



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО  
ОБРАЗОВАНИЯ  
«САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ»

---

Колледж СамГТУ

И.В. ДУДАНОВ

# ТЕХНИЧЕСКОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАШИН И СРЕДСТВ МАЛОЙ МЕХАНИЗАЦИИ

*Методические указания  
к практическим занятиям*

Самара  
Самарский государственный технический университет  
2024

Печатается по решению методической комиссии Колледжа СамГТУ (протокол № 3 от 22.11.2024 г.).

**Составитель: Дуданов И.В.**

Техническое использование строительных машин и средств малой механизации: методические указания к практическим занятиям для студентов СПО / *И.В. Дуданов.* – Самара: Самар. гос. техн. ун-т, 2024. – 42 с.

Методические указания предназначены для обучающихся по специальности среднего профессионального образования 08.02.02 Строительство и эксплуатация инженерных сооружений.

Методические указания включают в себя комплект методических материалов, необходимых для успешной подготовки и участия в проведении практических занятий по междисциплинарному курсу: «Техническое использование строительных машин и средств малой механизации».

## ВВЕДЕНИЕ

Методические указания предназначены для обучающихся по специальности 08.02.02 Строительство и эксплуатация инженерных сооружений и осваивающих междисциплинарный курс «Техническое использование строительных машин и средств малой механизации»

Методические указания содержат практические занятия по темам дисциплины.

Практическое занятие – это форма организации учебного процесса, предполагающая выполнение обучающимися заданий самостоятельно и под руководством преподавателя. Дидактическая цель практических заданий – формирование у обучающихся профессиональных и практических умений, необходимых для изучения последующих учебных дисциплин, а также подготовка к применению этих умений в профессиональной деятельности.

Ведущей дидактической целью практических занятий является формирование практических умений – профессиональных (выполнение определенных действия, операций, предписаний, необходимых в последующей профессиональной деятельности) или учебных (решение задач), необходимых в последующей учебной деятельности.

Наряду с формированием умений и навыков, в процессе практических занятий обобщаются, систематизируются, углубляются и конкретизируются теоретические знания, вырабатывается способность и готовность использовать знания на практике, развиваются интеллектуальные умения.

В методических указаниях приведены указания по выполнению практических работ, задания, теоретический материал и вопросы для самопроверки к каждой теме практического занятия.

## Практическая работа №1

### Тяговый расчет бульдозера и расчет его производительности

Цель работы: проверить возможность бульдозера резать и перемещать грунт без буксования; определить эксплуатацию производительность.

Варианты заданий приведены в таблице 1.1.

Таблица 1.1 - Исходные данные для расчета

Вар	Марка трактора	Тип грунта	Длина отвала, м $B_0$	Высота отвала, м, $H_0$	Глубина резания, м, $h$	Уклон местности $i$
1	ДТ-75	Песок сухой	2,5	0,8	0,12	+0,03
2	Т-74	Песок влажный	2,6	0,9	0,12	+0,04
3	Т-4А	Супесь	2,6	0,95	0,14	+0,02
4	100м	Суглинок	3,2	1,1	0,16	+0,01
5	Т-130	Суглинок плотный	4,0	0,85	0,15	+0,03
6	Т-180	Глина	4,4	1,2	0,15	+0,02
7	ДЭТ-250	Глина тяжелая	4,6	1,4	0,16	+0,03
8	Т-220	Суглинок средний	3,5	1,1	0,2	+0,01
9	Т-330	Суглинок плотный	4,6	1,45	0,15	+0,03
10	Т-500	Глина	4,0	0,9	0,143	+0,02
11	Т-180М	Супесь	4,2	1,4	0,14	+0,03
12	Т-100МГП	Песок влажный	2,8	0,95	0,13	+0,02
13	ДТ-75	Песок сухой	2,6	0,85	0,15	+0,02
14	Т-4А	Суглинок	2,8	0,90	0,135	+0,03
15	Т-130	Супесь	3,8	0,90	0,13	+0,02
16	Т-180	Суглинок плотный	4,2	1,0	0,14	+0,02
17	ДЭТ-250	Глина	4,4	1,25	0,14	+0,03
18	Т-330	Глина тяжелая	4,8	1,1	0,13	+0,02
19	Т-500	Суглинок плотный	5,0	0,85	0,13	+0,03
20	Т-100 МГП	Супесь	3,0	1,0	0,12	+0,04

Таблица 1.2. Техническая характеристика базовых тракторов

Марка трактора	ДТ-75	Т-74	Т-4а	Т-100м	Т-130	Т-180	ДЭТ-250	Т-220	Т-330	Т-500	Т-180	Т-100м
Параметр												гп
Мощность двигателя, кВт	55	55	100	74	118	130	220	160	240	370	130	74
Номинальная тяга, тс	3	3	4	10	10	15	25	15	25	35	15	10
Скорость движения, км/ч Вперед  назад												
	3.5; 5.5; 8; 6.2; 6.9; 7.7;	2.1;3. 6;4.8; 5.8; 7.2;7. 8	3.4; 4.0; 4.6; 5.2; 6.3; 7.4	2.3;3.8; 4.5;6.4; 8.2; 10.1	3.7,4 ;4;5; 1; 6.1;7 ;4;1 0.1	2.8;5 .0;6. 9; 9.4;1 1.5;1 3.0	2.3- 15;     	1- 17 .6	2- 16 .4	2- 16 .0	2. 8- 13 .0	2.3 - 6.4
	3.42 ;4.2 8	1.76;	5.86	4,69;7. 04	2.79; 7.6	3.56; 9.9	3.2 1,8, 19	2. 3- 15	1- 14 .6	1- 13 .5	2. 8- 7. 6	3.5 - 6.4
Масса бульдозерного оборудования, кг	1070	780	1150	1710	1850	3325	3980	3450	4200	5100	3400	1810
Общая масса бульдозера, кг	6910	6560	10050	13710	13350	18860	31380	20450	29200	40100	19250	14380

Условие движения бульдозера без буксования записывается

$$T_{\text{ц.б}} \geq T_{\text{т}} \geq \sum W_i$$

где  $T_{\text{сц.б}}$  - сила тяги бульдозера по сцеплению, Н;  
 $T_{\text{т}}$  – тяговые усилия развиваемое трактором, Н;  
 $\sum W_i$  - сумма сил сопротивлений, возникающих при резании и перемещении грунта, Н.

Сила тяги бульдозера по сцеплению определяется по формуле

$$T_{\text{сц.б}} = G_{\text{сц.б}} \cdot \varphi_{\text{сц}} , \text{ Н},$$

где  $G_{\text{сц.б}}$  - сцепной вес бульдозера, Н;  
 $\varphi_{\text{сц}}$  - коэффициент сцепления гусениц с грунтом.

Сцепной вес бульдозера определяется по формуле

$$G_{\text{сц.б}} = M_{\text{о.б}} \cdot g , \text{ Н},$$

где  $M_{\text{о.б}}$  - общая масса бульдозера, кг;  
 $g$  - ускорение свободного падения, принимается  $g = 9,81 \text{ м/с}^2$ .

Коэффициент сцепления гусениц с грунтом принимается в зависимости от типа грунта, принимается  $\varphi_{\text{сц}} = (0,6 - 0,9)$ . Для плотных грунтов принимается большее значение коэффициента, для мягких меньшее значение.

Тяговое усилие развиваемое трактором определяется по формуле

$$T_{\text{т}} = 0,9 \cdot 1000 \cdot N_{\text{дв.}} \cdot \eta_{\text{п}} / v_{\text{б}} , \text{ Н}.$$

где  $N_{\text{дв}}$  - мощность двигателя бульдозера, кВт;  
 $\eta_{\text{п}}$  - к. п. д. передачи, принимается  $\eta_{\text{п}} = (0,75 - 0,85)$ ;  
 $v_{\text{б}}$  - скорость движения бульдозера на рабочей передаче, м/с.

В процессе работы бульдозера возникают следующие силы сопротивления

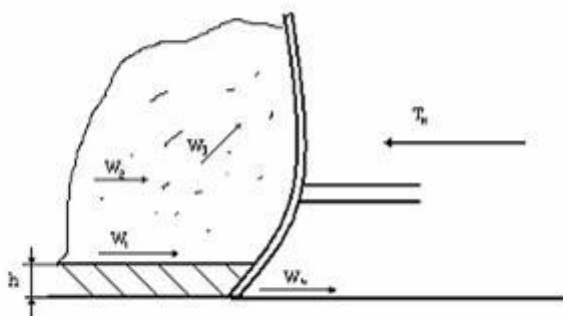


Рисунок 1.1 - Расчетная схема

$$\sum W_i = W_1 + W_2 + W_3 + W_4.$$

где  $W_1$  - сопротивление грунта резанию, Н;

$W_2$  - сопротивление волочению грунта перед отвалом, Н;

$W_3$  - сопротивление перемещению грунта по отвалу, Н;

$W_4$  - сопротивление движению бульдозера, Н.

Сопротивление грунта резанию определяется по формуле

$$W_1 = k_p \cdot B_0 \cdot h, \text{ Н},$$

где  $k_p$  - удельный коэффициент сопротивления грунта резанию, мПа;

$B_0$  - длина отвала, м;

$h$  - глубина резанию грунта, м, которая вначале принимается по таблице исходных данных, а затем уточняется расчетом.

Удельный коэффициент сопротивления грунта резанию зависит от типа грунта и принимается из таблицы 1.3.

Таблица 1. 3. Характеристика грунтов

Параметр	Категория	Объемный вес грунта, кг/м <sup>3</sup> $\gamma_0$	Коэффициент разрыхления грунта. $k_{\text{разр}}$	Удельный коэф. сопротивления резанию, мПа $k_p$
Тип грунта				
Песок сухой	1	1200 - 1600	1,05 - 1,10	0,01 – 0,03
Песок влажный	1	1400 - 1800	1,10 – 1,2	0,02 – 0,04
Супесь	2	1500 - 1800	1,15 – 1,25	0,05 – 0,07
Суглинок	2	1500 - 1800	1,20 – 1,30	0,06 – 0,08
Суглинок средний	2	1600 – 1900	1,25 – 1,35	0,08 – 0,10
Суглинок плотный	3	1600 - 1900	1,30 – 1,40	0,10 – 0,15
Глина	3	1700 – 2000	1,30 – 1,40	0,15 – 0,25
Глина тяжелая	4	1900 - 2200	1,35 – 1,45	0,20 – 0,40

Сопротивление волочению грунта перед отвалом определяется по формуле

$$W_2 = \gamma_0 \cdot V_{\text{пр}} \cdot \mu_1 \cdot g / k_{\text{разр.}}, H,$$

где  $\gamma_0$  – объёмный вес грунта, кг/м<sup>3</sup>;

$V_{\text{пр}}$  - объем грунта находящегося перед отвалом(призма волочения), м<sup>3</sup>;

$\mu_1$  - коэффициент трения грунта о грунт, принимается в зависимости от типа грунта,  $\mu_1 = (0,5 - 1,2)$ .

