0,126 + 0,05} \cdot 0,85 = 49,6 \text{ т/ч.}$$

Определяем количество автосамосвалов, достаточное для обеспечения ритмичности производства работ машино-дорожным отрядом:

$$N_{\text{авт}} = INT_{\uparrow} \left( \frac{b_{\text{сл}} \cdot L_{\text{захв}}^{\text{opt}} \cdot h_{\text{сл}} \cdot k_{\text{зу}} \cdot \rho}{P_{\text{авт}}} \right) =$$

$$= INT_{\uparrow} \left( \frac{25,2 \cdot 10,5 \cdot 0,30 \cdot 1,3 \cdot 1,40}{49,6} \right) = 3.$$

Таким образом, для обеспечения ритмичности производства работ машино-дорожного отряда на строительство слоя основания из щебня по методу заклинки необходимо обеспечить его дополнительно 3 автосамосвалами (включая 3 водителей).

### 3 ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 3

#### **Формирование машино-дорожного отряда на строительство слоя покрытия из асфальтобетонной смеси**

Цель работы: научиться формировать машино-дорожный отряд для проведения работ по строительству слоя покрытия из асфальтобетонной смеси, обеспечивающий достижение оптимальной длины захватки.

Для рационального комплектования машино-дорожного отряда для проведения работ по строительству слоя покрытия из асфальтобетонной смеси обозначаем комплекс выполняемых технологических операций:

- очистка основания от пыли и грязи поливомоечной машиной, оснащенной щеткой;
- подгрунтовка основания автогудронатором;
- приготовление асфальтобетонной смеси на асфальтобетонном заводе;
- укладка асфальтобетонной смеси асфальтоукладчиком;
- уплотнение асфальтобетонной смеси катками.

### **Производительность поливомоечных машин при очистке нижележащего слоя щеткой**

Эксплуатационная производительность поливомоечных машин ( $\text{м}^2/\text{ч}$ ) при выполнении ими операций по сухой очистке нижележащего слоя при помощи цилиндрической щетки определяется из зависимости:

$$\Pi_{\text{пмщ}} = \frac{L_{\text{пр}} \cdot (b_{\text{оч}} - \Delta b) \cdot k_{\text{э}}}{n \cdot \left( \frac{2 \cdot L_{\text{пр}}}{1000 \cdot v_{\text{рпмщ}}} + t_{\text{пр}} \right)},$$

где  $L_{\text{пр}}$  – для прохода при очистке нижележащего слоя, м;

$b_{\text{оч}}$  – ширина очистки за один проход, м;

$\Delta b$  – ширина перекрытия следа, принимаемая равной 0,3...0,4 м;

$k_{\text{э}}$  – коэффициент перехода от технической производительности поливомоечной машины к эксплуатационной,  $k_{\text{э}} = 0,5$ ;

$n$  – количество проходов по следу,  $n = 1 \dots 2$ ;

$v_{\text{рпмщ}}$  – рабочая скорость поливомоечной машины при очистке покрытия щеткой, принимаемая равной 15...20 км/ч;

$t_{\text{пр}}$  – прочие затраты времени;  $t_{\text{пр}} = 0,01$  ч.

Длина возможной захватки, обуславливаемая производительностью поливомоечной машины при очистке нижележащего слоя щеткой, определяется зависимостью:

$$L_{\text{захв}} = \frac{\Pi_{\text{пмщ}}}{b_{\text{осн}}},$$

где  $b_{\text{осн}}$  – ширина основания, подлежащей очистке, м.

### **Производительность автогудронаторов**

Эксплуатационная производительность автогудронаторов ( $\text{м}^3/\text{ч}$ ) определяется из зависимости:

$$\Pi_{\text{гудр}} = \frac{V_{\text{ц}} \cdot k_{\text{э}}}{0,15 \cdot V_{\text{ц}} + \frac{2 \cdot L_{\text{тр}}}{v_{\text{тр}}}},$$

где  $V_{\text{ц}}$  – объем цистерны,  $\text{м}^3$ ;

$k_{\text{э}}$  – коэффициент перехода от технической производительности к эксплуатационной,  $k_{\text{э}} = 0,65$ ;

$L_{\text{тр}}$  – дальность транспортировки вяжущего от места набора до объекта, км;

$v_{\text{тр}}$  – средняя скорость транспортировки, составляющая 45...55 км/ч при осуществлении транспортировки по дорогам с капитальным и усовершенствованным типами покрытия, 35...45 км/ч – с переходным типом покрытия, 25...35 км/ч – с низшим типом покрытия.

Длина возможной захватки, обуславливаемая производительностью автогудронатора, определяется зависимостью:

$$L_{\text{захв}} = \frac{1000 \cdot \Pi_{\text{гудр}}}{N_{\text{р}} \cdot b_{\text{сл}}},$$

где  $N_{\text{р}}$  – норма розлива вяжущего, л/м<sup>2</sup>;

$b_{\text{сл}}$  – ширина устраиваемого слоя, м.

### **Производительность асфальтосмесительных установок**

Эксплуатационная производительность асфальтосмесительных установок (т/ч) определяется из зависимости:

$$\Pi_{\text{АБЗ}} = \Pi_{\text{АБЗ}}^{\text{техн}} \cdot k_{\text{э}},$$

где  $\Pi_{\text{АБЗ}}^{\text{техн}}$  – техническая производительность асфальтосмесительной установки, т/ч;

$k_{\text{э}}$  – коэффициент перехода от технической производительности к эксплуатационной, принимаемый по таблице 21.

