

<b>OBLICZANIE I PROJEKTOWANIE KONSTRUKCJI I ELEMENTÓW BUDOWLANYCH</b>	<b>NORMA BRANŻOWA</b>	<b>BN-67</b> <hr/> <b>8811-01</b>
	<b>Budownictwo hydrotechniczne</b>  <b>Obciążenia budowli</b> <b>w obliczeniach statycznych</b>	
	Grupa katalogowa VII 02	

### 1. WSTĘP

**1.1. Przedmiot normy.** Przedmiotem normy są obciążenia normowe, jakie należy przyjmować w obliczeniach statycznych obiektów inżynierskich budownictwa specjalnego w gospodarce wodnej.

**1.2. Zakres stosowania normy.** Normę należy stosować w obliczeniach statycznych obiektów wymienionych w 1.1 z wyjątkiem budowli lub ich elementów, dla których obciążenia są określone w innych normach przedmiotowych lub przepisach projektowania.

Norma nie dotyczy w szczególności:

a) obciążenia nadziemnych elementów budowli hydrotechnicznych, jak budynków elektrowni wodnych, pompowni, pomieszczeń na mechanizmy i sterowni, ustalanego wg PN-74/B-02009, PN-70/B-02010 i PN-77/B-02011,

b) obciążenia zamknięć budowli wodnych ustalanego wg PN-71/B-03203, a także obciążenia galerii i spustów.

Norma nie dotyczy też obciążeń dynamicznych wywołanych działaniem maszyn i środków transportowych.

### 1.3. Określenia

**1.3.1. Obciążenia budowli wodnych i ich elementów** - siły zewnętrzne działające na budowle wodne lub ich elementy, powodujące powstawanie w nich naprężeń i odkształceń. Do obciążeń tych należą:

a) obciążenia stałe,  
b) obciążenia zmienne długotrwałe, krótkotrwałe i wyjątkowe.

**1.3.2. Obciążenia stałe** - obciążenia, których wartości, kierunki i punkty przyłożenia nie ulegają zmianom. Do obciążeń tych należą siły spowodowane:

a) masą konstrukcji budowlanych oraz urządzeń i elementów stałych,  
b) masą gruntu w budowlach ziemnych lub na elementach konstrukcji budowlanych.

**1.3.3. Obciążenia zmienne długotrwałe** - obciążenia, dla których przeniesienia budowla jest projektowana lub które wynikają ze sposobu jej użyt-

kowania. Do obciążeń tych należą:

a) parcie hydrostatyczne i hydrodynamiczne przy normalnym poziomie piętrzenia lub przy przepływie wód miarodajnych,

b) parcie wód filtracyjnych przy prawidłowo działających drenażach i uszczelnieniach, normalnym poziomie piętrzenia górnej wody i najniższym obliczeniowym poziomie wody dolnej,

c) parcie gruntu i mułów,

d) obciążenie przez dźwigi i środki transportowe,

e) obciążenie przez tłum - tylko dla kładek, przejść i przykryć otworów,

f) obciążenie składowanymi materiałami,

g) obciążenie wywołane przez falę przy normalnym poziomie piętrzenia lub przy przepływie wód wielkich corocznych - tylko dla falochronów i ubezpieczeń skarp,

h) statyczne i dynamiczne obciążenie lodem - tylko dla filarów, konstrukcji palowych (pomosty, dalby i pale pojedyncze) i innych konstrukcji podobnego typu,

i) obciążenie spowodowane przez obiekty pływające przy normalnym poziomie piętrzenia lub najwyższym poziomie żeglugowym - tylko dla ślus i awanportów,

j) obciążenia wywołane przez zmiany temperatury i skurcz.

**1.3.4. Obciążenia zmienne krótkotrwałe** - obciążenia działające krótko i w rzadko powtarzających się okresach czasu. Do obciążeń tych należą:

a) obciążenia wywołane przez falę, lód i obiekty pływające oraz obciążenia przez tłum budowli i ich elementów nie wymienionych w 1.3.3 e) i g) ÷ i),  
b) parcie wody w rurociągach i sztolniach przy uderzeniu hydraulicznym,  
c) obciążenie wiatrem,  
d) obciążenie występujące w czasie transportu i montażu konstrukcji budowlanych.

**1.3.5. Obciążenia wyjątkowe** - obciążenia występujące rzadko, w wyjątkowych stanach pracy budowli. Do obciążeń tych należą:

a) parcie hydrostatyczne i hydrodynamiczne przy przepływach nadzwyczajnych (kontrolnych); obciąż-

Instytut Gospodarki Wodnej

Ustanowiona przez Prezesa Centralnego Urzędu Gospodarki Wodnej dnia 17 sierpnia 1967 r.  
jako norma obowiązująca w zakresie projektowania od dnia 1 lipca 1968 r.

(Mon. Pol. nr 61/1967 poz. 294)

żenia te należy przyjmować zamiast wymienionego w 1.3.3. a);

b) obciążenia wywołane przez falę przy przepływie kontrolnym; obciążenie to należy przyjmować zamiast wymienionego w 1.3.3 g);

c) parcie wód filtracyjnych przy nieprawidłowo działających drenażach lub uszczelnieniach i przy normalnym poziomie piętrzenia górnej wody oraz najniższym obliczeniowym poziomie wody dolnej; obciążenie to należy przyjmować zamiast wymienionego w 1.3.3 b).

1.4. Zasady zestawiania układu obciążeń. Obciążenia wymienione w 1.3.3 ÷ 1.3.5 należy zestawiać w układy obciążeń: podstawowe, dodatkowe i wyjątkowe dla okresów budowy, remontu i eksploatacji budowli. Zasady szczegółowe ustalania układów obciążeń dla różnych rodzajów budowli są określone przepisami projektowania tych budowli.