Меньшее значение принимают для влажных и глинистых грунтов, большее для сухих и песчаных.;

$g$  - ускорение свободного падения,  $g = 9,81$  м/с<sup>2</sup>;

$k_{\text{разр}}$  - коэффициент разрыхления грунта.

Объем грунта находящегося перед отвалом определяется по формуле

$$V_{\text{пр}} = B_0 \cdot H_0^2 / 2 \operatorname{tg} \varepsilon, \text{ м}^3,$$

где  $B_0$  и  $H_0$  – размеры отвала бульдозера, м;

$\varepsilon$  - угол естественного откоса грунта, принимается  $\varepsilon = (30 - 45)^\circ$ , большие значения принимаются для влажных и липких грунтов.

Сопротивление перемещению грунта по отвалу определяется по формуле.

$$W_3 = \gamma_0 \cdot V_{\text{пр}} \cdot \mu_2 \cdot g \cos^2 \delta / k_{\text{разр.}}, H,$$

где  $V_{\text{пр}}$  - объем грунта находящегося перед отвалом, м<sup>3</sup>;

$\gamma_0$  – объемная масса грунта, кг/м<sup>3</sup>;

$\mu_2$  - коэффициент трения грунта о сталь (материал отвала), принимается в зависимости от типа грунта  $\mu_2 = (0,35 - 0,9)$ , большое значение принимается для липких грунтов;

$g$  - ускорение свободного падения,  $g = 9,81$  м/с<sup>2</sup>;

$k_{\text{разр}}$  - коэффициент разрыхления грунта;

$\delta$  - угол резания грунта, принимается в зависимости от типа отвала,  $\delta = (50 - 55)^\circ$ .

Сопротивление движению бульдозера определяется по формуле

$$W_4 = G_{\text{сц.б}} \cdot (f + i), H,$$



где  $G_{\text{сц.б}}$  - сцепной вес бульдозера, Н ;

$f$  - коэффициент сопротивления движению бульдозера, принимается в зависимости от типа грунта и типа ходового оборудования,

$f = 0,06 - 0,2$  большое значение для рыхлых грунтов.;

$i$  - уклон местности.

Проверяется условие движения бульдозера без буксования.

$$T_{\text{сц.б}} \geq T_T \geq \sum W_i$$

В случае если условие не выполняется необходимо сделать обоснованные изменения в исходных данных (изменить глубину резания) и расчет силы сопротивления резанию повторить.

Определим

а) свободную силу тяги по сцеплению

$$T_{\text{с.т.с}} = T_{\text{сц.б.}} - (W_2 + W_3 + W_4), \text{ Н,}$$

б) свободную силу трактора по мощности.

$$T_{\text{с.т.м}} = T_{\text{т.}} - (W_2 + W_3 + W_4), \text{ Н,}$$

Уточняем глубину резания грунта по формуле

$$h^{\min} = W_1 / k_p \cdot B_o, \text{ м,}$$

где  $W_1$  - сопротивление грунта резанию ,в данном случае приравненная к меньшему значению свободной силы по сцеплению  $T_{\text{с.т.с}}$  или по мощности  $T_{\text{с.т.м}}$  , то есть

$$W_1 = T_{\text{с.т.с}} \text{ или } W_1 = T_{\text{с.т.м}}$$

В начале резания грунта, когда тяговое усилие расходуется только на резание грунта, свободная сила тяги определяется по формуле

$$T_{\text{с.т.с}}^{\max} = T_{\text{сц.б.}} - W_4, \text{ Н,}$$

и тогда будет максимальная глубина резания грунта

$$h^{\max} = T_{\text{с.т.с}}^{\max} / B_o \cdot k_p, \text{ м,}$$

Средняя глубина резания грунта равна

$$h^{\text{ср.}} = (h^{\min} + h^{\max})/2, \text{ м,}$$

Эксплуатационная часовая производительность бульдозера определяется по формуле

$$П_{\text{б.}} = 3600 \cdot V_{\text{пр.}} \cdot k_{\text{укл.}} \cdot k_{\text{вр.}} / T_{\text{ц}}, \text{ м}^3/\text{ч},$$

где  $V_{\text{пр}}$  - объем грунта в призме волочения,  $\text{м}^3$

$k_{\text{укл}}$  - коэффициент влияния уклона местности, принимается  $k_{\text{укл}} = (0,8 - 1,2)$ ;

$k_{\text{вр}}$  - коэффициент использования бульдозера во времени, принимается  $k_{\text{вр.}} = (0,75 - 0,80)$ ;

$T_{\text{ц}}$  - время цикла работы бульдозера, с

Время цикла работы бульдозера, с

$$T_{\text{ц}} = t_{\text{р.}} + t_{\text{пр.}} + t_{\text{х.х.}} + t_{\text{п.п.}}, \text{ с.}$$

где  $t_{\text{р}}$  - время резания грунта, с

$t_{\text{пр}}$  - время перемещения грунта, с

$t_{\text{х.х.}}$  - время холостого хода, с

$t_{\text{о.ц}}$  - время обслуживания цикла., с

Время резания грунта определяется по формуле

$$t_{\text{р}} = l_{\text{р.}} / v_{\text{р.х.}}, \text{ с,}$$

где  $l_{\text{р}}$  - длина участка резания грунта, м, принимаем по таблице 1.4.

$v_{\text{р.х.}}$  - скорость бульдозера при резании грунта, м/с, принимаем по таблице 1.2.

Время перемещения грунта определяется по формуле

$$t_{\text{пр}} = l_{\text{пр.}} / v_{\text{пр.}}, \text{ с,}$$

где  $l_{\text{пр}}$  - длина участка перемещения грунта, м принимаемая по таблице 1.4

$v_{\text{пр}}$  - скорость бульдозера при перемещении грунта, м/с, принимаем по таблице 1.2.

Время холостого хода определяется по формуле

$$t_{\text{х.х.}} = l_{\text{х.х.}} / v_{\text{х.х.}}, \text{ с,}$$

где  $l_{\text{х.х.}}$  - длина участка холостого хода, м, принимается как сумма участков резания и перемещение грунта.

$$l_{\text{х.х.}} = l_{\text{р.}} + l_{\text{пр.}}$$

$v_{x.x}$  - скорость бульдозера при холостом ходе, м/с, принимаем по таблице 1.2

При этом следует учитывать рекомендуемые скорости движения бульдозера по операциям: при резании  $v_p = (0,4 - 0,5)$  м/с,

при перемещении  $v_{пр.} = (0,9 - 1,1)$  м/с, при холостом ходе  $v_{x.x} = (1,1 - 2,2)$  м/с.

Время обслуживания цикла складывается из времени на повороты, на управление отвалом и на переключение передач, и принимается равным  $t_{o.ц} = (25 - 30)$  с.

Таблица 1.4. Длина рабочих участков.

Участок	Длина участка резания грунта, м	Длина участка перемещение грунта, м
Вариант		
1 - 4	6 - 8	40 - 60
5 - 8	8 - 10	30 - 40
9 - 12	7 - 9	40 - 50
13 - 15	10 - 12	30 - 40
16 - 20	6 - 8	40 - 60

## Практическая работа №2

### Тяговый расчёт скрепера и расчёт его производительности

Цель работы: проверить возможность скрепера при работе двигаться без буксования; определить эксплуатационную производительность.

Варианты исходных данных приведены в таблице 2.1.

Таблица 2.1. Исходные данные

Вариант	Тип грунта	Вместимость ковша, $q_k$ м <sup>3</sup>	Базовый трактор	Масса скрепера $M_c$ , т	Дальность транспортировки $L_{тр}$ , км	Ширина ковша, $B_k$ , м	Глубина резания, $h$ , м
1	Глина	7	Т-100 МГП	7,7	0,5	2,6	0,08
2	Плотный суглинок	3	Т-74	4,5	0,6	1,4	0,06
3	Суглинок	4,5	Т-4 АП	5,1	0,7	1,6	0,07
4	Супесь	10	Т-100 М	10,2	0,8	3,1	0,01
5	Песок влажный	15	Т-180	15,5	0,6	3,3	0,12
6	Песок сухой	10	Т-100 М	10,2	0,7	3,0	0,10
7	Супесь	25	Т-500	30,0	0,8	3,8	0,20
8	Суглинок	20	Т-220	22,0	0,7	3,4	0,15
9	Глина	9	Т-130	8,9	0,6	2,8	0,08
10	Плотный суглинок	10	Т-130	10,5	0,5	3,0	0,10
11	Суглинок	5	ДТ-75	4,9	0,4	1,7	0,06
12	Супесь	12	Т-130	9,2	0,6	3,2	0,11
13	Песок влажный	15	ДЭТ-250	18,6	0,5	3,2	0,10
14	Песок сухой	20	Т-330	22,0	0,7	3,5	0,15
15	Глина	10	Т-220	9,8	0,8	2,8	0,10
16	Плотный суглинок	8	Т-130	8,8	0,9	3,2	0,08
17	Песок сухой	25	ДЭТ-250	31,0	1,0	3,9	0,20

18	Песок влажный	18	T-330	20,0	0,8	3,4	0,14
19	Суглино к	12	T-220	10,2	0,7	3,0	0,10
20	Глина	8	T-100 МГП	8,2	0,6	2,5	0,08

Скрепер находится в движении без буксования при условии, что сцепная сила больше тягового усилия трактора по развиваемой мощности и больше общего сопротивления передвижению,

$$T_{\text{сц.с.}} \geq T_{\text{т}} \geq \sum W_i$$

где  $T_{\text{сц.б}}$  - сила тяги скрепера по сцеплению, Н;

$T_{\text{т}}$  – тяговые усилия развиваемое трактором, Н;

$\sum W_i$  - сумма сил сопротивлений, возникающих при резании и перемещении грунта, Н.

