

Федеральное агентство по образованию
Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Кузбасский государственный технический университет»

Кафедра стационарных и транспортных машин

Транспортные машины
Расчёт скреперной установки

Методические указания для выполнения
практической работы и раздела курсового проекта
для студентов специальности 150402
«Горные машины и оборудование» всех форм обучения

Составители Н. Р. Масленников
А. П. Абрамов

Утверждены на заседании кафедры
Протокол № 250 от 25.04.2007

Рекомендованы к печати
учебно-методической комиссией
специальности 150402
Протокол № 6 от 22.05.2007

Электронная копия находится
в библиотеке главного корпуса
ГУ КузГТУ

Кемерово 2008

Расчёт скреперной установки производится с целью:

- 1 – определения ёмкости скрепера и его выбора;
- 2 – определения нагрузок в головном и хвостовом канатах и их выбора;
- 3 – выбора концевых и поддерживающих блоков;
- 4 – определения нагрузок на тяговый двигатель и выбора скреперной лебёдки, обеспечивающей необходимую производительность установки в заданных условиях эксплуатации.

Исходные данные для расчёта:

$Q_{см}$ – сменная производительность скреперной установки, т/смену;

вид транспортируемого материала горная масса;

γ_p – расчётная насыпная плотность материала, т/м³ (табл. 1);

D_{max} – максимальный диаметр куска транспортируемого материала, м;

β – средний угол наклона скреперной дороги, градус;

направление скреперования: вверх «+»;

вниз «-»;

L – длина транспортирования (скреперования), м;

H_v – высота выработки, м;

B_v – ширина выработки по почве в зоне транспортирования, м;

$T_{см}$ – продолжительность смены, ч.

Таблица 1

Насыпная плотность γ и расчётная плотность γ_p горной массы при транспортировании

Материал	γ , т/м ³	γ_p , т/м ³	Материал	γ , т/м ³	γ_p , т/м ³
Каменный уголь	0,83-0,90	0,85	Бурый железняк	1,2-2,0	1,8
Антрацит	0,95-1,00	0,95	Красный железняк	2,0-2,8	2,4
Марганцевая руда	1,40-2,00	1,4	Магнитный железняк	2,5-3,5	3,0

1. Определение ёмкости скрепера и его выбор

1.1. Расчётная производительность скреперной установки

$$Q = \frac{Q_{\text{см}}}{k_{\text{м}} T_{\text{см}}}, \text{ т/ч,}$$

где $k_{\text{м}}$ – коэффициент машинного времени (обычно не превышает 0,5, при хорошей организации работ – до 0,65).

1.2. Продолжительность цикла скреперования

$$T = \frac{L}{v_{\text{гр}}} + \frac{L}{v_{\text{пор}}} + t_3 + t_p, \text{ с,}$$

где $v_{\text{гр}}$ и $v_{\text{пор}}$ – скорости движения гружёного и порожнего скрепера, м/с (ориентировочно следует принимать $v_{\text{гр}} = 1,3-1,5$ и $v_{\text{пор}} = 1,6-2,0$; пока лебёдка не выбрана предпочтительно принимать меньшие значения); t_3 – продолжительность зачерпывания скрепером горной массы, с ($t_3 = 5-10$ с – при зачерпывании под выпускными дучками, $t_3 = 10-20$ при зачерпывании в забое); t_p – продолжительность разгрузки скрепера, с ($t_p = 3-5$ при разгрузке в рудоспуск, $t_p = 10-20$ при разгрузке на полке).

1.3. Масса материала в скрепере

$$M = \frac{QT}{3,6}, \text{ кг.}$$

1.4. Ёмкость скрепера

$$V = \frac{M}{1000\gamma_p\phi}, \text{ м}^3,$$

где ϕ – коэффициент заполнения скрепера, равный для крупнокусковой руды 0,5-0,7, для мелкой руды 0,6-0,9, для угля и антрацита 0,9-1,0.

По установленному значению V из табл. 2 выбрать скрепер ближайшей большей ёмкости ($V_{\text{ск}}$) и выписать его параметры.