Ogólne zasady zestawiania układu obciążeń są następujące:

a) w każdym układzie należy uwzględnić tylko te obciążenia, które mogą działać równocześnie na budowlę lub jej elementy; nie należy uwzględniać przy tym obciążeń, które mogą wystąpić, a które poprawiają warunki stateczności i zmniejszają naprężenia; dopuszcza się nieuwzględnianie w obliczeniach obciążeń, których sumaryczny udział w całkowitym, wypadkowym obciążeniu nie przekracza 5%;

b) w układach podstawowych należy uwzględniać obciążenia stałe i zmienne długotrwałe oraz jedno z możliwych zmiennych krótkotrwałych, mające w rozpatrywanym okresie najbardziej niekorzystny wpływ na stateczność budowli lub stan naprężeń w elemencie lub w całej konstrukcji;

c) w układach dodatkowych należy uwzględniać obciążenia stałe, zmienne długotrwałe oraz równocześnie działające obciążenia zmienne krótkotrwałe;

d) w układach wyjątkowych należy uwzględniać obciążenia stałe, zmienne długotrwałe i krótkotrwałe oraz jedno z obciążeń wyjątkowych.

Wymiary i ukształtowanie konstrukcji budowli wodnych są określane najczęściej dla układów podstawowych i wyjątkowych.

#### 1.5. Normy i dokumenty związane

- PN-74/B-02009 Obciążenia w obliczeniach statycznych. Obciążenia stałe i zmienne  
 PN-70/B-02010 Obciążenia w obliczeniach statycznych. Obciążenie śniegiem  
 PN-77/B-02011 Obciążenia w obliczeniach statycznych. Obciążenie wiatrem  
 PN-66/B-02015 Mosty, wiadukty i przepusty. Obciążenia i oddziaływania  
 PN-71/B-03203 Konstrukcje stalowe w budownictwie wodnym śródlądowym. Obliczenia statyczne i projektowanie

Zapory ziemne. Wytyczne projektowania. CUGW. Warszawa 1962.

## 2. GĘSTOŚĆ POZORNA (CIĘŻAR OBJĘTOŚCIOWY) MATERIAŁÓW

Gęstość pozorną (ciężar objętościowy) materiałów należy przyjmować wg PN-74/B-02009 z wyłączeniem gęstości pozornej betonu w zaporach betonowych o wysokości ponad 15 m, dla których gęstość pozorną należy określać laboratoryjnie na podstawie przyjętego składu masy betonowej, sposobu zagęszczania i przy uwzględnianiu warunków eksploatacyjnych budowli - z dokładnością do 5 kg/m<sup>3</sup>.

Gęstość pozorną wody, gruntów i mułów należy przyjmować wg 3.1, 4.1 i 4.3.

## 3. PARCIE WODY

3.1. Hydrostatyczne i hydrodynamiczne parcie wody należy określać według zasad hydrauliki, przyjmując, że gęstość pozorną wody  $\gamma_w = 1000 \text{ kg/m}^3$  lub  $1 \text{ t/m}^3$ .

3.2. Parcie hydrodynamiczne na szykany i progi wypadowe P należy obliczać w tonach w sposób przybliżony wg wzoru

$$P = 2 \cdot \gamma_w \cdot F \frac{V^2}{2g} \quad (1)$$

w którym:

- $\gamma_w = 1 \text{ t/m}^3$  - gęstość pozorną wody,  
 $F$  - pole rzutu szykany lub progu na płaszczyznę prostopadłą do ruchu wody, m<sup>2</sup>,  
 $V$  - prędkość przepływu, m/s,  
 $g$  - przyspieszenie ziemskie, m/s<sup>2</sup>,

## 3.3. Ciśnienie wody na spód fundamentu

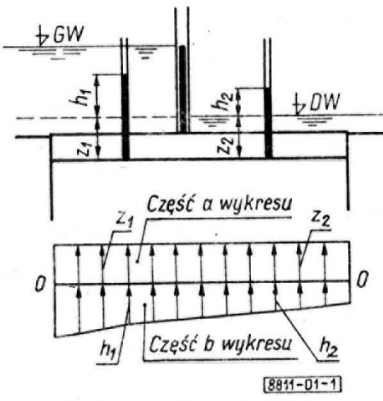
3.3.1. Składowa pionowa ciśnienia wody gruntowej na spód fundamentu budowli może być przedstawiona w formie wykresu składającego się z dwóch części wg rys. 1 i 2 na str. 3:

a) części górnej ponad linię O-O, której rzędne równe są głębokości położenia z poszczególnych punktów obrysu podziemnego pod zwierciadłem wody dolnej (część a na rys. 1 i 2),

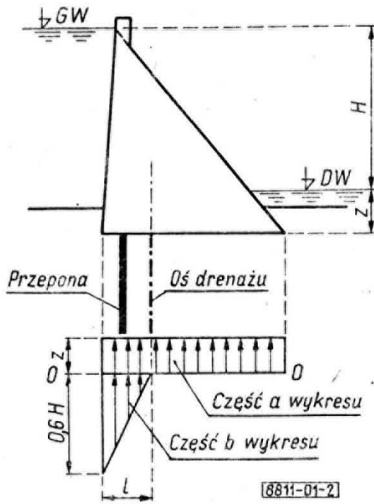
b) części dolnej, poniżej linii O-O, której rzędne  $h$  są określone przez różnicę poziomów wody górnej i dolnej, przez kształt i wymiary ograniczeń obszaru przepływu wód podziemnych oraz charakterystyki tego obszaru (część b na rys. 1 i 2).

3.3.2. Rzędne dolnej części wykresu ciśnień na spód fundamentu budowli posadowionych na gruntach sypkich lub spójnych należy określać na podstawie siatki hydrodynamicznej. Siatkę dla gruntów jednorodnych można wykreślać odrębnie. Siatkę dla układów podłoża, w którym występują przewarstwienia i soczewki lub skomplikowane układy obrysu podziemnego, należy wykreślać przy pomocy urządzeń opartych na zasadzie analogii elektrohydrodynamicznej.

Dla budowli wodnych posadowionych na gruntach jednorodnych przy spadzie do 3 m do określenia



Rys. 1



Rys. 2

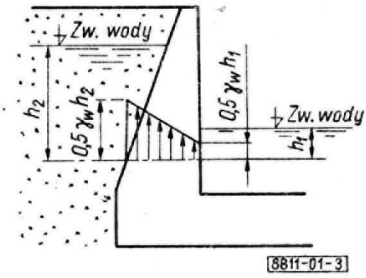
ciśnienie należy stosować metodę Bligha - przy założeniu liniowej zmienności ciśnienia wzdłuż obrysu podziemnego.