Таблица 21 – Коэффициенты перехода от технической к эксплуатационной производительности асфальтосмесительных установок

№ п/п	Наименование материала	$k_{\text{э}}$
1	Черный щебень	0,75
2	Черный песок	0,70
3	Крупнозернистая асфальтобетонная смесь	0,65
4	Мелкозернистая асфальтобетонная смесь	0,55
5	Песчаная асфальтобетонная смесь	0,50
6	Щебеночно-мастичная асфальтобетонная смесь	0,45
7	Литая асфальтобетонная смесь	0,40

Длина возможной захватки, обуславливаемая производительностью асфальтосмесительных установок, равна:

$$L_{\text{захв}} = \frac{\Pi_{\text{АБЗ}}}{b_{\text{сЛ}} \cdot h_{\text{сЛ}} \cdot k_{\text{зу}} \cdot \rho},$$

где  $b_{\text{сЛ}}$  – ширина устраиваемого слоя, м;

$h_{\text{сЛ}}$  – толщина устраиваемого слоя в плотном теле, м;

$k_{\text{зу}}$  – коэффициент запаса на уплотнение (таблица 3);

$\rho$  – насыпная плотность материала, т/м<sup>3</sup> (таблица 3).

### **Производительность асфальтоукладчиков**

Эксплуатационная производительность асфальтоукладчиков (т/ч) определяется из зависимости:

$$\Pi_{\text{АУ}} = v_{\text{раб}}^{\text{АУ}} \cdot b_{\text{укл}} \cdot h_{\text{сЛ}} \cdot k_{\text{зу}} \cdot \rho \cdot k_{\text{э}},$$

где  $v_{\text{раб}}^{\text{АУ}}$  – рабочая скорость асфальтоукладчика, м/ч;

$b_{\text{укл}}$  – ширина полосы укладки, м;

$h_{\text{сЛ}}$  – толщина устраиваемого слоя в плотном теле, м;

$k_{\text{зу}}$  – коэффициент запаса на уплотнение (таблица 3);

$\rho$  – насыпная плотность материала, т/м<sup>3</sup> (таблица 3);

$k_{\text{э}}$  – коэффициент перехода от технической производительности к эксплуатационной,  $k_{\text{э}} = 0,55$ .

Рабочую скорость асфальтоукладчика (м/ч) можно определить из зависимости:

$$v_{\text{раб}}^{\text{АУ}} = k_{\text{смеси}} \cdot k_{\text{попр}} \cdot \left[ 275 + \frac{225}{h_{\text{мах}} - 0,08} \cdot (0,08 - h_{\text{сЛ}}) \right],$$

где  $k_{\text{смеси}}$  – коэффициент, принимаемый по таблице 22;

$k_{\text{попр}}$  – поправочный коэффициент равный 1,0 при базовой ширине укладки и 0,8 при укладке с использованием раздвижного рабочего органа;

$h_{\text{мах}}$  – максимальная толщина слоя, укладываемого асфальтоукладчиком, м;

$h_{\text{сЛ}}$  – фактическая толщина устраиваемого слоя в плотном теле, м.

Таблица 22 – Значение коэффициента  $k_{\text{смеси}}$

№ п/п	Наименование материала	$k_{\text{смеси}}$
1	Щебеночно-мастичные асфальтобетонные смеси	0,80
2	Полимерасфальтобетонные смеси	0,90
3	Высокоплотные асфальтобетонные смеси	0,95
4	Асфальтобетонные смеси типа А (верхний слой покрытия)	1,00
5	Асфальтобетонные смеси типа Б (нижний слой покрытия)	1,10
6	Асфальтобетонные смеси типа В (нижний слой покрытия)	1,20
7	Пористые и высокопористые асфальтобетонные смеси	1,25
8	Черный щебень	1,30
9	Асфальтобетонные смеси типов Г и Д	1,50

Длина возможной захватки, обуславливаемая производительностью асфальтоукладчика, определяется зависимостью:

$$L_{\text{захв}} = \frac{\Pi_{\text{АУ}}}{b_{\text{сл}} \cdot h_{\text{сл}} \cdot k_{\text{зу}} \cdot \rho},$$

где  $b_{\text{сл}}$  – ширина устраиваемого слоя, м;

$h_{\text{сл}}$  – толщина устраиваемого слоя в плотном теле, м;

$k_{\text{зу}}$  – коэффициент запаса на уплотнение (таблица 3);

$\rho$  – насыпная плотность материала, т/м<sup>3</sup> (таблица 3).

### **Производительность катков**

Эксплуатационная производительность катков (т/ч) при уплотнении определяется из зависимости:

$$\Pi_{\text{к}} = \frac{(B_{\text{п}} - B_{\text{пер}}) \cdot L_{\text{пр}} \cdot h_{\text{сл}} \cdot k_{\text{зу}} \cdot k_{\text{попр}} \cdot \rho \cdot k_{\text{э}}}{\left( \frac{L_{\text{пр}}}{1000 \cdot v_{\text{к}}} + t_{\text{пр}} \right) \cdot n_{\text{пр}}},$$

где  $B_{\text{п}}$  – ширина уплотняемой полосы, м;

$B_{\text{пер}}$  – ширина перекрытия следа, м; если нет особых указаний по ширине перекрытия следа, то ее назначают равную 1/3 от ширины уплотняемой полосы;

$L_{\text{пр}}$  – длина прохода катка, м;

$h_{\text{сл}}$  – толщина уплотняемого слоя в плотном теле, м;

$k_{\text{зу}}$  – коэффициент запаса на уплотнение (таблица 3);

$k_{\text{попр}}$  – поправочный коэффициент, принимаемый равным 1,0 для самоходных катков и 0,8 для прицепных катков;

$\rho$  – насыпная плотность материала, т/м<sup>3</sup>;

$k_{\text{э}}$  – коэффициент перехода от технической производительности к эксплуатационной,  $k_{\text{э}} = 0,8$ ;

$v_{\text{к}}$  – средняя рабочая скорость катка, составляющая преимущественно от 3,5 до 4,5 км/ч;

$t_{\text{пр}}$  – прочие затраты времени катка,  $t_{\text{пр}} = 0,003$  ч;

$n_{\text{пр}}$  – требуемое число проходов катка по следу.