Сила тяги по сцеплению определяется по формуле

$$T_{\text{сц.с.}} = G_{\text{сц.с.}} \cdot \varphi_{\text{сц.}}, \text{ Н,}$$

где  $G_{\text{сц.с.}}$  - сцепной вес скрепера, Н;

$\varphi_{\text{сц}}$  - коэффициент сцепления ходового оборудования трактора с грунтом.

Так как рассчитывается прицепной скрепер, то сцепной вес скрепера принимается равным весу базового трактора.

$$G_{\text{сц.с.}} = G_{\text{тр.}} = M_{\text{тр.}} \cdot g, \text{ Н,}$$

где  $G_{\text{тр}}$  – вес базового трактора, Н;

$g$  - ускорение свободного падения,  $g = 9,81 \text{ м/с}^2$

$M_{\text{тр}}$  - масса трактора, кг.

Массу базового трактора определяем из таблицей 1.2.

$$M_{\text{тр}} = M_{\text{о.б.}} - M_{\text{б.о.}}$$

где  $M_{\text{о.б}}$  - общая масса бульдозера, кг

$M_{\text{б.о.}}$  - масса бульдозерного оборудования, кг

Тяговое усилие трактора определяется по формуле

$$T_{\text{т}} = 0,9 \cdot 1000 \cdot N_{\text{дв.}} \cdot \eta_{\text{п.}} / v_{\text{т.}}, \text{ Н.}$$

где  $N_{\text{дв}}$  - мощность двигателя трактора, кВт;

$\eta_{\text{п}}$  - к. п. д. передачи, принимается  $\eta_{\text{п}} = (0,75 - 0,85)$ ;

$v_{\text{т}}$  - скорость движения трактора на рабочей передачи, м/с.

В процессе работы скрепера возникают следующие силы сопротивления

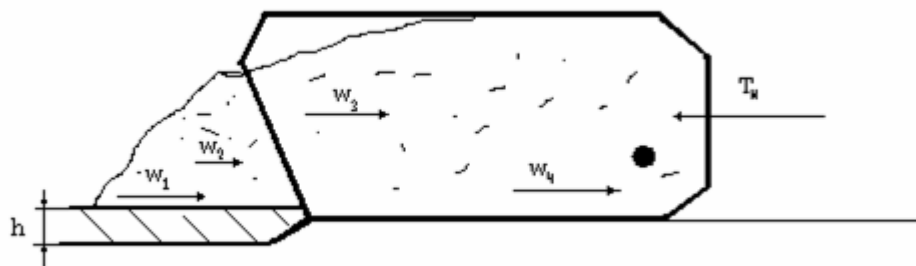


Рисунок 2.1. Расчётная схема.

$$\sum W_i = W_1 + W_2 + W_3 + W_4 + W_5,$$

где  $W_1$  - сопротивление грунта резанию, Н;

$W_2$  - сопротивление волочению грунта перед ковшем, Н;

$W_3$  - сопротивление движению грунта вверх по ковшу, Н

$W_4$  - сопротивление движению грунта во внутрь ковша, Н

$W_5$  - сопротивление движению скрепера, Н.

Сопротивление грунта резанию определяется по формуле

$$W_1 = k_p \cdot B_k \cdot h, \text{ Н},$$

где  $k_p$  - удельный коэффициент сопротивления грунта резанию, мПа, принимается из таблицы 2.3.

$B_k$  - ширина ковша, м

$h$  - глубина резания, м

Таблица 2 3 - Характеристика грунтов.

Тип грунта	Категория	Объёмная масса, $\text{кг/м}^3$ , $\gamma_0$	Коэффициент разрыхления, $k_{\text{разр}}$	Удельный коэфф. сопротивлений резанию, мПа, $k_p$
Песок сухой	1	1200-1600	1,05- 1,1	0,02- 0,04
Песок влажный	1	1400- 1800	1,1- 1,2	0,05- 0,10
Супесь	2	1500- 1800	1,15- 1,25	0,09- 0,18
Суглинок	2	1500- 1800	1,2- 1,3	0,16- 0,25
Суглинок средний	2	1600- 1900	1,25- 1,35	0,22- 0,28
Суглинок плотный	3	1600- 1900	1,3- 1,4	0,28- 0,32
Глина	3	1700- 2000	1,3- 1,4	0,30- 0,40

Глина тяжёлая	4	1900- 2200	1,35- 1,45	0,35- 0,45
------------------	---	------------	------------	------------

Сопротивление волочению грунта перед ковшем определяется по формуле

$$W_2 = \gamma_0 \cdot B_k \cdot h_c^2 \cdot \mu_1 k_0 g, \text{ Н},$$

где  $\gamma_0$  - объёмная масса грунта, кг/м<sup>3</sup>;

$B_k$  ширина ковша, м;

$h_c$  - высота слоя грунта в ковше, м;

$\mu_1$  - коэффициент трения грунта о грунт, принимают равным  $\mu = 0,5-0,12$ . Меньшее значение для влажных и глинистых грунтов;

$k_0$  - коэффициент призмы волочения зависит от вместимости ковша  $q_k$  и типа грунта, принимается  $k_0 = (0,5 - 0,7)$ ., Большее значение для сыпучих грунтов.

Таблица 2.4. Значение высоты слоя грунта в ковше .

Вместимость, м <sup>3</sup> , $q_k$	3	6	10	15	25
Высота слоя, м, $h_c$	1,0 - 1,13	1,25 - 1,5	1,8 - 2,0	2,0 - 2,4	2,4 - 2,8

Сопротивление движению грунта вверх по ковшу определяется по формуле

$$W_3 = \gamma_0 \cdot B_k \cdot h_c h g, \text{ Н},$$

где  $h$  - глубина резания грунта, м.

Сопротивление движению грунта во внутрь ковша определяется по формуле

$$W_4 = \gamma_0 \cdot B_k \cdot h_c^2 x g, \text{ Н},$$

где  $x$  - коэффициент учитывающий влияние типа грунта на движение его во внутрь ковша, принимается  $x = (0,24 - 0,5)$ , большее значение для песка.

Сопротивление движению скрепера определяется по формуле

$$W_4 = [(G_c + G_{гр.}) + G_T] \cdot (f + i), \text{ Н},$$

где  $G_c$  - вес скрепера, Н;

$G_{гр.}$  - вес грунта в ковше, Н

Вес скрепера определяется

$$G_c = M_c \cdot g, \text{ Н},$$

Вес грунта в ковше определяется

$$G_{гр.} = \gamma_0 \cdot q_k \cdot g, \text{ Н},$$

где  $q_k$  - вместимость ковша, м<sup>3</sup>.

Проверка условия движения скрепера без буксования

$$T_{\text{сц.с}} \geq T_{\text{т}} \geq \sum W_i$$

В случае не выполнения условия необходимо сделать обоснованные изменения в исходных данных и расчёт повторить. Также возможно применение дополнительного трактора-толкача при резании и наборе грунта, то есть условие движения скрепера будет иметь вид

$$T_{\text{сц.с}} + T_{\text{сц.т.}}^{\text{тол.}} \geq \sum W_i$$

где  $T_{\text{сц.т.}}^{\text{тол.}}$  – дополнительная сила тяги по сцеплению, развиваемая трактором-толкачем.

Отсюда определим необходимую силу тяги по сцеплению со стороны трактора-толкача

$$T_{\text{сц.т.}}^{\text{тол.}} \geq \sum W_i - T_{\text{сц.с}}, H.$$

а затем, пользуясь формулой определения силы тяги по сцеплению, подбираем по массе трактор-толкача.

$$T_{\text{сц.т.}}^{\text{тол.}} \geq M_{\text{с}}^{\text{тол.}} \cdot g \cdot \varphi_{\text{сц.}}, H,$$

где  $M_{\text{с}}^{\text{тол.}}$  - масса трактора-толкача, кг,

$$M_{\text{с}}^{\text{тол.}} = T_{\text{сц.т.}}^{\text{тол.}} / g \cdot \varphi_{\text{сц.}}, \text{ кг},$$

подбирается трактор-толкатель по таблице 1.2.

Эксплуатационная часовая производительность прицепного скрепера определяется по формуле

$$П_{\text{с}} = 3600 \cdot q_{\text{к}} k_{\text{н}} k_{\text{вр.}} / T_{\text{ц}} k_{\text{разр.}}, \text{ м}^3/\text{ч}$$

где  $q_{\text{к}}$  - вместимость ковша скрепера,  $\text{м}^3$ ;

$k_{\text{н}}$  - коэффициент наполнения ковша, принимается  $k_{\text{н}} = (0,8 - 1,2)$  ;

$k_{\text{вр.}}$  - коэффициент использования скрепера по времени, принимается  $k_{\text{вр.}} = (0,75 - 0,80)$ ;

$k_{\text{разр.}}$  - коэффициент разрыхления грунта, принимается  $k_{\text{разр.}} = (1,1 - 1,35)$

$T_{\text{ц}}$  – время цикла работы, с.

Время рабочего цикла работы скрепера определяется

$$T_{\text{ц}} = t_{\text{р.}} + t_{\text{тр.}} + t_{\text{разг.}} + t_{\text{х.х.}} + t_{\text{о.ц.}}, \text{ с.}$$

где  $t_{\text{р.}}$  - время резания грунта, с

$t_{\text{тр.}}$  - время транспортировки грунта, с

$t_{\text{разг.}}$  - время разгрузки ковша, с

$t_{\text{х.х.}}$  - время холостого хода, с

$t_{\text{о.ц.}}$  - время обслуживания цикла, с

Время резания грунта определяется по формуле

$$t_{\text{р.}} = l_{\text{р.}} / v_{\text{р.}}, \text{ с},$$

где  $l_{\text{р.}}$  - длина пути резания грунта до полного набора ковша набора грунта, м;

$v_{\text{р.}}$  - скорость скрепера при резании грунта, рекомендуется на первой или второй передачи трактора, или принимается  $v_{\text{р.}} = (3,5 - 6,0) \text{ м/с}$ .