3.3.3. Rzędne dolnej części wykresu ciśnień na spód fundamentu zapór betonowych posadowionych na podłożu skalnym, posiadających przepony uszczelniające i galerie drenażowe, należy określać w zależności od wysokości zapory według następujących zasad:

dla zapór o wysokości ponad 15 m - na podstawie osobnych studiów, badań i analiz;

dla zapór o wysokościach do 15 m (część b na rys. 2) wysokość ciśnienia na odwodnej krawędzi fundamentu przyjmuje się jako równą wartości  $0,6H$ , gdzie  $H$  jest różnicą poziomów wody górnej i dolnej. Na odcinku o długości  $l$ , zawartej pomiędzy odwodną krawędzią fundamentu a osią pionową urządzeń drenażowych, wysokości ciśnienia filtracyjnego zmieniają się liniowo od wielkości  $0,6H$  do  $0$ .

3.4. Parcie wody w betonie w konstrukcjach budowlanych pracujących pod ciśnieniem wody, z wyjątkiem zapór betonowych, należy określać na podstawie założenia liniowej zmienności ciśnień w przekroju betonowym przyjmując, że wysokość ciśnienia w dowolnym punkcie na krawędziach ścian lub dna jest równa połowie głębokości położenia tych punktów pod zwierciadłem wody, jak podano na rys. 3.



Rys. 3

Parcie wody w przekrojach zapór betonowych należy ustalać na podstawie analizy zastosowanych uszczelnień i drenażu.

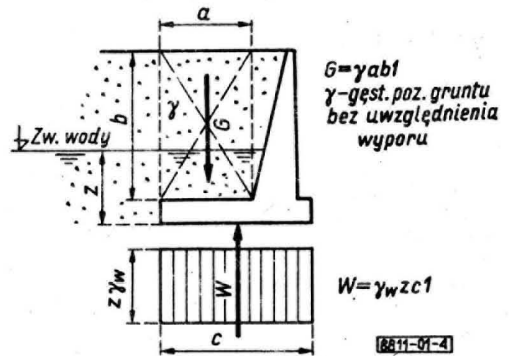
#### 4. OBCIĄŻENIA WYWOŁANE DZIAŁANIEM GRUNTU

4.1. Gęstość pozorną gruntu  $\gamma$ , kąt tarcia wewnętrznego  $\varphi$  i spójność  $c$ . Obliczeniowe wartości  $\gamma$ ,  $\varphi$  i  $c$  należy określać na podstawie badań gruntu, przeprowadzonych na próbkach pobranych w miejscu przewidzianej budowy lub w złożu gruntów przeznaczonych na nasypy i zasypianie konstrukcji, z uwzględnieniem ustalonego w projekcie stopnia zagęszczenia.

W obliczeniach parcia i odporu gęstość pozorną gruntu pod zwierciadłem wody należy przyjmować z uwzględnieniem wyporu.

Dla konstrukcji o wysokości do 6,0 m w obliczeniach parcia gruntu lub do 4,0 m w obliczeniach odporu dopuszcza się ustalenie tylko rodzaju gruntu, jego wilgotności oraz stanu i przyjęcie w oparciu o nie wartości  $\gamma$  i  $\varphi$  wg PN-74/B-02009.

4.2. Obciążenie gruntem elementów poziomych budowli (odsadzki, płyty itp.) należy obliczać jako iloczyn kubatury gruntu zalegającego nad obciążonym elementem i gęstości pozornej gruntu.



Rys. 4

Gęstość pozorną gruntu należy przyjmować zgodnie z rys. 4 bez uwzględnienia wyporu, który zgodnie z 3.3 należy obliczać jako część całkowitego ciśnienia wody działającego na spód fundamentu obciążonej gruntem budowli.

#### 4.3. Parcie gruntu

4.3.1. Parcie czynne gruntu spoiściego i sypkiego należy określać:

a) gdy działa ono na masywne ściany oporowe - na podstawie warunków równowagi granicznej klina odłamu ograniczonego płaską powierzchnią poślizgu; przyjęcie jako obciążenia parcia czynnego jest dopuszczalne, gdy konstrukcja może się przesunąć w sposób umożliwiający ruch klina odłamu; można przyjąć, że warunek ten jest spełniony, gdy ściana nie jest elementem konstrukcji dokowej i nie jest posadowiona na skale; gdy warunek ten nie jest spełniony, za obciążenie należy przyjąć parcie spoczynkowe gruntu;

b) gdy działa ono na ściany wiotkie (konstrukcje oporowe z pali i ścian szczelnych) - wg zasad przyjętych dla wybranej metody obliczeń statycznych tych budowli;

c) gdy parcie jest wywołane działaniem świeżo narefulowanych gruntów piaszczystych - wg zasad podanych w poz. a) i b),

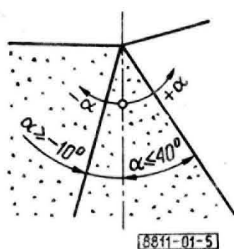
d) gdy parcie jest wywołane działaniem mułów odłożonych powyżej zapór - wg zasad podanych w poz. a) i b) przyjmując, że całkowite ciśnienie wody na górnej powierzchni mułów stanowi obciążenie naziomu; w obliczeniach można przyjąć:

$$\gamma = 1,3 \text{ t/m}^3 \quad \varphi = 0$$

gęstość pozorna mułów  $\gamma$  jest tu podana wraz z masą zawartą w porach wody, w obliczeniach nie należy więc uwzględniać dodatkowego parcia wody na wysokości zalegania odkładów.

Wzory, które można stosować do obliczania parcia czynnego gruntu sypkiego, zestawiono w załączniku rozdz. 1, gdzie podano również sposób uwzględnienia obciążenia naziomu, uwarstwienia podłoża i występowania wód gruntowych.