Таблица 2

Параметры скреперов

Модель скрепера	$V_{\text{ск}}$, м ³	Основные размеры, мм			$m_{\text{ск}}$, кг		Угол внедрения, град
		$b_{\text{ск}}$	$L_{\text{ск}}$	$H_{\text{ск}}$	легкий	тяжелый	
ГРЕБКОВЫЕ							
СГ-0,1	0,10	710	950	400	85	160	45 и 60
СГ-0,16	0,16	860	1250	500	160	265	45 и 60
СГ-0,25	0,25	950	1400	560	265	400	45 и 60
СГ-0,4	0,40	1120	1700	670	400	560	45 и 60
СГ-0,6	0,60	1250	2000	800	560	800	45 и 60
СГ-1*	1,0	1500	2360	900	800	1180	45 и 60
СГ-1,6*	1,6	1700	2650	1060	1180	1600	45 и 60
СГ-2,5*	2,5	1900	3000	1250	1600	2120	45 и 60
СГ-4*	4,0	2260	3550	1500	2120	3000	45 и 60
СЛШ-15	0,15	900	1500	700	220	—	60
СЛШ-30	0,30	1200	2000	840	400	—	60
СЛШ-60	0,60	1500	2500	1000	600	—	60
ЯЩИЧНЫЕ							
СЯ-0,16	0,16	700	800	360	85	160	45
СЯ-0,25	0,25	850	950	400	160	265	45
СЯ-0,4	0,40	950	1120	450	265	400	45
СЯ-0,6	0,60	1120	1400	500	400	560	45
СЯ-1*	1,0	1250	1700	560	560	800	45
СЯ-1,6*	1,6	1500	2000	630	800	1180	45
СЯ-2,5*	2,5	1700	2560	710	1180	1600	45
СЯ-4*	4,0	1900	3000	800	1600	2120	45

Продолжение табл. 2

Модель скрепера	$V_{\text{ск}}, \text{м}^3$	Основные размеры, мм			$m_{\text{ск}}, \text{кг}$	$Z_{\text{к}}$	Угол внедрения, град
		$b_{\text{ск}}$	$L_{\text{ск}}$	$H_{\text{ск}}$			
МСГ-1*	0,85	1150	3725	500	850	3	45
2СШР-1000*	0,45	1000	2900	500	700	2	35
2СЖР-1200*	0,90	1200	3500	650	475	2	45
3СШР-1000*	0,70	1000	3200	500	900	3	35
3СШР-1000А*	0,90	1000	4000	600	990	3	30
3СШР-1200*	1,40	1200	5000	700	850	3	15 – 60
СГМ-900-2*	0,60	950	2700	560	750	2	35
СГМ-900-3*	0,90	950	4000	560	1180	3	35
СГМ-900-4*	1,20	950	5300	560	1600	4	35
СГМ-1100-2*	1,00	1120	3000	630	1180	2	35
СГМ-1100-3*	1,50	1120	4500	630	1600	3	35
СГМ-1100-4*	2,00	1120	5500	630	2000	4	35
СОВКОВЫЕ							
СС-750-0,25	0,25	850	1700	500	400	1	40
СС-900-0,40	0,40	950	2000	630	560	1	40
СС-1200-1,0	1,00	1250	2650	900	1180	1	40

Примечание: скреперы, отмеченные в табл. 2 знаком «*», имеют разборную конструкцию и меньшую жёсткость. Остальные скреперы неразборные. $Z_{\text{к}}$ – число ковшей скрепера.

Для угля или антрацита предпочтительно принимать лёгкие скреперы, а для породы и руд – тяжёлые. Выбранный скрепер должен удовлетворять условиям:

– вписывания скрепера в выработку

$$k_{\text{ш}} B_{\text{в}} \geq b_{\text{ск}};$$

– размещения кусков материала в скрепере

$$\text{для гребковых} - (2 - 2,5) D_{\text{max}} < b_{\text{ск}};$$

$$\text{для ящичных} - (3 - 3,5) D_{\text{max}} < b_{\text{ск}},$$

где $k_{\text{ш}}$ – коэффициент пропорциональности ширины выработки по почве в зоне транспортирования груза: $k_{\text{ш}} = 0,4-0,5$ – для скреперов верхнего захвата (гребковые, ящичные, многоковшовые); $k_{\text{ш}} = 0,7-0,8$ – для совковых скреперов; $b_{\text{ск}}$ – ширина скрепера, м.

