

СИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ

*КАФЕДРА: «Геотехника, тоннели и  
метрополитены»*

**КУРС ЛЕКЦИЙ**

*ДИСЦИПЛИНА: «Щиты и щитовые  
комплексы»*

## ЛЕКЦИЯ 6: Определение сопротивлений, преодолеваемых щитом, и количества щитовых домкратов

Расчет сопротивлений производится с целью установления необходимой мощности щитовых и забойных гидродомкратов. Полное сопротивление, преодолеваемое щитовыми домкратами, определяется как сумма сопротивлений:

$$(6.1) \quad W = W_1 + W_2 + W_3 + W_4,$$

где  $W_1$  – лобовое сопротивление движению щита, кН;  
 $W_2$  – сопротивление трения наружной поверхности щита по грунту, кН;  $W_3$  – сопротивление трения обделки по оболочке щита или сила заземления оболочки монолитно-прессованным бетоном, кН;  $W_4$  –

Сопротивления определяют в зависимости от технологии проходки:

а) при сплошном или частичном креплении забоя:

$$W_1 = P_{зд} n_{зд} > p_a F_{заб} \quad (6.2)$$

где  $P_{зд} = 50 \div 70$  кН – усилие, развиваемое забойным гидродомкратом,;  $n_{зд}$  – число забойных гидродомкратов, используемых для крепления забоя;

$p_a$  – горизонтальное активное давление грунта (см. формулу для  $W_2$ );  $F_{заб}$  – площадь забоя, закрепляемая с помощью забойных гидродомкратов,  $m^2$ ;

б) при частичном врезании ножевого кольца в устойчивые мягкие глины:

$$W \equiv p t l \quad (6.3)$$

в) при внедрении ножевого кольца в сыпучие  
грунты:

$$W_1 = N_{oc} F (c + q \operatorname{tg} \phi) + q F_1 \quad (6.4)$$

где  $N_{oc}$  – безразмерное число, принимаемое по таблице 6.1 в зависимости от угла внутреннего трения  $\phi$  и показателя сжатия  $s = (D_{uc}^2 - d_{вн}^2) / D_{uc}^2$

сечения ножевого кольца

$$F_1 = \pi d_{вн}^2 / 4$$

внутренний диаметр ножевого кольца, м;

$F$  – площадь поперечного сечения щита, м<sup>2</sup>;

$F_1$  – площадь поперечного сечения ножевого

кольца по  $d_{вн}$ , м<sup>2</sup>;  $c$  – удельное сцепление грунта, кН/м<sup>2</sup> (при отсутствии данных испытаний

определяется по эмпирической формуле по

коэффициенту крепости грунта:  $c = 120f^3 - 15$  при

условии  $0,5 < f < 1,0$ , при  $f < 0,5$   $c = 0$ );  $q$  – пригруз на

лоб забоя со стороны щита, кН/м<sup>2</sup>

При шандорном креплении с забойными домкратами

$$q = \frac{n_{зд} P_{зд}}{F_1}$$

(6.5)

$$q = 0,5 \gamma h_{пл} \operatorname{ctg} \varphi f_{тр1}$$

при применении горизонтальных площадок

(6.6)

где  $\gamma$  - удельный вес грунта,  $\text{кН/м}^3$ ;  $h_{пл} = 0,8 \div 1,2$  м – расстояние между площадками;  $f_{тр1}$  – коэффициент трения грунта по стали ( $f_{тр} = 0,4 \div 0,5$ ).

Таблица 6.1 – Зависимость  $N_{oc}$  от  $\phi$  и  $S$

$\phi$	$S = 0,1$	$S = 0,2$	$S = 0,3$
$20^{\circ}$	2,5	5,5	7
$30^{\circ}$	2,6	6,7	12,3
$40^{\circ}$	7,8	14	40

*Примечание.* При промежуточных значениях  $\phi$  и  $S$  величину  $N_{oc}$  определяют интерполированием. Значения  $N_{oc}$  даны для угла заострения ножевой части  $25 - 33^{\circ}$  и коэффициенте трения грунта по стали 0,48.



д) при проходке в водонасыщенных песчаных грунтах щитом с приёмной камерой, заполненной глинистой суспензией, или герметизированным щитом  $W_{\gamma}$  определяют по вышеприведенным формулам с учетом взвешенного удельного веса грунта и суммируют с силой

$$P_{np} = 1000 F P_{пк}$$

(6.7)

где  $P_{пк}$  – избыточное давление в приемной камере, МПа.

$$P_{пк} = 0,001 \Delta_v H$$

(6.8)

Соппротивление в общем случае зависит от трения и сцепления грунта по наружной поверхности щита и обжатия грунта при отклонении оси щита от оси тоннеля:

$$W_2 = f_{mp1} [2(q_1 + p_1)L_{щ} D_{щ} + G_1] + 1000c_1 \pi L_{щ} D_{щ} + 0,25n_\sigma f_{mp1} k_D \Delta L_{щ} D_{щ} \quad (6.9)$$

где  $f_{тр1} = 0,4 \div 0,5$  – коэффициент трения грунта по стали;  $q_1, p_1$  – соответственно вертикальное и горизонтальное горное давление,  $\text{кН/м}^2$ ;  $G_1$  – вес щита,  $\text{кН}$ ;  $c_1$  – удельное сцепление между грунтом и наружной поверхностью щита (для сыпучих и скальных грунтов  $c_1 = 0$ , для глинистых  $c_1 = 0,005 \div 0,01$   $\text{МПа}$ );  $n_\sigma = 0,2$  – коэффициент, учитывающий ослабление напряженного состояния грунтового массива при проходке;



Сопротивление трения между обделкой и оболочкой щита, кН:

$$W_3 = P_{обд} f_{тр2}, \quad (6.10)$$

где  $P_{обд}$  – вес обделки, лежащей на оболочке щита, кН;  $f_{тр2}$  – коэффициент трения материала обделки по оболочке (принимать для чугунной и стальной обделки 0,2; для бетонной или железобетонной обделки – 0,5).

При возведении обжатой сборной обделки, разжимаемой внутри оболочки, или монолитно-прессы бетонной обделки

$$W_3 = 1000 f_{тр2} F_{об} p, \quad (6.11)$$

где  $f_{тр2} = 0,5$  – коэффициент трения стали по бетону;

$F_{об}$  – площадь оболочки, находящейся в контакте с обделкой,  $m^2$ ;  $p$  – радиальное

Сопротивление перемещению технологического комплекса по обделке:

$$W_4 = f_{тр2} k_m P_{ком} \quad (6.12)$$

где  $k_m = 2$  – коэффициент местных сопротивлений;  $P_{ком}$  – вес той части комплекса, которая передвигается вместе со щитом, кН.

Полное расчетное усилие щитовых гидродомкратов с коэффициентом запаса  $k = 1,5...2$  составляет

$$\Sigma P_{\delta} = k W, \quad (6.13)$$

Необходимое количество щитовых домкратов:

$$n_{\delta} = kW / P_{\delta}, \quad (6.14)$$

где  $P_{\delta}$  – усилие одного гидродомкрата.

Число домкратов обычно корректируют таким образом, чтобы на каждый элемент обделки (не считая замковых) их приходилось не менее