**4.3.2. Kąt tarcia  $\delta$  gruntu po ścianie,** której nachylenie do pionu zawarte jest w przedziale  $10^\circ \leq \alpha \leq 40^\circ$ , w obliczeniach parcia czynnego należy przyjmować zgodnie z rys. 5, gdzie:



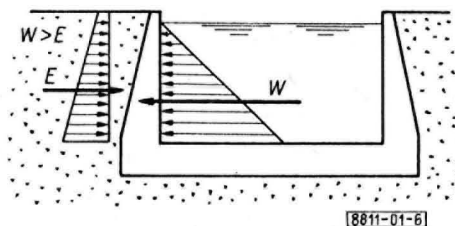
Rys. 5

$\delta = 0,5\varphi$  - jeżeli nie występują obciążenia dynamiczne,

$\delta = 0$  - jeżeli występują obciążenia dynamiczne.

**4.3.3. Wpływ parcia czynnego gruntu na zmniejszenie sił i momentów, które powinna przejść konstrukcja,** np. gdy działa ono na podpory łuków, ściany słuz komorowych, jak pokazano na rys. 6, w przypadku działania od wewnątrz parcia wody itp. można uwzględniać w obliczeniach pod warunkiem przy-

jęcia wartości kąta  $\varphi$  zwiększonej o  $\frac{1}{3}$  w stosunku do wartości ustalonych wg 4.1.



Rys. 6

**4.3.4. Parcie spoczynkowe gruntu sypkiego** należy określać, gdy konstrukcja nie ma możliwości swobodnego odsunięcia się od zasypki (ściany konstrukcji dokowych i ramowych oraz konstrukcje posadowione na skale). Wartość parcia spoczynkowego  $E_s$  na pionową ścianę należy obliczać w tonach na metr wg wzoru

$$E_s = \frac{\gamma \cdot h^2}{2} \cdot (1 - \sin \varphi) \cdot (1 + 0,5 \operatorname{tg} \beta) \quad (2)$$

w którym:

- $\gamma$  - gęstość pozorna gruntu,  $\text{t/m}^3$ ,
- $h$  - wysokość części ściany obciążonej gruntem, m,
- $\varphi$  - kąt tarcia wewnętrzznego ustalony zgodnie z 4.1, w stopniach,
- $\beta$  - kąt nachylenia płaszczyzny naziomu do poziomu, w stopniach.

**4.3.5. Parcie spoczynkowe gruntu spoiстого,** gdy występuje potrzeba jego ustalenia, należy określać na podstawie specjalnie przeprowadzonych badań.

**4.3.6. Parcie gruntu zasypki występujące w okresie budowy,** przy obciążeniu naziomu ciężkim sprzętem do zagęszczania, należy obliczać uwzględniając masę i gabaryty przewidzianych do użycia maszyn. Gdy przewiduje się zastosowanie prowizorycznych podparć konstrukcji, jako obciążenie należy przyjąć parcie spoczynkowe.

#### 4.4. Odpór gruntu

**4.4.1. Odpór gruntu sypkiego wywołany przesunięciem masywnej ściany oporowej lub innej sztywnej budowli** należy obliczać na podstawie warunków równowagi granicznej klina odłamu przy płaskiej powierzchni poślizgu.

Obciążenie naziomu, uwarstwienie podłoża i występowanie wód gruntowych należy uwzględniać w taki sam sposób jak przy obliczaniu parcia gruntu.

Kąt tarcia gruntu po ścianie można przyjmować jako  $\delta = -\frac{2}{3}\varphi$  pod warunkiem, że wypadkowa składowej pionowej odporu i wszystkich sił pionowych czynnych działających na konstrukcję nie jest skierowana ku górze. Wartości kąta tarcia wewnętrznego  $\varphi$  należy przyjmować wg 4.1.

Uwzględnienie odporu, gdy jest on obciążeniem poprawiającym warunki stateczności lub zmniejszającym naprężenia, jest dopuszczalne tylko w gruntach nienaruszonych (nie w zasypkach i nasypach)



i pod warunkiem udowodnienia, że konstrukcje i zainstalowane na nich urządzenia mogą ulec bez szkody przesunięciom niezbędnym dla powstania odporu. Udowodnienie takie nie jest wymagane, gdy w obliczeniach jest uwzględniony odpór tylko części gruntu zalegającej poniżej spodu fundamentu, jak np. przy badaniu stateczności budowli wodnych na przesunięcie w płaszczyznach położonych na pewnej głębokości pod fundamentem lub gdy przyjmuje się zmniejszoną wartość odporu  $E_b$  wg wzoru

$$E_b = \frac{1}{2} \gamma \cdot h^2 \quad (3)$$

4.4.2. Odpór gruntu sypkiego wywołany przesunięciem i odkształceniem ściany wlotkowej (konstrukcje oporowe z pali i ścian szczelnych) należy obliczać wg zasad przyjętych dla wybranej metody obliczeń statycznych tych budowli.

4.4.3. Odpór gruntów spoistych, gdy działa on na wysokości do 4,0 m, należy określać zgodnie z 4.4.1 i 4.4.2. Gdy odpór działa na wysokości ponad 4,0 m, dane wyjściowe do obliczeń oraz sposób obliczeń powinny być ustalone na podstawie osobnych badań.

## 5. SIŁY TARCIA

5.1. Siła tarcia  $T$  w płaszczyźnie możliwego przesunięcia fundamentu konstrukcji posadowionych na gruntach sypkich i spoistych powinna być obliczona w tonach wg wzoru

$$T = fN \quad (4)$$

w którym:

$N$  - rzut wypadkowej wszystkich sił czynnych na oś prostopadłą do płaszczyzny przesunięcia,  $T$ ,

$f$  - współczynnik tarcia, który należy przyjmować:

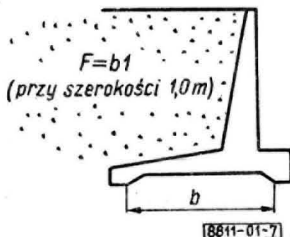
a) gdy płaszczyzna możliwego przesunięcia fundamentu zalega w gruncie poniżej spodu fundamentu (fundament zazębiony) lub gdy są określone warunki stateczności budowli wraz z warstwą zalegającego pod nią gruntu - wg wzoru

$$f = \text{tg} \varphi + c \frac{F}{N} \quad (5)$$

w którym:

$\varphi$  i  $c$  - wartości kąta tarcia wewnętrznego gruntu i spójności określone zgodnie z 4.1, w stopniach,

$F$  - pole płaszczyzny przesunięcia, na którym może działać spójność równa  $b \cdot 1$  zgodnie z rys. 7,  $\text{m}^2$ ;



Rys. 7

b) gdy przesunięcie może nastąpić w płaszczyźnie stopy fundamentowej - wg wzoru

$$f = \text{tg} \varphi$$

w którym  $\varphi$  - wartość kąta tarcia wewnętrznego gruntu określona w stopniach zgodnie z 4.1.