Длина пути резания и набора грунта определяется по формуле



$$l_p = q_k \cdot k_n / B_k h, \text{ м},$$

Время транспортировки грунта определяется по формуле

$$t_p = l_{тр.} / v_{тр.}, \text{ с},$$

где  $l_{тр}$  - дальность транспортировки грунта, принимается по таблице 2.1.

$v_{тр}$  - скорость при транспортировании грунта рекомендуется на третьей передаче трактора, или принимается  $v_{тр} = (6,5 - 8) \text{ м/с}$ .

Время разгрузки ковша определяется по формуле

$$t_{разг.} = l_{разг.} / v_{разг.}, \text{ с},$$

где  $l_{разг}$  - путь полной разгрузки ковша, м;

$v_{разг}$  - скорость при разгрузке ковша, м/с, рекомендуется на второй передаче трактора или принимается  $v_{разг} = (4,5 - 8) \text{ м/с}$ .

Путь разгрузки ковша определяется по формуле

$$l_{разг} = q_k \cdot k_n / B_k \cdot h_y, \text{ м},$$

где  $h_y$  - толщина укладываемого слоя грунта, м, рекомендуется  $h_y = (0,2 - 0,4) \text{ м}$ .

Время холостого хода определяется по формуле

$$t_{х.х.} = l_{х.х.} / v_{х.х.}, \text{ с},$$

где  $l_{х.х.}$  - путь холостого хода, м, который складывается из пути набора грунта, перемещения и разгрузки.

$$l_{х.х.} = l_p + l_{тр.} + l_{разг.}, \text{ м}$$

$v_{х.х.}$  - скорость скрепера при холостом ходе, м/с, рекомендуется на пятой или шестой передаче трактора или принимается  $v_{х.х.} = (8 - 10) \text{ м/с}$

Время затрачиваемое на обслуживание цикла принимается равным  $t_{о.ц.} = (40 - 60) \text{ с}$ .

### Практическая работа №3

#### Тяговый расчёт автогрейдера и расчёт его производительности

Цель работы: сделать расчёт основных параметров автогрейдера и определить его производительность.

Варианты исходных данных приведены в таблице 3.1.

Таблица 3.1. - Исходные данные

Вариант	Тип автогрейдера	Масса автогрейдера $M_a$ , т	Длина отвала $B_o$ , мм	Высота отвала $H_o$ , мм	Колёсная формула	Тип грунта	Длина участка $L$ , м
1	Лёгкий	7	2700	450	1*2*3	Супесь	200
2	Лёгкий	8	2900	480	1*2*2	Песок	300
3	Средний	10	3200	500	1*2*3	Супесь	250
4	Средний	14	3800	580	1*2*2	Суглинок	400
5	Тяжёлый	16	3900	600	1*3*3	Глина	200
6	Тяжёлый	20	4800	800	3*3*3	Глина	300
7	Особо тяжёлый	24	5000	900	1*3*3	Глина тяжёлая	250
8	Особо тяжёлый	26	5200	900	3*3*3	Глина тяжёлая	300
9	Лёгкий	6	2500	420	1*2*3	Песок	400
10	Лёгкий	9	3100	500	1*2*2	Супесь	200
11	Средний	11	3400	520	2*2*2	Супесь	300
12	Средний	12	3000	580	2*2*2	Супесь	250
13	Тяжёлый	17	4200	620	1*3*3	Суглинок	350
14	Тяжёлый	19	4700	800	1*3*3	Глина	150
15	Особо тяжёлый	22	5000	820	3*3*3	Глина тяжёлая	200

16	Особо тяжёлый	25	5200	900	3*3*3	Глина тяжёлая	250
17	Лёгкий	5	2500	400	1*2*3	Песок	300
18	Средний	13	3700	550	2*2*2	Суглинок	250
19	Тяжёлый	15	3800	600	1*3*3	Суглинок	350
20	Особо тяжёлый	23	4900	880	3*3*3	Глина	400

Условие движения автогрейдера без буксования записывается,

$$T_{\text{сц.а}} \geq T_{\text{т}} \geq \sum W_i$$

где  $T_{\text{сц.а}}$  - сила тяги автогрейдера по сцеплению, Н;

$T_{\text{т}}$  – тяговые усилия развиваемое двигателем автогрейдера, Н;

$\sum W_i$  - сумма сил сопротивлений, возникающих при резании и перемещении грунта, Н.

Сила тяги по сцеплению определяется по формуле

$$T_{\text{сц.а}} = G_{\text{сц.а}} \cdot \varphi_{\text{сц.а}} \cdot N.$$

где  $G_{\text{сц.а}}$  - сцепной вес автогрейдера, Н

$\varphi_{\text{сц}}$  - коэффициент сцепления колёс автогрейдера с грунтом

Сцепной вес автогрейдера определяется по формуле

$$G_{\text{сц.а}} = \xi \cdot M_{\text{а}} \cdot g, \text{ Н.}$$

где  $\xi$  - коэффициент зависящий от колёсной формулы, для колёсных формул 1\*3\*3, 3\*3\*3 и 2\*2\*2 -  $\xi = 1,0$ , а для 1\*2\*3 и 1\*2\*2-  $\xi = 0,75$ .

$M_{\text{а}}$  - масса автогрейдера, кг.;

$g$  - ускорение свободного падения,  $g = 9,8 \text{ м/с}^2$

Коэффициент сцепления колёс с грунтом принимается в зависимости от типа грунта,  $\varphi_{\text{сц}} = (0,4 - 0,8)$ . Для плотных грунтов большее значение, для мягких грунтов меньшее.

Тяговое усилие, развиваемое двигателем автогрейдера, определяется по формуле

$$T_{\text{т}} = 0,9 \cdot 1000 \cdot N_{\text{дв.}} \cdot \eta_{\text{п.}} / v_{\text{а.}}, \text{ Н.}$$

$v_a$  - скорость движения автогрейдера на рабочей передаче, м/с.

$k_p$  - удельный коэффициент сопротивления грунта резанию, принимается в зависимости от типа грунта,  $k_p = (100 - 150) \text{ кН/м}^2$ , меньшее значение принимается для песка, большее для глины.

$\varphi$  - угол установки отвала, принимается  $\varphi = (40^\circ - 80^\circ)$ .

Глубина резания определяется из уравнения свободного тягового усилия

$$G_{\text{сц.а}} \cdot \varphi_{\text{сц}} = F_{\text{с}} \cdot k_{\text{к}},$$

$$F_{\text{с}} = G_{\text{сц.а}} \cdot \varphi_{\text{сц}} / k_{\text{к}}, \text{ м}^2$$

где  $F_{\text{с}}$  - площадь сечения срезаемой стружки грунта,  $\text{м}^2$ ;

$k_{\text{к}}$  - удельное сопротивление грунта копанию, которое учитывает не только резание, но и перемещение грунта как перед отвалом, так и вдоль отвала, принимается в зависимости от типа грунта  $k_{\text{к}} = (200 - 300) \text{ кН/м}^2$ .  
Меньшее значение для песка, большее для глины.

Площадь сечения срезаемой стружки грунта равна

$$F_{\text{с}} = h \cdot B_{\text{о}}, \text{ м}^2,$$

Приравниваем две последних формулы

$$G_{\text{сц.а}} \cdot \varphi_{\text{сц}} / k_{\text{к}} = h \cdot B_{\text{о}}.$$

Учитывая это, находим глубину резания

$$h = G_{\text{сц.а}} \cdot \varphi_{\text{сц}} / B_{\text{о}} \cdot k_{\text{к}}, \text{ м},$$

Сопротивление грунта перемещению перед отвалом определяется по формуле

$$W_2 = \gamma_0 \cdot V_{\text{пр}} \cdot \mu_1 \cdot g \sin \varphi / k_{\text{разр.}}, \text{ Н},$$

где  $V_{\text{пр}}$  - объём грунта, находящегося перед отвалом,  $\text{м}^3$

$\gamma_0$  - объёмная масса грунта,  $\text{кг/м}^3$ , принимается в зависимости от грунта,  $\gamma_0 = 1200 - 2000 \text{ кг/м}^3$ , большее значение для глины.

$\mu_1$  - коэффициент трения грунта о грунт, принимается в зависимости от типа грунта,  $\mu_1 = (0,5 - 1,2)$ , меньшее значение для глинистых грунтов.

$k_{\text{разр}}$  - коэффициент разрыхления грунта, принимается  $k_{\text{разр}} = (1,05 - 1,45)$ , большее значение для глины.

$\varphi$  - угол установки отвала, принимается  $\varphi = (40^\circ - 80^\circ)$ .

Объём грунта, находящегося перед отвалом, определяется по формуле

$$V_{\text{пр}} = B \cdot H^2 / 2 \tan \varepsilon, \text{ м}^3,$$

где В и Н - размеры отвала автогрейдера, м

$\varepsilon$  - угол естественного откоса грунта, принимается  $\varepsilon = (30^\circ - 45^\circ)$ .

Сопротивление перемещению грунта вверх по отвалу определяется по формуле

$$W_3 = \gamma_0 \cdot V_{\text{пр.}} \cdot \mu_2 \cdot g \cos^2 \delta \cdot \sin \varphi / k_{\text{разр.}}, \text{ Н},$$

где  $\mu_2$  - коэффициент трения грунта о сталь, принимается  $\mu_2 = (0,35 - 0,9)$ , большее значение для липких грунтов.

$\delta$  - угол резания грунта, принимается  $\delta = (30^\circ - 45^\circ)$ .

Сопротивление грунта перемещению вдоль отвала определяется по формуле

$$W_4 = \gamma_0 \cdot V_{\text{пр.}} \cdot \mu_1 \mu_2 \cdot g \cdot \cos \varphi / k_{\text{разр.}}, \text{ Н},$$

Сопротивление движению автогрейдера определяется по формуле

$$W_5 = G_{\text{сц.а}} \cdot (f + i) \text{ Н},$$

где  $G_{\text{сц.а}}$  – сцепной вес автогрейдера, Н

$f$  – коэффициент сопротивления движению автогрейдера, принимается  $f = (0,1 - 0,2)$ . Большее значение для песка, меньшее значение для глины.

$i$  - уклон местности, принимается  $i = (0,01 - 0,025)$ .

Проверим условие движения автогрейдера по условию

$$T_{\text{сц.а.}} \geq T_{\text{т}} \geq \sum W_i$$

В случае не выполнения условия, необходимо сделать обоснованные изменения в исходных данных и расчёт повторить.