2. Определение сопротивлений движению

2.1. Сопротивление перемещению транспортируемого материала

$$W_1 = 1000 V_{\text{ск}} \gamma \phi g (w \cos \beta \pm \sin \beta), \text{ Н},$$

где $w = 0,6-0,8$ – коэффициент сопротивления движению материала по почве.

2.2. Сопротивление перемещению скрепера в грузовом направлении

$$W_{2\text{Гр}} = m_{\text{ск}} g (f_1 \cos \beta \pm \sin \beta), \text{ Н},$$

в порожняковом направлении

$$W_{2\text{Пор}} = m_{\text{ск}} g (f_1 \cos \beta \pm \sin \beta), \text{ Н},$$

где $f_1 = 0,4-0,8$ – коэффициент сопротивления движению скрепера по почве; $m_{\text{ск}}$ – масса скрепера, кг.

2.3. Сопротивления движению канатов

Для скреперных установок следует принимать канаты крестовой свивки с предварительно деформированными (преформированными) прядями, с пределом прочности на разрыв не более 1600 МПа по ГОСТ: 3077-80, 3085-80, 3088-80, 7668-80, 7669-80.

Для определения сопротивлений движению канатов предварительно (по табл. 3) назначаются головной и хвостовой канаты (диаметром $d_k = 11-13$ мм) и выписываются их характеристики (d_1, q_1, P_{1P} и d_2, q_2, P_{2P} – диаметр, погонная масса и разрывное усилие соответственно головного и хвостового канатов).

$$W_3 = f_k(q_1 + q_2)g \cos \beta, \text{ Н},$$

где f_k – коэффициент сопротивления движению канатов.

Таблица 3

Параметры стальных канатов

$d_{\text{к}}$, мм	q , кг/м	$P_{\text{р}}$, кН		$d_{\text{к}}$, мм	q , кг/м	$P_{\text{р}}$, кН	
		1400	1600			1400	1600
по ГОСТ 7668–80							
9,7	0,38	–	50,5	16,5	1,04	–	138,0
11,5	0,51	–	68,2	18,0	1,25	–	165,0
13,5	0,70	–	92,6	20,0	1,52	–	202,0
15,0	0,87	–	114,5	22,0	1,83	212	245,5
по ГОСТ 3077–80							
12,0	0,53	–	73,5	17,5	1,16	139,5	159,5
13,0	0,60	–	82,8	19,5	1,37	166,0	189,5
14,0	0,72	–	99,7	20,5	1,55	188,0	215,0
15,0	0,85	–	118,0	22,0	1,75	211,5	241,5
16,5	1,00	120,5	138,0		23,0	1,95	236,0
по ГОСТ 3085–80							
17,0	1,40	–	–	20,0	2,06	206,0	235,0
18,0	1,57	156,5	179,0	21,5	2,33	233,0	266,0
19,0	1,68	180,5	206,0	23,0	2,62	261,5	299,0
по ГОСТ 3085–80							
				16,0	1,08	–	146,5
9,1	0,35	–	47,5	18,5	1,39	–	188,5
11,0	0,54	–	72,2	20,0	1,59	–	215,0
13,5	0,77	–	104,0	21,0	1,67	198,0	226,5
14,5	0,92	–	124,0	23,0	2,19	260,0	297,0
по ГОСТ 3085–80							
10,5	0,48	–	66,2	17,5	1,33	–	185,5
13,0	0,73	–	100,0	19,5	1,61	–	225,0
14,5	0,91	–	127,0	21,0	1,92	235,0	269,0
16,0	1,11	–	155,5	23,0	2,25	275,5	315,0

В табл. 3 P_P представлено для временного сопротивления проволок каната на разрыв с 1400 и 1600 МПа.