Длина возможной захватки, обуславливаемая производительностью катка, определяется зависимостью:

$$L_{\text{захв}} = \frac{\Pi_{\text{к}}}{b_{\text{сл}} \cdot h_{\text{сл}} \cdot k_{\text{зу}} \cdot \rho},$$

где  $b_{\text{сл}}$  – ширина устраиваемого слоя, м;

$h_{\text{сл}}$  – толщина уплотняемого слоя в плотном теле, м;

$k_{\text{зу}}$  – коэффициент запаса на уплотнение (таблица 3);

$\rho$  – насыпная плотность материала, т/м<sup>3</sup> (таблица 3).

Для формирования машино-дорожного отряда для проведения работ по строительству слоя покрытия из асфальтобетонной смеси используют следующий порядок:

1. Сравнивают возможные длины захватки, обуславливаемые производительностью асфальтосмесительной установки и асфальтоукладчиком. Машина (установка) обеспечивающая минимальную длину захватки, принимается ведущей. Больше одной ведущей машины не назначают.

2. Если все остальные машины и оборудование имеют возможную длину захватки, превышающую возможную длину захватки ведущей машины, то возможную длину захватки, обусловленную производительностью ведущей машины, принимают за оптимальную. В противном случае, сравнивают суммарный коэффициент использования машин в интервале от минимальной возможной длины машин, участвующих в технологическом процессе, до возможной длины захватки, обусловленной производительностью ведущей машиной. За оптимальную длину захватки

принимается та, которая обеспечивает наибольший суммарный коэффициент использования машин без учета величины  $\Omega$ , рассмотренной в практических работах № 1 и № 2.

3. После определения оптимальной длины захватки комплектуют машино-дорожный отряд на строительство слоя покрытия из асфальтобетонной смеси и численно-квалификационный состав рабочих.

### **ПРИМЕР**

Необходимо сформировать машино-дорожный отряд для проведения работ по строительству слоя покрытия толщиной 12 см из мелкозернистой высокоплотной асфальтобетонной смеси на автомобильной дороге IV категории с шестью полосами движения. Асфальтобетонная смесь и битум для подгрунтовки доставляются из производственной базы, расположенной на расстоянии 35 км от объекта производства работ.

С учетом требований СП 78.13330.2012 назначаем перечень выполняемых технологических операций:

- сухая очистка основания от пыли и грязи поливомоечной машиной КО-823.1 с шириной очистки за один проход 2,5 м;
- подгрунтовка основания битумом с расходом 0,6 л/м<sup>2</sup> автогудронатором ДС-142Б с объемом цистерны 8 м<sup>3</sup> и шириной разлива 2,6 м;
- приготовление асфальтобетонной смеси на асфальтосмесительной установке AMMAN ASPHALT Universal 320 с технической производительностью 320 т/ч и массой одного замеса 5 т;
- укладка асфальтобетонной смеси асфальтоукладчиком ROADTEC RP-195 с базовой шириной укладки 3,0 м, с шириной укладки при использовании раздвижного рабочего органа 7,4 м, максимальной толщиной укладываемого слоя 40 см;
- уплотнение асфальтобетонной смеси катком на пневматических шинах CATERPILLAR PS-500, технические характеристики которого приведены в таблице 10, за 10 проходов по следу;
- уплотнение асфальтобетонной смеси гладковальцовым катком НАММ HD 120 массой 12,8 т и шириной вальца 1,98 м за 8 проходов по следу.

На автомобильной дороге IV категории имеется 2 проезжие части с тремя полосами движения на каждой из них. При ширине каждой полосы движения 3,75 м, укрепленной части на раздели-

тельной полосе шириной 1 м и укрепленной полосы обочины 0,75 м, общая ширина асфальтобетонного покрытия на каждой проезжей части составит по 13 м. Общая ширина асфальтобетонного покрытия на 1 погонном метре дороги составляет тогда 26 м. Укладку асфальтобетонной смеси производим асфальтоукладчиком смежными полосами по 6,5 м с использованием раздвижного рабочего органа.

***Производительность поливомоечной машины***

$$P_{\text{ПМЩ}} = \frac{500 \cdot (2,5 - 0,35) \cdot 0,5}{2 \cdot \left( \frac{2 \cdot 500}{1000 \cdot 17,5} + 0,01 \right)} \approx 4000 \text{ м}^2/\text{ч}.$$

Длина захватки, обуславливаемая производительностью поливомоечной машины при очистке нижележащего слоя щеткой, равна:

$$L_{\text{захв}} = \frac{4000}{26} \approx 154 \text{ м/ч}.$$

***Производительность автогудронатора***

$$P_{\text{Гудр}} = \frac{8 \cdot 0,65}{0,15 \cdot 8 + \frac{2 \cdot 35}{40}} \approx 1,76 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Длина захватки, обуславливаемая производительностью автогудронатора, равна:

$$L_{\text{захв}} = \frac{1000 \cdot 1,76}{0,6 \cdot 26} \approx 113 \text{ м/ч}.$$