Производительность автогрейдера

**а) при планировочных работах**

$$\Pi_a = 3600 \cdot L \cdot (B_o \sin \varphi - a) k_{\text{вр.}} / ((L/v_p) + t_{0,\text{ц}}) n, \text{ м}^2/\text{ч}$$

где  $L$  - длина участка планировки, м;

$B_o$  – ширина отвала автогрейдера, м;

$\varphi$  – угол установки отвала;

$a$  – величина перекрытия смежных полос, м;

$v_p$  - рабочая скорость при планировке, принимается  $v_p = (1,2 - 2,0)$

м/с;

$t_{0,\text{ц}}$  - время обслуживания цикла, принимается  $t_{0,\text{ц}} = (60 - 80) \text{ с}$ .

$n$  - число проходов по одному следу, принимается  $n = (1 - 3)$

$k_{\text{вр.}}$  - коэффициент использования автогрейдера во времени, принимается  $k_{\text{вр.}} = (0,75 - 0,8)$

**б) при резании и перемещении грунта**

$$\Pi_{\text{б.}} = 3600 \cdot V_{\text{пр.}} \cdot k_{\text{укл.}} \cdot k_{\text{вр.}} / T_{\text{ц}}, \text{ м}^3/\text{ч},$$

где  $V_{пр}$  - объем грунта в призме волочения,  $m^3$   
 $k_{укл}$  - коэффициент влияния уклона местности, принимается  $k_{укл} = (0,8 - 1,2)$ ;  
 $k_{вр}$  - коэффициент использования автогрейдера во времени, принимается  $k_{вр} = (0,75 - 0,80)$ ;  
 $T_{ц}$  - время цикла работы автогрейдера, с

Время цикла работы автогрейдера, с

$$T_{ц} = t_{р.} + t_{пр.} + t_{пл.} + t_{х.х.} + t_{п.п.}, с.$$

где  $t_{р}$  - время резания грунта, с; при скорости движения автогрейдера  $v_{р} = (0,5 - 0,7)m/c$ ;

$t_{пр}$  - время перемещения грунта, с; при скорости движения  $v_{пр.} = (0,8 - 0,9)m/c$ ;

$t_{пл}$  - время планировки грунта, при скорости движения  $v_{пл.} = (0,7 - 0,8)m/c$ ;

$t_{х.х.}$  - время холостого хода, с; при скорости движения  $v_{х.х.} = (1,0 - 1,2)m/c$ ;

$t_{о.ц}$  - время обслуживания цикла., с, принимается  $t_{о.ц} = (60 - 80) с$ .

Значения величины участков приведены в таблице 3.3

Таблица 3.3 – Участки перемещения грунта

Варианты	Путь резания грунта, м $l_p$	Путь перемещения грунта, м, $l_{пр.}$	Путь планировки грунта, м , $l_{пл}$
1; 5; 10; 14; 18.	5,5	30	6,6
2; 6; 11; 15; 19.	7,0	35	7,6
3; 7; 12; 16; 20.	6,8	25	11,0
4; 8; 9; 13; 17.	5,1	44	9,5

## Практическая работа №4

### Определение основных параметров грейдер-элеваторов

Цель работы: определить основные параметры грейдер- элеватора и произвести тяговый расчёт.

Варианты исходных данных приведены в таблице 4.1.

Таблица 4.1. Исходные данные

Вариант	Производительность $P_{Г-Э}$ , м <sup>3</sup> /ч	Базовый трактор	Масса грейдер- элеватора $M_{Г-Э}$ , т	Тип грунта
1	400	T-74	9,2	Суглинок
2	650	T-100 М	11,2	Супесь
3	800	T-4 АП	12,1	Песок
4	1000	T-130	14,2	Песок влажный
5	1600	T-180	16,0	Супесь
6	450	ДТ-75	9,0	Суглинок влажный
7	600	T-74	9,6	Супесь влажная
8	750	T-4 АП	10,6	Суглинок
9	900	T- 100 М	11,2	Супесь
10	1100	T-130	12,2	Песок
11	1300	T-180	14,0	Песок
12	300	T-74	7,6	Супесь
13	500	T-100 М	8,6	Супесь влажная
14	700	T-4 АП	11,8	Суглинок влажный
15	850	T-130	14,0	Песок
16	1200	T-130	15,0	Суглинок
17	1500	T-180	15,6	Супесь
18	550	T-4 АП	10,2	Песок
19	650	T-130	11,6	Супесь
20	800	T-180	14,2	Суглинок

Основными параметрами грейдер - элеваторов являются:



1. Диаметр дискового рабочего ножа, схема которого показана на рисунке 4.1.

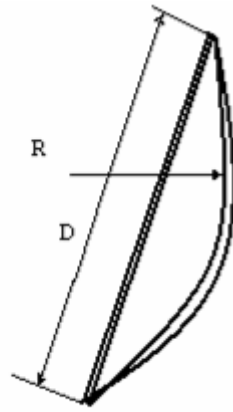


Рисунок 4.1. Схема режущего диска.

$$D_{Г-Э} = \sqrt{5 \cdot \Pi_{Г-Э} / k_{\Pi} \cdot v_{Г-Э}}, \text{ м},$$

где  $\Pi_{Г-Э}$  - производительность грейдер - элеватора,  $\text{м}^3/\text{ч}$ ;

$k_{\Pi}$  - коэффициент учитывающий потери грунта, принимается  $k_{\Pi} = (0,80 - 0,90)$ .

$v_{Г-Э}$  - рабочая скорость грейдер-элеватора,  $\text{м}/\text{ч}$ , принимается  $v_{Г-Э} = (6 - 10) \text{ км}/\text{ч}$

2. Радиус кривизны режущего дискового ножа.

$$R = (0,85 - 1,0) D_{Г-Э}, \text{ м},$$

где  $D_{Г-Э}$  - диаметр режущего дискового ножа, м,

3. Глубина резания.

$$h = (0,0 - 0,5) D_{Г-Э}, \text{ м},$$

4. Площадь сечения срезаемой стружки

$$F_c = 0,2 \cdot D_{Г-Э}^2, \text{ м}^2,$$

5. Углы:

а) резания,  $\delta$ , принимается в зависимости от типа грунта, принимается  $\delta = (20^\circ - 40^\circ)$ . Больше значение для песка, меньше для глины;

б) захвата,  $\varepsilon$ , принимается в зависимости от типа грунта в пределах  $\varepsilon = (40^\circ - 50^\circ)$ , больше значение для песка, меньше для глины.

в) заострения,  $\beta = (18^\circ - 30^\circ)$ .

6. Ширина ленты транспортёра

$$B_{\text{л}} = (1,2 - 1,6) D_{\text{Г-Э}}, \text{ м},$$

Условие движения грейдер-элеватора записывается

$$T_{\text{сц.Г-Э}} \geq T_{\text{Т}} \geq \sum W_i$$

где  $T_{\text{сц.Г-Э}}$  - сила тяги базового трактора по сцеплению, Н

$T_{\text{Т}}$  - тяговое усилие, развиваемое трактором, Н

$\sum W_i$  - сумма всех сил сопротивлений, Н

Сила тяги базового трактора по сцеплению

$$T_{\text{сц.Г-Э}} = G_{\text{сц.Г-Э}} \cdot \varphi_{\text{сц}} \dots Н.$$

где  $G_{\text{сц.Г-Э}}$  - сцепной вес грейдер-элеватора, Н,

$\varphi_{\text{сц}}$  - коэффициент сцепления ходового оборудования с грунтом, принимается  $\varphi_{\text{сц}} = (0,6 - 0,9)$ . Для плотных грунтов принимается большее значение, для мягких меньшее значение.

Сцепной вес грейдер-элеватора определяется

**а) для прицепного грейдер-элеватора**

$$G_{\text{сц.Г-Э}} = G_{\text{тр.}}, Н,$$

где  $G_{\text{тр}}$  – вес базового трактора, Н,

**б) для полуприцепного грейдер-элеватора**

$$G_{\text{сц.Г-Э}} = (1,05 - 1,15) G_{\text{тр(т)}}, Н,$$

где  $G_{\text{тр(т)}}$  – вес базового трактора (тягача), Н,

**в) для самоходного грейдер-элеватора**

$$G_{\text{сц.Г-Э}} = (1,20 - 1,35) G_{\text{Т}}, Н,$$

где  $G_{\text{тр(т)}}$  – вес базового тягача, Н,

Тяговое усилие развиваемое базовым трактором определяется

$$T_{\text{Т}} = 0,9 \cdot 1000 \cdot N_{\text{дв.}} \cdot \eta_{\text{п.}} / v_{\text{Г-Э}}, Н.$$

где  $N_{\text{дв}}$  - мощность двигателя трактора, кВт

$\eta_{\text{п}}$  - к. п. д. передачи, принимается  $\eta_{\text{п}} = (0,75 - 0,85)$ ;

$v_{\text{Г-Э}}$  - рабочая скорость движения грейдер-элеватора, м/с  
принимается по таблице 1.2.

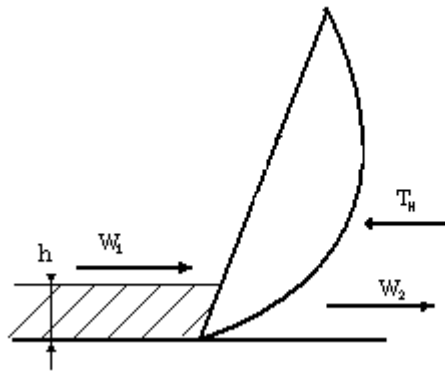


Рисунок 4.2. Расчётная схема.

Основными силами сопротивления при работе грейдер - элеватора являются

$$\sum W_i = W_1 + W_2 ,$$

где  $W_1$  - сопротивление грунта копанию, Н

$W_2$  - сопротивление движению, Н

Сопротивление грунта копанию определяется

$$W_1 = k_k \cdot F_c , \text{Н},$$

где  $k_k$  - удельное сопротивление грунта копанию зависит от типа грунта , принимается  $k_k = (0,2 - 0,45) \text{МПа}$ . Большее значение для плотных грунтов.