2.4. Полное сопротивление перемещению гружёного скрепера

$$W_{\text{гр}} = W_1 + W_{\text{гр}} + W_3 + W_4, \text{ Н},$$

где W_4 – усилие притормаживания холостого (выключенного в данный момент) барабана лебёдки ($W_4 = 2000-3000 \text{ Н}$).

2.5. Полное сопротивление перемещению порожнего скрепера

$$W_{\text{пор}} = W_{2\text{пор}} + W_3 + W_4, \text{ Н}.$$

3. Определение натяжений канатов, выбор канатов и блоков

3.1. Натяжение головного каната при перемещении гружёного скрепера

$$F_{\text{гр}} = k k_{\text{б}} W_{\text{пор}}, \text{ Н},$$

где k – коэффициент увеличения тягового усилия из-за дополнительных сопротивлений от наличия неровностей почвы и трения скрепера о боковые откосы скреперной траншеи или борт выработки ($k = 1,35-1,45$); $k_{\text{б}}$ – коэффициент, учитывающий увеличение натяжения канатов на блоках (следует принимать $k_{\text{б}} = 1,05-1,08$).

3.2. Натяжение хвостового каната при перемещении порожнего скрепера

$$F_{\text{пор}} = k k_{\text{б}} W_{\text{пор}}, \text{ Н}.$$

3.3. Действительные коэффициенты запаса прочности канатов:

головного	$m_{\text{гр}} = \frac{P_{1\text{р}}}{F_{\text{гр}}};$
и хвостового	$m_{\text{хв}} = \frac{P_{2\text{р}}}{F_{\text{пор}}}.$

Допустимая величина коэффициента запаса прочности каждого каната должна лежать в пределах $4,5 \leq [m] \leq 6$.

Сравниваем $m_{\text{гол}} \Rightarrow [m]$ и $m_{\text{хв}} \Rightarrow [m]$.

Если полученный коэффициент запаса прочности какого-нибудь каната (головного или хвостового, а может быть и обоих канатов) не лежит в допустимых пределах $[m]$, это означает, что данный канат выбран не правильно. Необходимое разрывное усилие каната

$$P_{кр} = F_{гр(пор)}[m].$$

По полученной величине из табл. 3 выбираем новый канат (канаты), выписываем окончательные характеристики и делаем перерасчёт, начиная с определения новой величины сопротивления движению канатов W_3 и заканчивая определением $m_{гол(хв)}$.

3.4. Выбор блоков

Выбор блоков производят с учетом нагрузки и диаметра каната.

Усилие на крюке скреперного блока, установленного в забое:

$$F_{кр} = 2F_{max}H.$$

Из табл. 4 по $F_{кр}$ и d_k подбирается блок и выписываются его параметры. Для обеспечения безопасной и надёжной работы блока должны выполняться следующие условия:

$$P_{\phi} = F_{кр},$$

$$D_{\phi} \geq (16-18)d_k,$$

$$d_{k_{max}} \geq d_k,$$

где P_{ϕ} – тяговое усилие на крюке блока, Н; D_{ϕ} – диаметр ролика блока, мм; $d_{k_{max}}$ и $d_{k_{min}}$ – максимальный и минимальный диаметры каната для выбранного блока, мм.

Для поддержания хвостового каната и обеспечения требуемого направления движения скрепера (особенно в ломаных выработках) необходимо не реже чем через 20 м устанавливать поддерживающие блоки. Нагрузку на крюк поддерживающего блока следует определять по формуле

$$P_{пб} = 20qg + F_{пор} \left[0,2 + \cos\left(\frac{\varphi}{2}\right) \right], \text{ Н},$$

где $P_{пб}$ – сила на крюке поддерживающего или направляющего блока скреперной установки; φ – угол сопряжения выработок, в которых расположена скреперная установка (для прямолинейных выработок $\varphi = 180^\circ$).