***Производительность асфальтосмесительной установки***

$$P_{\text{АБЗ}} = 320 \cdot 0,55 = 176 \text{ т/ч}.$$

Длина захватки, обуславливаемая производительностью асфальтосмесительной установки, равна:

$$L_{\text{захв}} = \frac{176}{26 \cdot 0,12 \cdot 1,30 \cdot 1,85} \approx 23 \text{ м/ч}.$$

***Производительность асфальтоукладчика***

Рабочая скорость асфальтоукладчика (м/ч) равна:

$$v_{\text{раб}}^{\text{АУ}} = 0,95 \cdot 0,8 \cdot \left[ 275 + \frac{225}{0,4 - 0,08} \cdot (0,08 - 0,12) \right] \approx 188 \text{ м/ч}.$$

$$P_{\text{АУ}} = 188 \cdot 6,5 \cdot 0,12 \cdot 1,30 \cdot 1,85 \cdot 0,55 \approx 194 \text{ т/ч}.$$

Длина захватки, обуславливаемая производительностью асфальтоукладчика, равна:

$$L_{\text{захв}} = \frac{194}{26 \cdot 0,12 \cdot 1,30 \cdot 1,85} \approx 26 \text{ м/ч.}$$

**Производительность катка CATERPILLAR PS-500**

$$P_{\text{к}} = \frac{(2,42 - 0,81) \cdot 25 \cdot 0,12 \cdot 1,3 \cdot 1,0 \cdot 1,85 \cdot 0,8}{\left(\frac{25}{1000 \cdot 4} + 0,003\right) \cdot 10} \approx 100 \text{ т/ч.}$$

Длина захватки, обуславливаемая производительностью катка, равна:

$$L_{\text{захв}} = \frac{100}{26 \cdot 0,12 \cdot 1,3 \cdot 1,85} \approx 13 \text{ м/ч.}$$

**Производительность катка HAMM HD 120**

$$P_{\text{к}} = \frac{(1,98 - 0,66) \cdot 25 \cdot 0,12 \cdot 1,3 \cdot 1,0 \cdot 1,85 \cdot 0,8}{\left(\frac{25}{1000 \cdot 4} + 0,003\right) \cdot 8} \approx 103 \text{ т/ч.}$$

Длина захватки, обуславливаемая производительностью катка, равна:

$$L_{\text{захв}} = \frac{103}{26 \cdot 0,12 \cdot 1,3 \cdot 1,85} \approx 13 \text{ м/ч.}$$

Сводим в единую таблицу все машины, используемые для строительства слоя покрытия из высокоплотной мелкозернистой асфальтобетонной смеси, с указанием длины захватки, обусловленной их производительностью (таблица 23).

Из таблицы 23 понятно, что ведущей машиной будет асфальтосмесительная установка. При этом возможная длина захватки, обуславливаемая производительностью ведущей машины, превышает возможную длину захватки, обуславливаемую производительностью катков. Оценим, целесообразно ли назначить оптимальную длину захватки 13 м/ч или оставить соответствующей ведущей машине – 23 м/ч. Для этого определяем суммарный коэффициент использования машин в интервале от 13 до 23 м. График зависимости коэффициентов использования машин приведен на рисунке 5.

Таблица 23 – Длины захваток, обусловленные производительностью машин, используемых при проведении работ по строительству слоя покрытия из асфальтобетонной смеси

№ п/п	Наименование операции	Наименование машин	Модель	Длина захватки, м/ч
1	Очистка основания от пыли и грязи	Поливомоечная машина	КО-823.1	154
2	Подгрунтовка основания	Автогудронатор	ДС-142Б	113
3	Приготовление асфальтобетонной смеси	Асфальтосмесительная установка	AMMAN ASPHALT Universal 320	23
4	Укладка асфальтобетонной смеси	Асфальтоукладчик	ROADTEC RP-195	26
5	Уплотнение асфальтобетонной смеси	Каток на пневматических шинах	CATERPILLAR PS-500	13
6	Уплотнение асфальтобетонной смеси	Гладковальцовый каток	HAMM HD 120	13

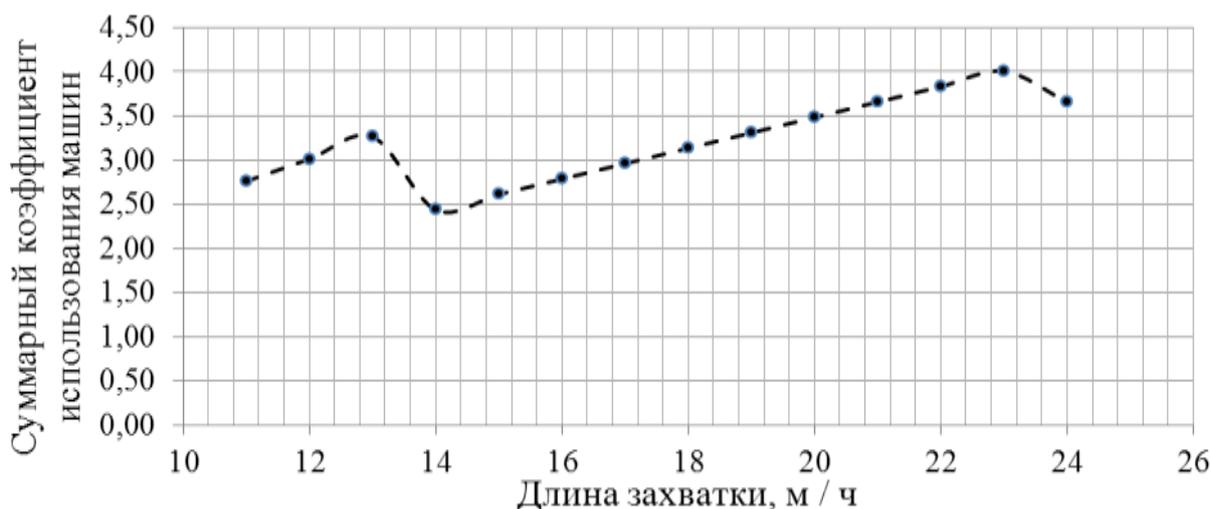


Рисунок 5 – Зависимость суммарного коэффициента использования машин от назначаемой длины захватки при строительстве слоя покрытия из асфальтобетонной смеси

Данные, представленные на рисунке 5, свидетельствуют о том, что оптимальная длина захватки должна составить 23 м/ч.