$F_c$  - площадь сечения срезаемой стружки,  $\text{м}^2$

Сопротивление движению грейдер – элеватора определяется

$$W_2 = [(G_{Г-Э} + G_{гр.}) + G_{тр.}] \cdot (f + i)$$

где  $G_{тр.}$  - вес трактора, Н;

$$G_{тр.} = M_{тр.} \cdot g , \text{Н},$$

где  $M_{тр.}$  - масса трактора, кг

Массу базового трактора определяем из [таблицы 1.2.](#)

$$M_{тр} = M_{0.б.} - M_{б.о.}$$

где  $M_{0.б.}$  - общая масса бульдозера, кг

$M_{б.о.}$  - масса бульдозерного оборудования.кг

$G_{Г-Э}$  - общий вес грейдер–элеватора, Н;

$$G_{Г-Э} = M_{Г-Э} \cdot g , \text{Н},$$

$G_{гр.}$  – вес грунта на транспортере грейдер-элеватора, принимается

$$G_{гр} = (0,03 - 0,05) G_{Г-Э} , \text{Н},$$

$f$  - коэффициент сопротивления движению,  $f=(0,06 - 0,2)$ .

Проверяем условие движения, и при необходимости сделаем обоснование изложения в исходных данных.

Производительность грейдер-элеватора

$$\Pi_{г-э} = 3600 \cdot L \cdot F_c \cdot k_{\pi} \cdot k_{вр} / ((L/v_{р.х}) + t_{о.ц}), \text{ м}^3/\text{ч}.$$

где  $L$  – длина разрабатываемого участка, м;

$F_c$  – площадь срезаемой стружки грунта,  $\text{м}^2$ ;

$k_{\pi}$  – коэффициент потерь грунта, принимается  $k_{\pi} = (0,8 - 0,9)$ ;

$k_{вр}$  – коэффициент использования грейдер-элеватора во времени, принимается  $k_{вр} = (0,95 - 0,98)$ ;

$v_{р.х}$  – рабочая скорость грейдер-элеватора, принимается  $v_{р.х} = (1,7 - 2,6) \text{ м/с}$

$t_{о.ц}$  – время обслуживания цикла, принимается  $t_{о.ц} = (30 - 40)\text{с}$ .

Длина участка разработки принимается из таблицы 4.2.

Таблица 4.2 – Длина участка разработки грунта

Вариант	L,км	Вариант	L,км	Вариант	L,км	Вариант	L,км
1	0,8	6	0,95	11	1,05	16	0,8
2	1,3	7	0,85	12	1,15	17	1,3
3	1,1	8	0,75	13	1,25	18	1,1
4	0,9	9	0,88	14	0,95	19	0,9
5	1,0	10	0,98	15	1,11	20	1,0

## Практическая работа №5

### Тяговый расчёт рыхлителя и определение его производительности

Цель работы: определить эффективность работы рыхлителя на прочных грунтах и рассчитать его производительность.

Варианты исходных данных приведены в таблице 5.1.

Таблица 5.1. Исходные данные

Вариант	Разрабатываемый грунт	Марка трактора	Число зубьев $z_z$ , шт.	Глубина рыхления, $h_p$ , м	Длина участка рыхления $L$ , м
1	Песок плотный	Т-130	1	0,15	300
2	Супесь плотная	Т-220	2	0,25	200
3	Суглинок плотный	Т-220	3	0,35	500
4	Глина	Т-330	3	0,45	300
5	Глина тяжёлая	ДЭТ-250	3	0,25	200
6	Суглинок с щебнем	Т-180	2	0,2	100
7	Гравий мелкий	Т-100 М	1	0,12	500
8	Глина	Т- 130	1	0,15	400
9	Песок плотный	Т- 180	3	0,30	300
10	Суглинок плотный	Т-220	3	0,35	300
11	Глина тяжёлая	ДЭТ-250	3	0,3	200
12	Суглинок с щебнем	Т-330	5	0,45	100
13	Песок плотный	Т-130	1	0,2	500
14	Гравий мелкий	Т-180	2	0,25	500
15	Песок плотный	Т-220	3	0,35	500
16	Супесь плотная	ДЭТ-250	5	0,45	400
17	Глина	Т-330	5	0,35	300
18	Глина тяжёлая	ДЭТ-250	3	0,25	200
19	Суглинок с щебнем	Т-180	2	0,2	300
20	Глина	Т-100 М	1	0,15	100

Условие работы рыхлителя без буксования записывается

$$T_{сц,р} \geq T_{т} \geq \sum W_i$$

где  $T_{\text{сц.р}}$  - сила тяги рыхлителя по сцеплению, Н

$T_{\text{т}}$  - тяговое усилие, развиваемое трактором, Н

$\sum W_i$  - суммарное сопротивление рыхлению, Н

Сила тяги рыхлителя по сцеплению определяется по формуле

$$T_{\text{сц.р}} = G_{\text{сц.р}} \cdot \varphi_{\text{сц.}}, \text{ Н.}$$

где  $G_{\text{сц.р}}$  - сцепной вес рыхлителя, Н;

$\varphi_{\text{сц.}}$  - коэффициент сцепления гусениц с грунтом.

Коэффициент сцепления гусениц с грунтом принимается в зависимости от типа грунта, принимается  $\varphi_{\text{сц}} = (0,6 - 0,9)$ . Для плотных грунтов принимается большее значение, для мягких меньшее значение

Сцепной вес рыхлителя определяется

**а)** если рыхлитель навешан на трактор, то

$$G_{\text{сц.р}} = (1,18 - 1,22) G_{\text{тр.}}, \text{ Н ,}$$

**б)** если рыхлитель навешан на бульдозер, то

$$G_{\text{сц.р}} = (1,35 - 1,45) G_{\text{тр.}}, \text{ Н ,}$$

где  $G_{\text{тр}}$  – вес базового трактора,

$$G_{\text{тр}} = M_{\text{тр.}} \cdot g, \text{ Н,}$$

где  $M_{\text{тр}}$  - масса трактора, кг.

Массу базового трактора определяем из таблицей 1.2.

$$M_{\text{тр}} = M_{\text{о.б.}} - M_{\text{б.о.}}$$

где  $M_{\text{о.б}}$  - общая масса бульдозера, кг

$M_{\text{б.о.}}$  - масса бульдозерного оборудования. кг

$g$  - ускорение свободного падения,  $g = 9,81 \text{ м/с}^2$

Тяговое усилие, развиваемое базовым трактором, определяется по формуле

$$T_{\text{т}} = 0,9 \cdot 1000 \cdot N_{\text{дв.}} \cdot \eta_{\text{п.}} / v_{\text{р.}}, \text{ Н.}$$

где  $N_{\text{дв}}$  - мощность двигателя трактора, кВт;

$\eta_{\text{п}}$  - к. п. д. передачи, принимается  $\eta_{\text{п}} = (0,75 - 0,85)$ ;

$v_p$  - скорость движения бульдозера на рабочей передаче, м/с.

В процессе работы рыхлителя возникают следующие силы сопротивления

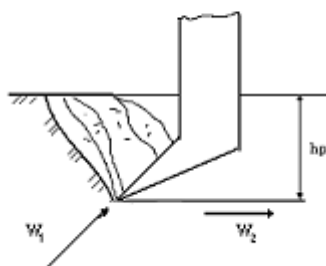


Рисунок 5.1. Расчётная схема

$$\sum W_i = W_1 + W_2$$

где  $W_1$  - сила сопротивления рыхлению грунта, Н;

$W_2$  - сила сопротивление движению рыхлителя, Н

Сила сопротивления рыхлению грунта

$$W_1 = k_p \cdot b_z \cdot h_p \cdot z_z, \text{ Н.}$$

где  $k_p$  - удельное сопротивление грунта рыхлению, мПа;

$b_z$  - ширина зуба, м;

$h_p$  - глубина рыхления, м;

$z_z$  - число рыхлительных зубьев, шт.

Ширина зуба определяется по зависимости

$$b_z = h_p / (3,5 - 5,0), \text{ м,}$$

где  $h_p$  - глубина рыхления грунта, м.

Удельное сопротивление грунта рыхлению зависит от типа грунта и принимается из таблицы 5.2.

Таблица 5.2. Значения удельного сопротивления грунта рыхлению.

Тип грунта Удельное сопротивлени е	Песок плотны й	Супесь плотна я	Суглино к плотный	Глин а	Глина тяжёла я	Грави й мелки й	Суглино к с щебнем
Кр, МПа	0,3-0,6	0,6-0,9	0,7-1,2	1,1- 1,6	1,7-3,0	1,7-3,0	1,6-3,2

Сопротивление движению рыхлителя определяется по формуле

$$W_2 = G_{\text{сц,р}} (f + i) \cdot H,$$

где  $G_{\text{сц,р}}$  - сцепной вес рыхлителя, Н;

$f$  - коэффициент сопротивления движению, принимается  $f = (0,06 - 0,12)$ .

Производительность рыхлителя определяется по формуле

$$\Pi = 3600 \cdot L \cdot h_p \cdot B_3 k_{\text{вр}} / ((L/v_{\text{р.х}}) + t_{\text{о.ц}}) \cdot n, \text{ м}^3/\text{ч},$$

где  $L$  - длина участка рыхления, м;

$h_p$  - глубина рыхления, м ;

$B_3$  ширина захвата, м;

$k_{\text{вр}}$  коэффициент использования рыхлителя во времени,  $k_{\text{вр}} = (0,75 - 0,8)$ ;

$v_{\text{р.х}}$  - скорость при рыхлении, м/с, принимается  $v_{\text{р.х}} = (0,3 - 0,8)$  м/с;

$t_{\text{о.ц}}$  - время обслуживания цикла, принимается  $t_{\text{о.ц}} = (60 - 90)$  с;

$n$  – число проходов по одному следу, принимается  $n = (1 - 2)$ .

Ширина захвата при рыхлении определяется

$$B_3 = z_3 \cdot b_3 + a \cdot (z_3 - 1), \text{ м},$$

где  $z_3$  – число рыхлительных зубьев, шт.

$b_3$  – ширина зуба, м;

$a$  – расстояние между рыхлительными зубьями, принимается  $a = (0,2 - 1,2)$ .



## Практическая работа №6

### Расчет и подбор основных параметров экскаватора с прямой лопатой

Цель работы: определить основные параметры оборудования и мощности подъемного и напорного механизмов.

Варианты заданий приведены в таблице 6.1.