5.2. Siła  $T$  przeciwstawiająca się przesunięciu budowli posadowionej na skale, działająca w płaszczyźnie spodu fundamentu, może być obliczona w tonach wg wzoru

$$T = fN + c' F \quad (6)$$

w którym:

$f$  - współczynnik tarcia betonu po skale,

$N$  - jak w 5.1,  $T$ ,

$c'$  - wartość charakteryzująca wytrzymałość na ścinanie styku budowli z podłożem,  $\text{T/m}^2$ ,  
 $F$  - powierzchnia stopy fundamentowej,  $\text{m}^2$ .

Wartości  $f$  i  $c'$  należy określać na podstawie badań terenowych przeprowadzonych w zakresie obciążeń podłoża przewidzianych w projekcie budowli.

5.3. Pionowa siła tarcia, obciążająca dodatkowo skrzydła wiszące przyczółków i ścian oporowych, powinna być obliczona jako iloczyn wartości parcia spoczynkowego gruntu na skrzydło i współczynnika tarcia równego 0,4.

5.4. Wartość siły tarcia w łożyskach mostów i kładek, obciążającej konstrukcję filarów, przyczółków i innych elementów, powinna być ustalana wg PN-66/B-02015.

## 6. OBCIĄŻENIA RUCHOME

6.1. Obciążenia wywołane środkami transportowymi należy obliczać wg PN-66/B-02015.

6.2. Obciążenie naziomu przez dźwigi gąsienicowe i samochodowe oraz przez maszyny budowlane i środki transportu drogowego, gdy mogą się one poruszać na tym samym obszarze, dla obliczenia parcia gruntu można zastępować przez obciążenie równomiernie rozłożone o wartości  $2 \text{ T/m}^2$ . Obciążenie to należy przyjmować na całym obszarze występowania wyżej podanych obciążeń skupionych, z wyjątkiem pasa bezpośrednio przylegającego do ściany oporowej, gdzie należy przyjąć bardziej niekorzystne z podanych niżej obciążeń:

a)  $6 \text{ T/m}^2$  na pasie szerokości 1,5 m od krawędzi ściany,

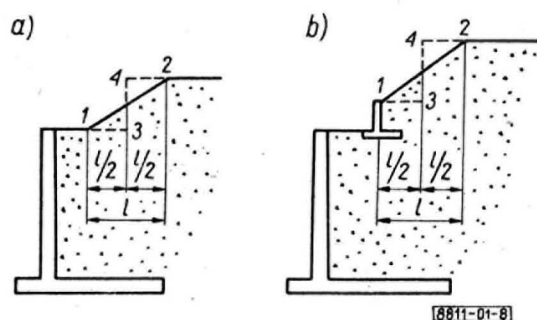
b)  $4 \text{ T/m}^2$  na pasie szerokości 3,5 m od krawędzi ściany.

6.3. Współczynnik dynamiczny może nie być uwzględniany, gdy obciążenia ruchome przekazują się na konstrukcję przez podsypkę o grubości co najmniej 1,0 m.

W obliczeniu parcia gruntu nie należy uwzględniać współczynnika dynamicznego.

## 7. OBCIĄŻENIA SKŁADOWANYMI MATERIAŁAMI

7.1. Sposób ustalania obciążeń. Obciążenia składowanymi materiałami należy ustalać wg przewidywanego rozmieszczenia i wymiaru składowisk oraz gęstości pozornej materiału.



Rys. 8

Gdy składowane są materiały sypkie przy obliczaniu parcia gruntu dopuszcza się przyjmowanie obciążenia zastępczego równomiernie rozłożonego i ograniczonego linią 1 - 3 - 4 - 2 wg rys. 8.

7.2. Obciążenie naziomu przy komorach i głowach szluz, skrzydełkach, przyczółkach itp., gdzie są nieprzewidziane: ruch pojazdów i dźwigów, obciążenie składowanymi materiałami lub inne określone obciążenie - należy przyjmować w wysokości 0,6 T/m<sup>2</sup>.

### 8. OBCIĄŻENIA SPOWODOWANE PRZEZ OBIEKTY PŁYWAJĄCE

8.1. Obciążenie powstające przy cumowaniu obiektów pływających w szluzach i awanportach należy przyjmować wg tablicy.

Wyporność statku G T	do 500	1000	1500	2500	5000
Siła działająca na pachoł T	$\frac{1}{100} G$	$\frac{1}{125} G$	$\frac{1}{150} G$	$\frac{1}{200} G$	$\frac{1}{250} G$

8.2. Obciążenie P powstające przy uderzeniu obiektu pływającego o ściany komory i główek szluz żeglugowych oraz masywnych prowadnic można ustalać w tonach wg wzoru

$$P = 0,053 \cdot k \cdot \sqrt[3]{G^2} \quad (7)$$

w którym:

G - wyporność obiektu pływającego, T,

k - współczynnik, którego wartość można przyjmować:

- k = 1 - przy uderzeniu o ściany komory szluzy,
- k = 1,80 - przy uderzeniu o prostoliniowe odcinki ścian główek i prowadnic,
- k = 2,0 - przy uderzeniu na krzywoliniowych odcinkach główek i prowadnic oraz we wszystkich przypadkach sprawdzenia stateczności bez względu na rodzaj konstrukcji.

8.3. Obciążenie p parapetów szluz na 1 m długości przy uderzeniu bocznym obiektu pływającego można obliczać w tonach na metr wg wzoru:

$$p = 0,03 \cdot \sqrt[3]{G^2} \quad (8)$$

w którym G - jak w 8.2, T.

### 9. OBCIĄŻENIA WYWOŁANE ZMIANAMI TEMPERATURY, SKURCZEM I PĘCZNIENIEM BETONU

Siły wywołane odkształceniami powstałymi na skutek zmian temperatury oraz działania skurczu lub pęcznienia betonu dla statycznie niewyznaczalnych budowli wodnych lub ich elementów należy obliczać wg zasad mechaniki budowli.