Машино-дорожный отряд на строительство слоя покрытия из асфальтобетонной смеси приведен в таблице 24, численно-квалификационный состав рабочих машино-дорожного отряда – в таблице 25.

Таблица 24 – Машино-дорожный отряд на строительство слоя покрытия из асфальтобетонной смеси

№ п/п	Наименование машин и оборудования	Модель	Кол-во	Коэффициент использования
1	Поливомоечная машина	КО-823.1	1	0,15
2	Автогудронатор	ДС-142Б	1	0,20
3	Асфальтосмесительная установка	СА 200	1	1,00
4	Асфальтоукладчик	ROADTEC RP-195	1	0,89
5	Каток на пневматических шинах	CATERPILLAR PS-500	2	0,89
6	Гладковальцовый каток	HAMM HD 120	2	0,89

Таблица 25 – Численно-квалификационный состав рабочих машино-дорожного отряда на строительство слоя покрытия из асфальтобетонной смеси

№ п/п	Квалификация	Разряд	Число рабочих
<b>Укладка асфальтобетонной смеси</b>			
1	Машинист поливомоечной машины	4	1
2	Машинист автогудронатора	5	1
3	Машинист асфальтоукладчика	6	1
4	Машинист катка	6	4
5	Асфальтобетонщики	5	1
6	Асфальтобетонщики	4	1
7	Асфальтобетонщики	3	3
8	Асфальтобетонщики	2	1
9	Асфальтобетонщики	1	1
<b>Приготовление асфальтобетонной смеси</b>			
1	Машинист АБЗ	6	1
2	Помощник машиниста АБЗ	5	1
3	Машинист воздушной установки	4	1
4	Электрослесарь	4	1
5	Асфальтобетонщик-варильщик	3	1

Далее необходимо определить количество автосамосвалов, достаточное для обеспечения ритмичности производства работ машино-дорожным отрядом.

Используем автосамосвалы TATRA T815-270S8T с объемом кузова с шапкой  $18 \text{ м}^3$  и грузоподъемностью  $28,4 \text{ т}$ . Сравним между собой грузоподъемность автосамосвала и возможную массу перевозимого груза исходя из геометрического объема кузова с шапкой, учитывая, что средняя насыпная плотность асфальтобетонной смеси составляет  $1,85 \text{ т/м}^3$ :

$$G_a = 28,4 \cup V_{\text{кш}} \cdot \rho = 18 \cdot 1,85 = 33,3.$$

Так как грузоподъемность автосамосвала меньше возможной массы перевозимого груза исходя из геометрического объема кузова с шапкой, то время на погрузку автосамосвала непосредственно из смесителя и масса транспортируемого груза равны:

$$t_{\text{п}} = 0,017 \cdot 5 \cdot \text{INT}_{\downarrow} \left( \frac{28,4}{5} \right) = 0,425 \text{ ч};$$

$$Q = g \cdot \text{INT} \left( \frac{G_a}{g} \right) = 5 \cdot \text{INT} \left( \frac{28,4}{5} \right) = 25 \text{ т}.$$

Эксплуатационная производительность автосамосвала при транспортировке асфальтобетонной смеси равна:

$$\Pi_{\text{авт}} = \frac{25}{\frac{2 \cdot 35}{45} + 0,455 + 0,01 \cdot 25} \cdot 0,85 = 9,4 \text{ т/ч}.$$

Определяем количество автосамосвалов, достаточное для обеспечения ритмичности производства работ машино-дорожным отрядом:

$$\begin{aligned} N_{\text{авт}} &= \text{INT}_{\uparrow} \left( \frac{b_{\text{сл}} \cdot L_{\text{захв}}^{\text{opt}} \cdot h_{\text{сл}} \cdot k_{\text{зу}} \cdot \rho}{\Pi_{\text{авт}}} \right) = \\ &= \text{INT}_{\uparrow} \left( \frac{26 \cdot 23 \cdot 0,12 \cdot 1,3 \cdot 1,85}{9,4} \right) = 19. \end{aligned}$$

Таким образом, для обеспечения ритмичности производства работ машино-дорожного отряда на строительство слоя покрытия из асфальтобетонной смеси необходимо обеспечить его дополнительно 19 автосамосвалами (включая 19 водителей).

## **4 САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА**

### **4.1 Структура самостоятельной работы**

Самостоятельная работа студентов в рамках изучения данной дисциплины включает в себя:

- подготовка и оформление отчетов по практическим работам;
- самостоятельное изучение теоретических вопросов при подготовке к промежуточной аттестации.

### **4.2 Планирование при подготовке отчетов по практическим работам**

Перед выполнением практических работ студенты по согласованию с преподавателем разбиваются на три равные бригады. Каждая бригада по результатам обсуждения назначает бригадира, основными задачами которого являются распределение обязанностей, координация и проверка правильности выполнения и оформления отдельных частей практического задания каждым членом бригады. По представлению бригадира преподаватель может исключить из бригады любого члена и выдать ему индивидуальное задание. Каждый член бригады должен выполнять задание, выданное бригадиром. В случае возникновения конфликтных ситуаций с бригадиром каждый член бригады может обратиться к преподавателю, который, в случае необходимости, может сделать бригадиру устные замечания или снять с него предоставленные бригадой полномочия с назначением нового бригадира.