Выбранный по табл. 4 блок для поддержания хвостового каната должен удовлетворять условиям:

$$P_{пб} \geq F_{кр}, \quad d_{к_{\max}} \geq d_{к}.$$

Таблица 4

Параметры скреперных блоков

Параметры скреперных блоков	Одинарные параметры скреперных блоков					Спаренные параметры скреперных блоков	
	БС-16	БС-20	БС-25	БС-32	БС-40	БСС-16	БСС-20
$D_{б}$, мм	160	200	250	320	400	160	200
$d_{к_{\min}}$, мм	6,5	8,0	10,0	12,5	16,0	6,5	8,0
$d_{к_{\max}}$, мм	7,9	10,5	12,5	16,0	20,5	7,9	10,5
$P_{б}$, кН	20	32	50	80	160	20	32
Масса, кг	10	18	28	45	80	19	32

4. Определение мощности двигателя и выбор лебёдки

4.1. Мощность при движении гружёного скрепера

$$N_{гр} = \frac{W_{гр} \cdot v_{гр}}{1000\eta_{л}}, \text{ кВт},$$

где $\eta_{л}$ – коэффициент полезного действия скреперной лебёдки ($\eta_{л} = 0,8-0,85$).

4.2. Мощность при движении порожнего скрепера

$$N_{пор} = \frac{W_{пор} \cdot v_{пор}}{1000\eta_{л}}, \text{ кВт}.$$

4.3. Мощность при зачерпывании горной массы скрепером

$$N_3 = N_{гр} \cdot C_3, \text{ кВт},$$

где C_3 – коэффициент повышения нагрузки при черпании груза ($C_3 = 1,3-1,8$ для скреперов верхнего захвата; $C_3 = 1,8-3,0$ для скреперов нижнего захвата груза).

4.4. Мощность при разгрузке скрепера

$$N_p = N_{гр} \cdot C_p, \text{ кВт},$$

где C_p – коэффициент повышения нагрузки при разгрузке груза ($C_p = 0,8-1$ при разгрузке в рудоспуск или углеспуск; $C_p = 1,5-2$ при разгрузке на полке).

4.5. Эквивалентная мощность за цикл

$$N_э = \sqrt{\frac{N_{гр}^2 t + N_{пор}^2 t_{пор} + N_3^2 t_3 + N_p^2 t_p}{t_{гр} + t_{пор} + t_3 + t_p}}.$$

По значению $N_э$ с учётом потери мощности при падении напряжения в сети определяется требуемая мощность двигателя скреперной лебёдки:

$$N_{дв} = 1,25 N_э, \text{ кВт},$$

где 1,25 – коэффициент, учитывающий возможное падение мощности двигателя и его силы тяги из-за падения напряжения в сети питания.

4.6. Выбор скреперной лебёдки

По величине $N_{дв}$ из табл. 5 подбирается ближайшая лебёдка с большей мощностью двигателя и выписывается её характеристика. Лебёдка должна удовлетворять следующим условиям:

$$N_{л} \geq N_{дв},$$

$$\lambda \geq \frac{N_3}{N_{дв}},$$

$$d^{\max} \geq d_k.$$

Таблица 5

Параметры скреперных подземных лебедок

Модель лебедки	$N_{л},$ кВт	$P_{л},$ кН	$v_{гр},$ м/с	$v_{пор},$ м/с	$n_{б},$ шт.	$d_{к_{max}},$ мм	$L_{к},$ м	$L_{л} / B_{л} / H_{л},$ мм	$m_{л},$ кг
10ЛС2СМ	10	9,8	1,10	1,50	2	12	45	1500/602/585	355
10ЛС2СМА	11	9,8	1,25	1,70		12	45	1500/600/580	350
17ЛС2СМ	17	15,7	1,11	1,54		14	60	1700/700/710	641
17ЛС2СМА	18,5	15,7	1,26	1,74		14	60	1700/758/710	670
30ЛС2СМ	30	27,5	1,17	1,60		15	90	2020/1016/835	1146
30ЛС2СМА			1,30	1,77		15	90	2000/860/835	1100
30ЛС2ПМ			1,17	1,60		15	90	1227/1560/940	1325
30ЛС2ПМА			1,30	1,77		15	90	1220/1540/830	1250
30ЛС3СМ			1,17	1,60	3	19,5	90	2500/1016/835	1550
30ЛС3СМА			1,30	1,77		19,5	90	2480/860/830	1550
55ЛС2СМ	55	44	1,33	1,80	2	19,5	100	2480/1244/1030	1997
55ЛС2СМА			1,46	2,00		19,5	100	2480/1200/1030	1990
55ЛС2ПМ			1,33	1,80		19,5	100	1380/1960/1180	2393
55ЛС2ПМА			1,46	2,00		19,5	100	1380/1960/1030	2300
55ЛС3СМ			1,33	1,80	3	23	100	3025/1244/1030	2720
55ЛС3СМА			1,46	2,00		23	100	3025/1200/1030	2700
100ЛС2СМ	100	78,4	1,37	1,90	2	23	125	2760/1400/1265	3510
100ЛС2СМА			1,50	2,10		23	150	2753/1396/1212	3380
100ЛС2ПМ			1,37	1,90		23	125	1630/2240/1480	3985
100ЛС2ПМА			1,50	2,1		23	150	1660/2295/1251	3480
100ЛС3СМ			1,37	1,90	3	23	125	3330/1550/1265	4825
100ЛС3СМА	110		1,50	2,10		23	150	3385/1544/1212	4650
100ЛС2СК	90	61,7	1,70	2,40	2	23	308	3400/1830/1470	6229
100ЛС2СКА	110	63,7	1,90	2,70		23	310	3125/1475/1435	5000

$$L_{\text{л}} \geq L + 5, \quad B_{\text{л}} \geq B + 1, \quad H_{\text{л}} \geq H_{\text{л}} + H_{\text{п}} + 1,5,$$

где $L_{\text{л}}$, $B_{\text{л}}$ и $H_{\text{л}}$ – длина, ширина и высота лебёдки (длина лебёдки исчисляется вдоль оси барабанов), м; $H_{\text{п}}$ – высота полка для загрузки горной массой последующего транспортного средства (вагонетка, режа конвейер), м; λ – кратность максимального момента двигателя ($\lambda = 1,8-2,2$ для асинхронных и $\lambda = 1$ для пневматических двигателей).

4.7. Проверка правильности выбора лебёдки

$$Q \geq \frac{3600V_{\text{ск}}\varphi\gamma\rho}{\frac{L}{v_{\text{гр}}} + \frac{L}{v_{\text{пор}}} + \frac{tL}{v_{\text{з}}} + \frac{tL}{v_{\text{р}}}}.$$

При проверке последнего условия необходимо в левую часть неравенства подставлять паспортные значения скоростей $v_{\text{гр}}$ и $v_{\text{пор}}$ выбранной лебёдки. Если условие не выполняется, то следует или подобрать лебёдку с большими рабочими скоростями, или использовать скрепер большей ёмкости.

Список рекомендуемой литературы

1. Тихонов Н. В. Транспортные машины и комплексы горно-рудных предприятий. – М.: Недра, 1974. – 288 с.
2. Справочник. Подземный транспорт шахт и рудников / под общ. ред. Г. Я. Пейсаховича, И. П. Ремизова. – М.: Недра, 1985. – 565 с.
3. Транспорт на горных предприятиях / под общ. ред. Б. А. Кузнецова. – М.: Недра, 1976. – 552 с.
4. Донченко А. С. Справочник механика рудной шахты: в 2 кн. Кн. 1: 2-е изд., перераб. и доп. / А. С. Донченко, В. А. Донченко, А. А. Соснин. – М.: Недра, 1991. — 367 с.

Составители
Николай Ростиславович Масленников
Александр Прохорович Абрамов

**Транспортные машины
Расчёт скреперной установки**

Методические указания для выполнения
практической работы и раздела курсового проекта
для студентов специальности 150402
«Горные машины и оборудование» всех форм обучения

Печатается в авторской редакции

Рецензент В. М. Юрченко

Подписано в печать 16.01.2008. Формат 60×84/16.
Бумага офсетная. Отпечатано на ризографе.
Уч.-изд. л. 0,7. Тираж 100 экз. Заказ
ГУ КузГТУ.
650026, Кемерово, ул. Весенняя, 28.
Типография ГУ КузГТУ.
650099, Кемерово, ул. Д. Бедного, 4а.