Wielkości zmian temperatury, skurczu, pęcznienia itp. należy określać dla każdej budowli osobno, zależnie od warunków, eksploatacji itd.

### 10. OBCIĄŻENIA WYWOŁANE DZIAŁANIEM FAŁ WIATROWYCH

Obciążenia wywołane działaniem fal wiatrowych zaleca się ustalać wg zasad podanych w opracowaniu "Zapory ziemne. Wytyczne projektowania".

### 11. OBCIĄŻENIA WYWOŁANE DZIAŁANIEM LODU

Wartości obciążeń spowodowanych działaniem lodu należy ustalać wg zasad i wzorów podanych w załączniku rozdz. 3. Statyczne parcie pokrywy lodowej spowodowane jej rozszerzeniem należy uwzględniać tylko w tych przypadkach, gdy nie przewiduje się stałego utrzymywania wzdłuż konstrukcji przestrzeni wolnej od lodu, np. przerebli.

K O N I E C

Załącznik

#### INFORMACJE DODATKOWE

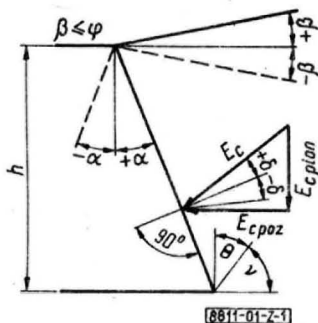
Wydanie 6 - stan aktualny: kwiecień 1980; uaktualniono normy związane

## 1. OBLICZANIE PARCIA CZYNNEGO GRUNTU

### 1.1. Parcie gruntu przy nieobciążonym płaskim naziomiu

#### 1.1.1. Naziom i ściana odziemna nachylone (rys. Z-1)

$$\alpha \neq 0, \beta \neq 0, \delta \neq 0$$



Rys. Z-1

Wypadkowa parcia

$$E_c = \frac{1}{2} \gamma \cdot h^2 \cdot \lambda_c \quad (Z-1)$$

gdzie:

$$\lambda_c = \frac{\cos^2(\varphi - \alpha)}{\cos^2 \alpha \cdot \cos(\alpha + \delta) \left[ 1 + \sqrt{\frac{\sin(\varphi + \delta) \cdot \sin(\varphi - \beta)}{\cos(\alpha + \delta) \cdot \cos(\alpha - \beta)}} \right]^2} \quad (Z-2)$$

$$\text{lub} \quad \lambda_c = \frac{\cos^2(\varphi - \alpha)}{\cos^2 \alpha \cdot \cos(\alpha + \delta)} \cdot \frac{1}{(1 + \sqrt{2})^2} \quad (Z-3)$$

gdzie:

$$z = \frac{\sin(\varphi + \delta) \cdot \sin(\varphi - \beta)}{\cos(\alpha + \delta) \cdot \cos(\alpha - \beta)} \quad (Z-4)$$

Składowa pozioma

$$E_{c \text{ poz}} = E_c \cdot \cos(\alpha + \delta) \quad (Z-5)$$

$$\text{lub} \quad E_{c \text{ poz}} = \frac{1}{2} \gamma \cdot h^2 \cdot k \quad (Z-6)$$

gdzie:

$$k = \frac{\cos^2(\varphi - \alpha)}{\cos^2 \alpha} \cdot \frac{1}{(1 + \sqrt{2})^2} \quad (Z-7)$$

Składowa pionowa

$$E_{c \text{ pion}} = E_c \cdot \sin(\alpha + \delta) \quad (Z-8)$$

Nachylenie płaszczyzny odłamu

$$\text{tg} \theta = \frac{-B + \sqrt{B^2 - AC}}{A} \quad (Z-9)$$

gdzie:

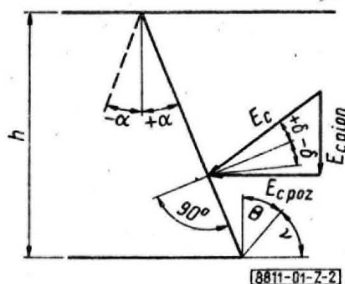
$$A = 1 + \text{tg} \alpha [\text{tg}(\alpha + \delta + \varphi) + \text{ctg} \varphi + \text{tg} \alpha] \quad (Z-10)$$

$$B = \text{tg}(\alpha + \delta + \varphi) - \text{ctg} \varphi \cdot \text{tg} \alpha \cdot \text{tg} \beta \quad (Z-11)$$

$$C = \text{ctg} \varphi \cdot \text{tg} \alpha [1 - \text{tg} \beta \cdot \text{tg}(\alpha + \delta + \varphi)] - (\text{ctg} \varphi - \text{tg} \alpha) \text{tg}(\alpha + \delta + \varphi) \quad (Z-12)$$

#### 1.1.2. Naziom poziomy i ściana odziemna nachylona (rys. Z-2)

$$\alpha \neq 0, \beta = 0, \delta \neq 0$$



Rys. Z-2

$E_c, E_{c \text{ poz}}, E_{c \text{ pion}}$  - wg wzorów (Z-1), (Z-5), (Z-6) i (Z-8).

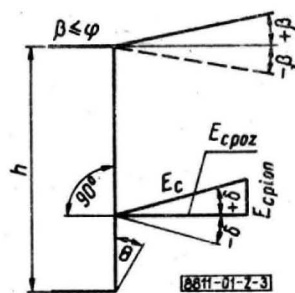
$$\lambda_c = \frac{\cos^2(\varphi - \alpha)}{\cos^2 \alpha \cdot \cos(\alpha + \delta) \left[ 1 + \sqrt{\frac{\sin(\varphi + \delta) \cdot \sin \varphi}{\cos(\alpha + \delta) \cdot \cos \alpha}} \right]^2} \quad (Z-13)$$

Nachylenie płaszczyzny odłamu

$$\text{tg} \theta = -\text{tg}(\alpha + \delta + \varphi) + \sqrt{\text{tg}(\alpha + \delta + \varphi) [\text{tg}(\alpha + \delta + \varphi) + \text{ctg} \varphi - \text{tg} \alpha] - \text{ctg} \varphi \cdot \text{tg} \alpha} \quad (Z-14)$$