Таблица 6.1 Исходные данные

Вариант.	Вместимость ковша, м <sup>3</sup> q <sub>к</sub>	Тип грунта	Удельное сопротивление вл. копания мПа, q <sub>p</sub>	Объемная масса грунта кг/м <sup>3</sup> , γ <sub>0</sub>	Масса оборудования, кг		Масса экскаватора, т M <sub>э</sub>	Длительность цикла, с T <sub>ц</sub>
					Рукоятки M <sub>p</sub>	Ковша M <sub>к</sub>		
1.	0,5	Песок	0,12	1300				
2.	0,3	Глина	0,18	1900	1325	900	18	40
3.	0,4	Супесь	0,14	1600	1200	750	16	30
4.	0,75	Супесь	0,13	1500	1275	850	14,5	35
5.	1,0	Суглин.	0,16	1700	1415	1100	20,5	45
6.	1,25	Песок	0,11	1200	1550	1300	22	50
7.	1,75	Супесь	0,12	1500	1650	1450	25	65
8.	1,5	Суглин	0,16	1700	1775	1475	28	70
9.	1,25	Песок	0,12	1300	1715	1415	26,5	65
10.	0,5	Глина	0,17	1800	1650	1450	25	60
11.	0,4	Глина	0,18	1900	1325	900	18	45
12.	0,3	Суглин.	0,16	1700	1275	850	14	40
13.	0,5	Супесь	0,14	1600	1200	750	15	35
14.	0,75	Песок	0,12	1300	1325	900	17,5	40
15.	1,0	Песок	0,11	1200	1415	1100	21	45
16.	1,25	Супесь	0,13	1500	1550	1300	22	50
17.	1,5	Супесь	0,12	1500	1650	1450	26	65
18.	1,75	Песок	0,10	1200	1715	1415	27	60
19.	2,0	Песок	0,11	1200	1775	1475	30	75
20.	1,0	Суглин.	0,15	1600	1800	1500	35	80
					1650	1450	25	50

Определим основные параметры

#### 1. Ширина ковша

$$B_k = k_{ш.к} \sqrt[3]{q_k}, \text{ м,}$$

где  $k_{ш.к}$  - коэффициент ширины ковша, принимается  $k_{ш.к}=1,1$ ;

$q_k$  – вместимость ковша, м<sup>3</sup>.

#### 2. Длина ковша

$$l_k = k_{д.к} \sqrt[3]{q_k}, \text{ м,}$$

где  $k_{д.к}$  - коэффициент длины ковша, принимается  $k_{д.к}=1,15$ ,  
 $q_k$  – вместимость ковша,  $\text{м}^3$ .

### 3. Длина рукояти

$$l_p = k_{д.р} \sqrt[3]{M_э}, \text{ м,}$$

где  $k_{д.р}$ - коэффициент длины рукояти, принимается  $k_{д.р}=1,5$ .  
 $M_э$  – масса экскаватора, т

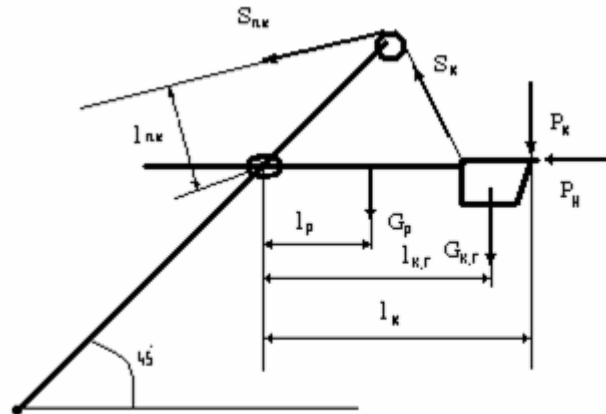


Рисунок 6.1 - Расчетная схема

### 4. Длина стрелы

$$l_p = k_{д.с} \sqrt[3]{M_э}, \text{ м,}$$

где  $k_{д.с}$ - коэффициент длины стрелы,  $k_{д.с}=2,44$ ;  
 $M_э$  – масса экскаватора, т.

### 5. Высота копания грунта

$$H_k = k_{в.к} \sqrt[3]{M_э}, \text{ м,}$$

где  $k_{в.к}$  - коэффициент высоты копания,  $k_{в.к}=(2,6 - 3,0)$ ;  
 $M_э$  – масса экскаватора, т

### 6. Толщина срезаемого слоя грунта

$$h = q_k \cdot k_n / H_k \cdot b_k \cdot k_{разр.}, \text{ м}$$

где  $q_k$  - вместимость ковша,  $\text{м}^3$ ;  
 $k_n$  – коэффициент наполнения грунта,  $k_n=(0,8-1,2)$ ;  
 $H_k$ - высота копания, м;

$b_k$  - ширина ковша, м

$k_p$  – коэффициент разрыхления грунта,  $k_p=(1,1 - 1,3)$ .

## 7. Сопротивление грунта копанию

$$P_k = k_p \cdot h \cdot b_k$$

где  $k_p$  - удельное сопротивление грунта копанию, МПа;

$h$  – толщина срезаемого слоя грунта, м;

$b_k$  - ширина ковша, м.

## 8. Плечи действующих сил

а) плечо действия усилия в подъемном канате

$$l_{\pi} = 0,5 \cdot l_c \cdot \cos 45^{\circ}, \text{ м,}$$

где  $l_c$  – длина стрелы, м

б) плечо действия веса ковша с грунтом

$$l_c = 0,9 \cdot l_p + 0,5 \cdot l_k, \text{ м,}$$

где  $l_p$  – длина рукояти, м,

$l_k$  – длина ковша, м,

в) плечо действия веса рукояти

$$l_p = 0,4 \cdot l_p, \text{ м,}$$

где  $l_p$  – длина рукояти, м,

г) плечо действия силы сопротивления копанию

$$l_k = 0,9 \cdot l_p + l_k, \text{ м,}$$

где  $l_p$  – длина рукояти, м;

$l_k$  – длина ковша, м.

## 9. Усилие в подъемном канате

$$S_{\pi} = P_k \cdot l_k + G_{k.g.} \cdot l_{k.g.} + G_p \cdot l_p / l_{\pi}, \text{ Н}$$

где  $G_{k.g.}$  – вес ковша с грунтом, Н.

Вес ковша с грунтом

$$G_{к.г} = G_{к.} + G_{г.}$$

где  $G_{к.}$  – вес ковша, Н;

$G_{г.}$  – вес грунта находящегося в ковше, Н.

Вес ковша

$$G_{к.} = M_{к.} \cdot g, \text{ Н,}$$

где  $M_{к.}$  – масса ковша, кг;

$g$  – ускорение свободного падения,  $g = 9,81 \text{ м/с}^2$ .

Вес грунта находящегося в ковше

$$G_{г.} = q_{к.} \cdot \gamma_0 \cdot k_{н.} \cdot g, \text{ Н,}$$

где  $q_{к.}$  – вместимость ковша,  $\text{м}^3$ ;

$\gamma_0$  – объемная масса грунта,  $\text{кг/м}^3$ ;

$k_{н.}$  – коэффициент наполнения грунта,  $k_{н.} = (0,8 - 1,2)$ ;

$g$  – ускорение свободного падения,  $g = 9,81 \text{ м/с}^2$ .

#### 10. Усилие в канате грузоподъемного механизма

$$S_{п.к.} = S_{п.} / i_{п.} \cdot \eta_{п.}, \text{ Н,}$$

где  $S_{п.}$  – усилие в подъемном канате, Н,

$i_{п.}$  – кратность полиспаста,  $i=2$ ,

$\eta_{п.}$  – к.п.д. полиспаста,  $\eta_{п.} = 0,9$ ,

#### 11. Мощность необходимая для подъема ковша с грунтом

$$N_{п.} = S_{п.к.} \cdot v_{п.} / 1000 \cdot \eta_{п.}, \text{ Н,}$$

где  $S_{п.к.}$  – усилие в грузоподъемном канате, Н,

$v_{п.}$  – скорость подъема ковша,  $\text{м/с}$ ,  $v_{п.} = (0,5 - 0,7) \text{ м/с}$ ,

$\eta_{м.}$  – к.п.д. подъемного механизма,  $\eta_{м.} = 0,85$ .

#### 12. Напорное усилие в механизме

Принимается в зависимости от усилия в подъемном механизме

$$S_{н.} = (0,5 - 0,6) S_{п.к.}$$

#### 13. Мощность напорного механизма

$$N_{н.} = S_{н.} \cdot v_{н.} / 1000 \cdot \eta_{н.}, \text{ Н,}$$

где  $S_{н.}$  – напорное усилие, н,

$v_n$  - скорость движения рукояти ,  $v_n = (0,1 - 0,2)$  м/с,

$\eta_n$  – к.п.д. механизма напора,  $\eta_n = 0,85$ .

#### 14. Производительность экскаватора

$$\Pi_9 = 3600 \cdot q_k \cdot k_n \cdot k_{вр.} / T_{ц} \cdot k_{разр.} , \text{м}^3/\text{ч}$$

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

$k_n$  – коэффициент наполнения грунта,  $k_n = (0,8 - 1,2)$ ;

$k_p$  – коэффициент использования экскаватора во времени,  $k_{вр.} = (0,8 - 0,85)$ ;

$k_{разр}$  – коэффициент разрыхления грунта,  $k_p = (1,1 - 1,35)$ ;

$T_{ц}$  - длительность цикла, с.

## Практическая работа №7

### Расчет основных параметров статических катков

Цель работы: ознакомиться с процессом уплотнения грунта,  
определить производительность и мощность ривода.

Варианты заданий приведены в таблице 7.1.