Исходные данные для выполнения практических работ приведены в приложении А. Пример оформления титульного листа приведен в приложении Б. Машины и оборудование, применяемые для выполнения технологических операций, студенты выбирают самостоятельно с использованием любых справочников, журналов или Интернет-ресурсов, в которых приведены достаточные для выполнения работ сведения по техническим характеристикам. Использование в отчетах машин и оборудования, рассмотренных в примерах к практическим работам, не допустимо.

Подготовка и оформление отчетов производится с использованием текстового редактора Libre Office Writer или Microsoft Word, а также электронной таблицы Libre Office Calc или Microsoft Excel. При защите отчетов по практическим работам студенты должны представить отчет в печатном виде со всеми необходимыми расчетами, таблицами и графиками, а также в электронном виде документ, в котором были произведены необходимые дополнительные расчеты и построены графики.

Одна бригада представляет по одному отчету по каждой практической работе.

### **4.3 Требования к оформлению отчетов по практическим работам**

Подготовка и оформление отчетов по практическим работам производится в печатном виде по ГОСТ 2.105-95 на одной стороне листов бумаги формата А4 (210×297 мм) в одну колонку, со следующими установками:

1) параметры страниц: поля – верхнее, нижнее и правое по 1,5 см, левое – 3,0 см; колонтитулы от края – 1,25 см; ориентация книжная (допустима альбомная ориентация для отдельных страниц);

2) шрифт Times New Roman, размер 14, междустрочный интервал полуторный, перенос слов в документе автоматический, выравнивание – по ширине страницы;

3) при вставке формул использовать редактор Microsoft Equation при установках: обычный – 14 пт.; крупный индекс – 12 пт.; мелкий индекс – 10 пт.; крупный символ – 16 пт.; мелкий символ – 14 пт. Русские и греческие буквы пишутся не курсивом, латинские – курсивом.

#### **Оформление формул**

Формулы должны быть оформлены в редакторе формул. В формулах в качестве символов следует применять обозначения, установленные соответствующими государственными стандартами. Расчет по формулам ведется в основных единицах измерения, формулы записываются следующим образом: сначала записывается формула в буквенном обозначении, после знака равенства вместо каждой буквы подставляется ее численное значение в основной

системе единиц измерения; затем ставится знак равенства и записывается конечный результат с единицей измерения. Пояснения символов и числовых коэффициентов, входящих в формулу, если они не пояснены ранее в тексте, должны быть приведены непосредственно под формулой. Пояснения каждого символа следует давать с новой строки в той последовательности, в которой символы приведены в формуле. Первая строка пояснения должна начинаться со слова «где» без двоеточия после него.

Формулы, следующие одна за другой и не разделенные текстом, разделяют запятой.

Переносить формулы на следующую строку допускается только на знаках выполняемых операций, причем знак в начале следующей строки повторяют. При переносе формулы на знаке умножения применяют знак «×».

Формула нумеруется, если далее по тексту она будет востребована. Формулы, за исключением формул, помещаемых в приложении, должны нумероваться сквозной нумерацией арабскими цифрами, которые записывают на уровне формулы справа в круглых скобках. Допускается нумерация в пределах раздела. В этом случае номер формулы состоит из номера раздела и порядкового номера формулы, разделенных точкой.

Ссылки в тексте на порядковые номера формул дают в круглых скобках, например, в формуле (7.1).

Формулы, помещаемые в приложениях, должны нумероваться отдельной нумерацией, арабскими цифрами в пределах каждого приложения с добавлением перед каждой цифрой обозначения приложения. Например, формула (A.1).

### **Оформление иллюстраций**

Иллюстрационный материал может быть представлен в виде схем, графиков и т.п. Иллюстрации, помещенные в тексте и приложениях пояснительной записки, именуется рисунками.

Иллюстрации выполняются в графических редакторах и располагаются после первой ссылки на них и как можно ближе к ссылке на них в тексте.

Иллюстрации, за исключением иллюстраций приложений, следует нумеровать арабскими цифрами в пределах раздела, либо сквозной нумерацией. Например, «Рисунок 1», «Рисунок 1.1», «Рисунок 2.1».

Ссылку на иллюстрацию дают в следующем виде: «в соответствии с рисунком 1».

Иллюстрация при необходимости может иметь наименование и пояснительные данные (подрисуночный текст). Слово «Рисунок» и наименование помещают после пояснительного текста без точки в конце.

Все рисунки формата большего, чем А4, выносятся в приложения.

### **Построение таблиц**

Таблицы применяют для лучшей наглядности и удобства сравнения показателей, а также для оформления цифрового материала.

Слово «Таблица», ее номер и название помещают слева над таблицей. Название таблицы, при его наличии, должно отражать ее содержание, быть точным, кратким. Название таблицы записывают через тире после слова «Таблица» с прописной буквы без точки в конце. Например: «Таблица 2.1 – Технические данные».

Заголовки граф и строк таблицы пишутся с прописной буквы, а подзаголовки граф - со строчной буквы, если они составляют одно предложение с заголовком, или с прописной буквы, если они имеют самостоятельное значение. В конце заголовков и подзаголовков таблиц точки не ставят. Заголовки и подзаголовки граф указывают в единственном числе.

Заголовки граф записывают параллельно строкам таблицы. При необходимости допускается перпендикулярное расположение заголовков граф.