#### 1.1.3. Naziom nachylony i ściana odziemna pionowa (rys. Z-3)

$$\alpha = 0, \beta \neq 0, \delta \neq 0$$



Rys. Z-3

$E_c, E_{c \text{ poz}}, E_{c \text{ pion}}$  - wg wzorów (Z-1), (Z-5) i (Z-8)

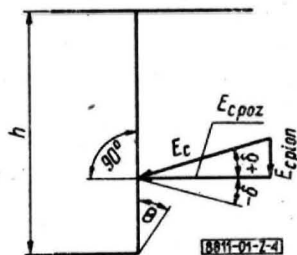
$$\lambda_c = \frac{\cos^2 \varphi}{\cos \delta \left[ 1 + \sqrt{\frac{\sin(\varphi + \delta) \sin(\varphi - \beta)}{\cos \beta \cdot \cos \delta}} \right]^2} \quad (Z-15)$$

Nachylenie płaszczyzny odłamu

$$\text{tg} \theta = -\text{tg}(\delta + \varphi) + \sqrt{\text{tg}^2(\delta + \varphi) + \text{ctg} \varphi \cdot \text{tg}(\delta + \varphi)} \quad (Z-16)$$

#### 1.1.4. Naziom poziomy, ściana odziemna pionowa, tarcie między gruntem i ścianą (rys. Z-4)

$$\alpha = 0, \beta = 0, \delta \neq 0$$



Rys. Z-4

$E_c$ ,  $E_{c\text{poz}}$ ,  $E_{c\text{pion}}$  - wg wzorów (Z-1), (Z-5) i (Z-8).

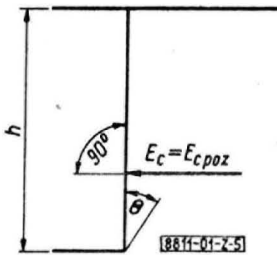
$$\lambda_c = \frac{\cos^2 \varphi}{\cos \delta \left[ 1 + \sqrt{\frac{\sin(\varphi + \delta) \cdot \sin \varphi}{\cos \delta}} \right]^2} \quad (\text{Z-17})$$

Nachylenie płaszczyzny odłamu

$$\text{tg} \theta = -\text{tg}(\delta + \varphi) + \sqrt{\text{tg}^2(\delta + \varphi) + \text{ctg} \varphi \cdot \text{tg}(\delta + \varphi)} \quad (\text{Z-18})$$

1.1.5. Nziom poziomy, ściana odziemna pionowa, brak tarcia między gruntem i ścianą (rys. Z-5)

$$\alpha = 0, \quad \beta = 0, \quad \delta = 0$$

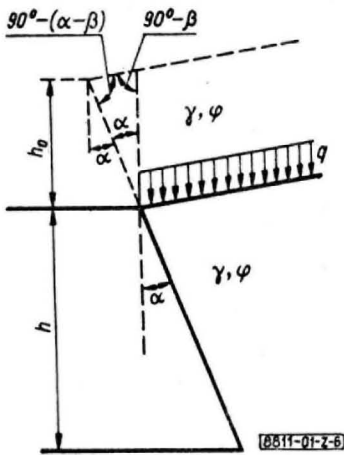


Rys. Z-5

$$E_c = E_{c\text{poz}} = \frac{1}{2} \gamma \cdot h^2 \cdot \lambda_c; \quad E_{c\text{pion}} = 0 \quad (\text{Z-19})$$

$$\lambda_c = \text{tg}^2 \left( 45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right) \quad (\text{Z-20})$$

1.2. Wpływ równomiernego obciążenia q całej płaszczyzny naziomu (rys. Z-6) należy uwzględnić zastępując to obciążenie przez warstwę gruntu o wysokości  $h_0 = \frac{q}{\gamma}$  i o takich samych charakterystykach  $\gamma$  i  $\varphi$  jak grunt pod obciążonym naziomem.



Rys. Z-6

Całkowite parcie gruntu

$$E_c = \lambda_c \left( \frac{1}{2} \gamma \cdot h^2 + q \cdot h \right) \quad (\text{Z-21})$$

lub

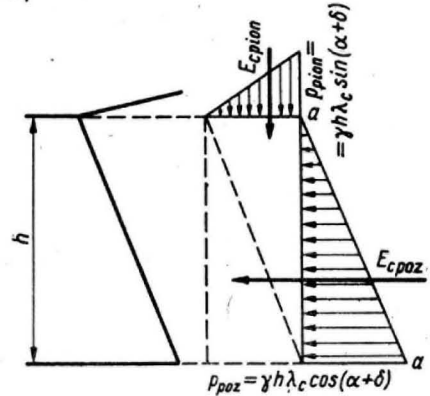
$$E_c = \frac{1}{2} \gamma (h^2 + 2h \cdot h_0) \lambda_c \quad (\text{Z-22})$$

Wartości  $\lambda_c$  - wg wzorów (Z-2), (Z-3), (Z-13), (Z-15), (Z-17) i (Z-20).

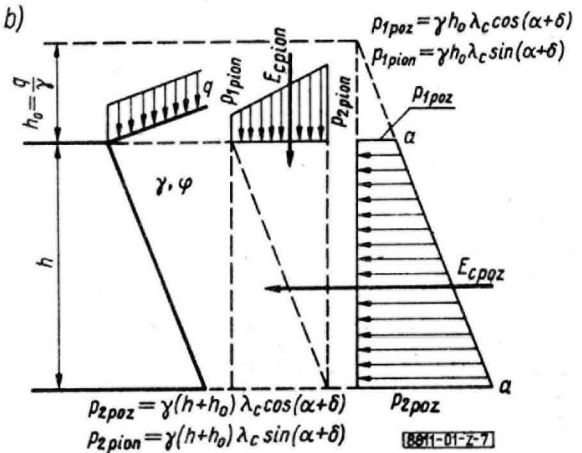
1.3. Wykresy parć jednostkowych i punkt zaczepienia wypadkowej parcia. Wykresy parcia należy sporządzać zakładając liniową zmienność parcia

jednostkowego (w jednorodnym obszarze gruntu i przy prostoliniowej krawędzi odziemnej ściany oporowej). Przy tym założeniu wykresy parć jednostkowych mają kształt trójkąta przy naziomie nieobciążonym (rys. Z-7a) i trapezu przy naziomie obciążonym (rys. Z-7b).