Таблица 7.1 Исходные данные

Вариант	Размеры вальца, м		Тип грунта	Вес вальца $G_B$ , Н.	Влажность грунта,		Глубина уплотнения, Н, м
	Ширина $B_B$	Радиус $R_B$			W	W	
1.	1,3	0,55		8800	19	23	0,45
2.	1,6	0,70		9500	20	25	0,50
3.	1,4	0,60		10000	22	28	0,40
4.	1,2	0,50		8700	20	23	0,45
5.	1,3	0,60		9000	22	28	0,48
6.	1,6	0,70		11000	12	15	0,46
7.	1,4	0,55		10000	15	17	0,50
8.	1,5	0,65		11000	17	19	0,42
9.	1,2	0,55		9500	1	17	0,40
10.	1,3	0,70		10000	19	19	0,45
11.	1,4	0,60		10500	20	24	0,40
12.	1,6	0,70		11500	22	26	0,46
13.	1,5	0,70		11000	19	28	0,48
14.	1,4	0,65		10500	20	23	0,50
15.	1,2	0,60		98000	22	23	0,42
16.	1,3	0,65		10000	15	17	0,48
17.	1,4	0,70		11000	14	19	0,46
18.	1,6	0,70		12000	17	18	0,40
19.	1,3	0,60		11000	12	15	0,42
20.	1,5	0,60		11000	14	19	0,40

Основными параметрами катков с жесткими металлическими вальцами являются вес катка и удельное давление на единицу длины вальца катка  $q_B$ .

1. Определим максимальное напряжение развиваемое на поверхности контакта вальца с грунтом

$$\sigma_{\max} = \sqrt{q_B \cdot E / R_B}, \text{ мПа},$$

где  $q_B$  – линейное давление, Н/м ; которое определяется по формуле

$$q_B = G_B / B_B, \text{ Н/м},$$

где  $G_B$  – вес вальца, Н;

$B_B$  – ширина вальца, м.

$E$  – модуль деформации грунта, мПа; принимается в зависимости от типа грунта, для связных грунтов  $E = (15 - 20)$  мПа,

для несвязных грунтов  $E = (10 - 15)$  мПа.

$R_B$  – радиус вальца, м.

При укатки должно соблюдаться условие при котором напряжение на поверхности грунта не должно превышать предел прочности грунта на разрушение  $\sigma_p$ . Иначе произойдет разрушение твердых частиц грунта. Это условие записывается

$$\sigma_{\max} \leq \sigma_p.$$

где  $\sigma_p$  – предел прочности грунта на разрушение, мПа; зависит от типа грунта, для связных грунтов  $\sigma_p = (0,8 - 1,5)$  мПа, для несвязных грунтов  $\sigma_p = (0,3 - 1,0)$  мПа. В случае не соблюдения условия уточняются размеры и параметры вальца.

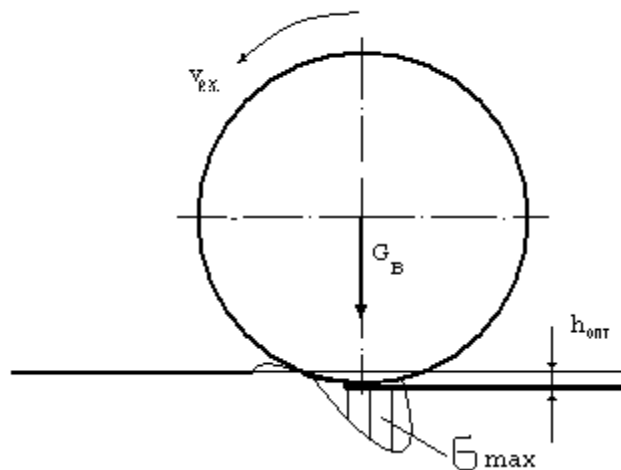


Рисунок 7.1 Схема уплотнения грунта

2. Определим оптимальную глубину уплотнения

а) для связных грунтов

$$h_{\text{опт.}} = (0,30W / W_0) \sqrt{q \cdot R}, \text{ см,}$$

б) для несвязных грунтов

$$h_{\text{опт.}} = (0,32W / W_0) \sqrt{q \cdot R}, \text{ см,}$$

где  $W$  и  $W_0$  - соответственно фактическая и оптимальная влажность уплотняемого грунта, %.

Производительность статических катков

$$\Pi = 3600 \cdot (B_B - 0,2) \cdot v_{p.x} \cdot H / n$$

где  $B_B$  – ширина вальца, м;

0,2 – величина перекрытия смежных полос, м;

$v_{p.x.}$  – рабочая скорость движения катка, м/с; принимается  $v_{p.x.} = (0,8 - 1,6)$  м/с;

$H$  – общая глубина уплотнения грунта, м;

$n$  – число проходов по одному следу, определяется по формуле

$$n = H / h_{\text{опт}},$$

где  $h_{\text{опт}}$  – оптимальная глубина уплотнения грунта, м.

Значение числа проходов  $n$  округляют до целого числа.

Суммарное сопротивление движению катка определяется по формуле

$$\sum W_i = W_1 + W_2, H,$$

где  $W_1$  – сила сопротивления передвиганию катка, Н;

$W_2$  – сила сопротивления от инерции при трогании катка с места, Н.

Сила сопротивления передвиганию катка определяется

$$W_1 = G_b (f + i), H,$$

где  $G_b$  – вес вальца, Н,

$f$  – коэффициент сопротивления перекачиванию катка, принимается  $f = (0,15 - 0,25)$  ;

$i$  – уклон местности, принимается  $i = (0,01 - 0,025)$ .

Сила сопротивления от инерции при трогании катка с места

$$W_2 = G_b \cdot v_{p.x.} / g \cdot t_p, H,$$

где  $G_b$  – вес вальца, Н,

$v_{p.x.}$  – рабочая скорость движения катка, м/с;

$g$  – ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>,

$t_p$  – время разгона катка, принимается  $t_p = (4)$  с.

Мощность двигателя катка определяется по формуле

$$N = \sum W_i \cdot v_{p.x.} / \eta_m, \text{ кВт.}$$

где  $\sum W_i$  – суммарное сопротивление движению катка, Н.;

$v_{p.x.}$  – рабочая скорость движения катка, м/с;

$\eta_m$  – к.п.д. привода, принимается  $\eta_m = 0,8$ .



## Используемая литература

### Печатные издания

1. Краснощек, Борис Витальевич Технология и механизация строительных процессов : учеб.-метод. комплекс [Текст] / Дальневост. федер. ун-т (ДВФУ).- Москва, Проспект, 2017.- 399 с.
2. Организация строительного производства : учеб. для студентов вузов, обучающихся по специальности " Пром. и гражд. стр-во" [Текст] / Т. Н. Цай, П. Г. Грабовой, В. А. Большаков [и др.].- Москва, Интеграл, 2015.- 426 с.
3. Абдулханова, Марина Юрьевна Технологии производства материалов и изделий и автоматизация технологических процессов на предприятиях дорожного строительства : учеб. пособие [для специалистов-практиков дор. стр-ва, студентов архитектур. и строит., а также автомобил.-дор. вузов и фак.] [Текст] .- Москва, СОЛОН - Пресс, 2014.- 564 с.
4. Белецкий, Борис Федорович Строительные машины и оборудование : учеб. пособие [для вузов] [Текст] .- Изд. 3-е, стер..- Москва; Санкт-Петербург; Краснодар, Лань, 2012.- 606 с.
5. Волков, Дмитрий Павлович Строительные машины и средства малой механизации : учеб. для сред. проф. образования [Текст] .- 4-е изд., стер..- Москва, Академия, 2008.- 478 с.
6. Олейник, Павел Павлович Основы организации и управления в строительстве : учеб. [Текст] .- Москва, АСВ, 2014.- 200 с.
7. Туренский, Никандр Георгиевич Строительство тоннелей и метрополитенов. Организация, планирование, управление. [Текст] / под ред. Н. Г. Туренского.- Москва, Транспорт, 1992.- 264 с.
8. Шестопалов, Константин Константинович Подъемно-транспортные, строительные и дорожные машины и оборудование : [Текст] .- Москва, Мастерство, 2002.- 320 с.

### Электронные издания (электронные ресурсы)

1. Гусакова, Е. А. Основы организации и управления в строительстве : учебник и практикум для среднего профессионального образования / Е. А. Гусакова, А. С. Павлов. — 3-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2025. — 615 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-20821-4. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://www.urait.ru/bcode/558823>.
2. Гусакова, Е. А. Основы строительного производства : учебник для среднего профессионального образования / Е. А. Гусакова, А. С. Павлов. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2024. — 210 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-19503-3. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://www.urait.ru/bcode/556551>.
3. Кривошапко, С. Н. Конструкции зданий и сооружений : учебник для среднего профессионального образования / С. Н. Кривошапко, В. В. Галишникова. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2024. — 558 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-06793-4. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://www.urait.ru/bcode/555682>.
4. Лещинский, А. В. Организация технологических процессов на объекте капитального строительства: комплексная механизация : учебное пособие для среднего профессионального образования / А. В. Лещинский, Г. М. Вербицкий, Е. А. Шишкин. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2024. — 231 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-10288-8. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://www.urait.ru/bcode/542038>.

5. Юдина, А. Ф. Строительные конструкции. Монтаж : учебник для среднего профессионального образования / А. Ф. Юдина. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2024. — 302 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-07027-9. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://www.urait.ru/bcode/540986>.

6. Базавлук, В. А. Инженерное обустройство территорий. Дождевые водостоки : учебное пособие для среднего профессионального образования / В. А. Базавлук, А. В. Базавлук, С. В. Серяков. — Москва : Издательство Юрайт, 2024. — 131 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-08272-2. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://www.urait.ru/bcode/540338>.

7. Лещинский, А. В. Подъемно-транспортные, строительные, дорожные машины и оборудование : учебное пособие для среднего профессионального образования / А. В. Лещинский. — 2-е изд., доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2024. — 270 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-15690-4. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://www.urait.ru/bcode/544313>.

#### **Дополнительные источники**

1. <http://www.bridgeart.ru/>— информационно-аналитический сайт для мостовиков
2. Справочное пособие дорожному (мостовому) мастеру по содержанию мостовых сооружений на автомобильных дорогах. Росавтодор, НПО РосдорНИИ, 2020.
3. Технологические правила применения набрызгбетона при ремонте и реконструкции инженерных сооружений. - М. Транспорт. 2020.
4. Технологические правила применения набрызгбетона при ремонте и реконструкции инженерных сооружений. – М. Транспорт. 2019.
5. Технологические решения по усилению железобетонных автодорожных мостов. Альбом N 1. М.: ЦБНТИ, 2018.
6. Технологические решения по усилению железобетонных автодорожных мостов. Альбом N 1. М.: ЦБНТИ, 2019.
7. Пособие по химическому закреплению грунтов инъекцией в промышленном и гражданском строительстве (к СНиП 3.02.01).