Таблицу в зависимости от ее размера помещают под текстом, в котором впервые дана ссылка на нее, или на следующей странице, а при необходимости, в приложении к документу. Допускается помещать таблицу вдоль длинной стороны листа документа.

Если в конце страницы таблица прерывается, ее продолжение помещают на следующей странице. При переносе таблицы на другую страницу название помещают только над первой частью таблицы. Слово «Таблица» указывают только один раз слева над первой частью таблицы а, над другими частями пишут слова «Продолжение таблицы» с указанием номера таблицы.

Все таблицы, за исключением таблиц приложений, нумеруются арабскими цифрами сквозной нумерацией. Допускается нумеровать таблицы в пределах раздела. В этом случае номер таблицы состоит из номера раздела и порядкового номера таблицы, разделенного точкой.

Таблицы каждого приложения обозначают отдельной нумерацией арабскими цифрами с добавлением перед цифрой обозначения приложения, например, «Таблица А.1», если она приведена в приложении А.

На все таблицы документа должны быть приведены ссылки в тексте, при ссылке слово «таблица» пишется полностью с указанием ее номера.

### **Оформление списка литературы**

Список литературы является обязательным (ненумерованным) разделом пояснительной записки, оформляется в соответствии с ГОСТ 7.1-2003, включается в содержание пояснительной записки.

Список должен содержать сведения обо всех источниках, использованных при подготовке отчета. Располагать источники в списке рекомендуется в порядке появления ссылок в тексте. Возможно и другое разрешенное нормативными документами расположение источников в списке.

## **4.4 Защита отчетов по практическим работам**

После подготовки бригадой отчета по практической работе, он предоставляется преподавателю на проверку, по результатам который может быть дано два резюме: «К защите» или «Замечания» с указанием каждого замечания. При наличии замечаний они должны быть устранены. После того как на отчете преподаватель поставит резюме «К защите», он подлежит защите каждым членом бригады в отдельности.

При защите отчета по практической работе преподаватель задает вопросы, касающиеся любых сведений, приведенных в отчете. Примерами таких вопросов являются:

1. Для выполнения каких работ использовался автогрейдер?
2. Из чего складывается время цикла работы бульдозера?

3. Что такое коэффициент разрыхления грунта, и как он учитывается при расчете производительности машины?

4. Для чего сравниваются масса груза исходя из геометрического объема кузова с шапкой и грузоподъемность автосамосвала?

5. Как была рассчитана масса груза, перевозимого автосамосвалом?

6. От чего зависит требуемое число проходов катка?

7. Как определяется коэффициент использования машин?

8. Поясните, как был построен график зависимости суммарного коэффициента использования машин от назначаемой длины захватки.

9. Почему в качестве уплотняющей машины был выбран гладковальцовый каток?

10. Докажите, что данный часовой объем работ является оптимальным для принятого парка машин машино-дорожного отряда.

11. Объясните, почему для обеспечения ритмичности производства работ машино-дорожным отрядом требуется  $N$  автосамосвалов.

12. Каким образом была определена длина захватки, обусловленная производительностью ведущей машины?

13. В каких единицах измеряется производительность машины? В каких единицах измеряется длина захватки?

В ходе ответа на заданные вопросы студент должен показать владение материалом, представленном в отчете, легко в нем ориентироваться, а также знания и умения, сформированные в результате подготовки отчета.

#### **4.5 Подготовка к промежуточной аттестации**

Примерный перечень вопросов для промежуточной аттестации представлен в приложении В. Уточненный перечень вопросов для промежуточной аттестации приведен в рабочей программе дисциплины.

При подготовке к промежуточной аттестации рекомендуется использовать лекционные материалы, а также учебную литературу, приведенную в рабочей программе дисциплины.

## ПРИЛОЖЕНИЕ А

### Исходные данные для выполнения практической работы № 1

№ бригады	Категория дороги	Средняя высота насыпи, м	Грунт земляного полотна	Дальность транспортировки грунта, км	Растительный грунт	Толщина слоя растительного грунта, м
1 ОФ	II	2,0	Супесь	3,0	Без корней	0,15
2 ОФ	III	1,5	Суглинок легкий без примесей	2,5		0,20
3 ОФ	IV	1,0	Глина без примесей	2,0		0,25
1 ЗФ	II	1,0	Глина с примесью щебня	1,0		0,30
2 ЗФ	III	1,5	Суглинок тяжелый	1,5		0,35
3 ЗФ	IV	2,0	Супесь	4,0		0,40
1 Инд	Ia	3,0	Песок	4,5	С корнями	0,45
2 Инд	Ia	3,5	Суглинок тяжелый с примесью	5,0		0,50
3 Инд	Iб	4,0	Крупнообломочный грунт с размером обломков свыше 80 мм	5,5		0,10

### Исходные данные для выполнения практической работы № 2

№ варианта	Категория дороги	Материал слоя	Толщина слоя, м	Дальность транспортировки материала, км	Дальность транспортировки воды, км
1 ОФ	II	Щебень по методу заклинки (основная фракция 70-120 мм)	0,28	1,5	5
2 ОФ	III	Щебеночно-песчаная смесь (С2)	0,18	2,0	10
3 ОФ	IV	Гравийно-песчаная смесь (С1)	0,20	2,5	15
1 ЗФ	II	Гравийно-песчаная смесь (С4)	0,24	3,0	20
2 ЗФ	III	Щебеночно-песчаная смесь (С5)	0,26	4,0	25
3 ЗФ	IV	Щебень по методу заклинки (основная фракция 40-70 мм)	0,22	4,5	30
1 Инд	Ia	Песок	0,16	25	40
2 Инд	Ia	Песок	0,14	30	45
3 Инд	Iб	Песок	0,12	35	50

### Исходные данные для выполнения практической работы № 3

№ варианта	Категория дороги	Материал слоя	Толщина слоя, м	Дальность транспортировки материала, км
1 ОФ	II	Горячая крупнозернистая плотная асфальтобетонная смеси типа А	0,07	25
2 ОФ	III	Горячая мелкозернистая плотная асфальтобетонная смесь типа В	0,06	30
3 ОФ	IV	Горячая плотная песчаная асфальтобетонная смесь типа Г	0,04	40
1 ЗФ	II	Горячая мелкозернистая высокоплотная асфальтобетонная смесь	0,05	10
2 ЗФ	III	Горячая крупнозернистая плотная асфальтобетонная смесь типа Б	0,08	15
3 ЗФ	IV	Горячая крупнозернистая пористая асфальтобетонная смесь	0,09	20
1 Инд	Ia	Щебеночно-мастичная асфальтобетонная смесь ЩМА-15	0,05	45
2 Инд	Ia	Черный щебень фракции 5-40 мм	0,12	50
3 Инд	Iб	Мелкозернистая полимерасфальтобетонная смесь типа А	0,10	55

## **ПРИЛОЖЕНИЕ Б**

### **Пример оформления титульного листа отчета по практической работе**

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева»  
Кафедра автомобильных дорог и городского кадастра

## **ОТЧЕТ**

по практической работе № 1  
по дисциплине «Средства механизации строительства»  
студентов группы СДб-000  
(бригада № 1)

**ПОДГОТОВИЛИ:**

бригадир: И. И. Иванов

исполнитель: П. П. Петров

исполнитель: С. С. Сидоров

**ПРИНЯЛ:**

доцент кафедры АДигК

\_\_\_\_\_ Е. Е. Ерофеев

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Кемерово 20\_\_

## ПРИЛОЖЕНИЕ В

### Примерный перечень вопросов к промежуточной аттестации

- 1 Классификация строительных машин:** по назначению, по режиму работы (принципу действия), по степени подвижности, по типу ходового оборудования, по виду силового оборудования, по количеству двигателей, по системам управления, по степени универсальности
- 2 Общее устройство и конструктивные особенности машин**
- 3 Понятие и виды производительности машин. Факторы, влияющие на производительность машин**
- 4 Транспортные машины:** автосамосвалы, автобитумовозы, автогудронаторы, автобетоносмесители, автоцементовозы, кохеры, седельные тягачи, прицепы и полуприцепы
- 5 Погрузочно-разгрузочные машины:** фронтальные погрузчики, минипогрузчики с бортовым поворотом, телескопические погрузчики-манипуляторы, автобетононасосы
- 6 Машины для выполнения подготовительных работ:** бензомоторные цепные пилы, кусторезы, корчеватели, рыхлители, трелевщики, машины для бестраншейной прокладки коммуникаций
- 7 Машины для выполнения земляных работ:** бульдозеры, скреперы, грейдеры и автогрейдеры
- 8 Машины для выполнения земляных работ:** экскаваторы, грунтосмесительные фрезы, землесосные снаряды, гидромониторы
- 9 Машины для уплотнения:** катки, виброплиты, вибротрамбовки, виброрейки, глубинные вибраторы
- 10 Грузоподъемные машины:** домкраты, лебедки, тали, электротали, тельферы, такелажное оборудование
- 11 Грузоподъемные машины:** строительные башенные краны, козловые краны, мостовые краны, самоходные стреловые краны, строительные подъемники, автовышки
- 12 Машины для производства свайных работ:** копры, бурильно-крановые установки
- 13 Машины для строительства автомобильных дорог:** асфальтоукладчики

- 14 Машины для строительства автомобильных дорог: бетоноукладчики и вспомогательное оборудование**
- 15 Машины для строительства автомобильных дорог: ямобуры, сваебойные установки, обочиноукладчики**
- 16 Машины для ремонта автомобильных дорог: щебнераспределители, чипсиллеры, макропейверы**
- 17 Машины для ремонта автомобильных дорог: дорожные фрезы, ресайклеры, ремиксеры**
- 18 Машины для ремонта автомобильных дорог: компрессоры, швозаливщики (битумозаливщики), битумные котлы, нарезчики швов, асфальторазогреватели, отбойные молотки**
- 19 Машины для ремонта автомобильных дорог: бетоноломы (гидромолоты), рециклеры, струйно-инъекционные установки (БЕЦЕМЫ)**
- 20 Машины для летнего содержания автомобильных дорог: маркировочные машины, косилки, поливомоечные машины, подметально-уборочные машины**
- 21 Машины для зимнего содержания автомобильных дорог: плужные снегоочистители, роторные снегоочистители, газоструйные снегоочистители, снегопогрузчики, скалыватели льда, распределители противогололедных материалов**

Составитель  
Шабаев Сергей Николаевич

## **СРЕДСТВА МЕХАНИЗАЦИИ СТРОИТЕЛЬСТВА**

Методические указания к практическим занятиям  
и самостоятельной работе  
для обучающихся направления подготовки  
08.03.01 Строительство, профиль Автомобильные дороги,  
всех форм обучения

Печатается в авторской редакции

Подписано в печать 07.10.2019. Формат 60×84/16.

Бумага офсетная. Отпечатано на ризографе.

Уч.-изд. л. 3,3. Тираж 20 экз. Заказ

КузГТУ. 650000, Кемерово, ул. Весенняя, 28.

Издательский центр УИП КузГТУ. 650000, Кемерово, ул. Д. Бедного, 4А.