a)



b)



Rys. Z-7

Wartość  $p$  na głębokości  $h$  należy określać wg wzorów

a) bez obciążenia naziomu (rys. 7a):

$$\left. \begin{aligned} \text{składowe poziome} \quad p_{\text{poz}} &= \gamma \cdot h \cdot \lambda_c \cdot \cos(\alpha + \delta) \\ \text{składowe pionowe} \quad p_{\text{pion}} &= \gamma \cdot h \cdot \lambda_c \cdot \sin(\alpha + \delta) \end{aligned} \right\} \quad (\text{Z-23})$$

b) przy obciążeniu naziomu  $q$  (rys. 7b):

$$\text{składowe poziome} \quad p_{1\text{poz}} = \gamma \cdot h_0 \cdot \lambda_c \cdot \cos(\alpha + \delta) \quad (\text{Z-24})$$

$$p_{2\text{poz}} = \gamma (h + h_0) \lambda_c \cdot \cos(\alpha + \delta) \quad (\text{Z-25})$$

$$p_{1\text{pion}} = \gamma \cdot h_0 \cdot \lambda_c \cdot \sin(\alpha + \delta) \quad (\text{Z-26})$$

$$\text{składowe pionowe} \quad p_{2\text{pion}} = \gamma (h + h_0) \lambda_c \cdot \sin(\alpha + \delta) \quad (\text{Z-27})$$

W przypadku gdy na wysokości ścianki występują różne warstwy gruntu, wykres parcia należy ustalać osobno dla każdej z nich.

Dla górnej warstwy wykres sporządza się w sposób opisany uprzednio dla obszaru jednorodnego korzystając dla określenia parć jednostkowych ze wzorów (Z-23) ÷ (Z-27).



Dla warstwy dolnej parcie jednostkowe określa się w założeniu, że warstwa górna stanowi jej obciążenie naziomu wg wzorów (Z-24) + (Z-27), przy czym  $q$  jest tu iloczynem grubości i gęstości pozornej warstwy górnej. Jeżeli warstwy różnią się tylko gęstością pozorną, a mają ten sam kąt tarcia wewnętrznego, linia ograniczająca  $a - a$  na rys. Z-7 (wykres parcia) ma punkt załamania w miejscu styków warstw. Gdy warstwy mają różne wartości kąta tarcia wewnętrznego, linia ograniczająca wykres parcia wykazuje uskoki w miejscu styku warstw.

W przypadku gdy część gruntu za ścianą znajduje się pod poziomem zwierciadła wody gruntowej, w obliczeniach należy uwzględnić zmniejszenie gęstości pozornej gruntu na skutek działania wyporu. Wówczas wykres parcia gruntu należy sporządzać jak dla układu złożonego z dwóch warstw gruntu:

- górnej o gęstości pozornej  $\gamma$  ograniczonej od dołu linią zwierciadła wody,
- dolnej o gęstości pozornej  $\gamma'$  z uwzględnieniem wyporu i obciążonej warstwą górną.

W warstwie dolnej należy dodatkowo uwzględnić parcie wody  $W$  wg wzoru

$$W = \frac{1}{2} \gamma_w \cdot h^2 \quad (Z-28)$$

w którym:

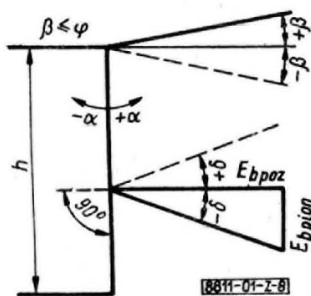
- $\gamma_w$  - gęstość pozorna wody równa  $1 \text{ t/m}^3$ ,
- $h$  - głębokość przekroju obliczeniowego pod poziomem zwierciadła wody (grubość warstwy dolnej), m.

## 2. OBLICZANIE ODPORU GRUNTU

### 2.1. Odpór gruntu przy nieobciążonym płaskim naziemie

#### 2.1.1. Ściana pionowa i naziom nachylony (rys. Z-8)

$$\alpha = 0, \beta \neq 0$$



Rys. Z-8

Wypadkowa odporu

$$E_b = \frac{1}{2} \gamma \cdot h^2 \cdot \lambda_b \quad (Z-29)$$

$$\lambda_b = \frac{\cos^2 \varphi}{\cos \delta \cdot \left[ 1 - \sqrt{\frac{\sin(\varphi - \delta) \cdot \sin(\varphi + \beta)}{\cos \delta \cdot \cos \beta}} \right]^2} \quad (Z-30)$$

Składowa pozioma

$$E_{b_{\text{pozi}}} = E_b \cdot \cos \delta \quad (Z-31)$$

Składowa pionowa

$$E_{b_{\text{pion}}} = E_b \cdot \sin \delta \quad (Z-32)$$

### 2.1.2. Ściana pionowa i naziom poziomy

$$\alpha = 0, \beta = 0$$

$E_b, E_{b_{\text{pozi}}}, E_{b_{\text{pion}}}$  - wg wzorów (Z-29), (Z-31) i (Z-32).

$$\lambda_b = \frac{\cos^2 \varphi}{\cos \delta \cdot \left[ 1 - \sqrt{\frac{\sin(\varphi - \delta) \cdot \sin \varphi}{\cos \delta}} \right]^2} \quad (Z-33)$$

Gdy  $\delta = 0$  (brak tarcia między ścianą i gruntem):

$$\lambda_b = \frac{1 + \sin \varphi}{1 - \sin \varphi} = \text{tg}^2 \left( 45^\circ + \frac{\varphi}{2} \right) \quad (Z-34)$$

2.2. Wpływ obciążenia naziomu, wykresy odporu i punkt zaczepienia wypadkowej należy ustalać wg zasad podanych w 1.2 i 1.3.

## 3. OBCIĄŻENIA WYWOŁANE DZIAŁANIEM LODU

### 3.1. Uderzenie kry lodowej

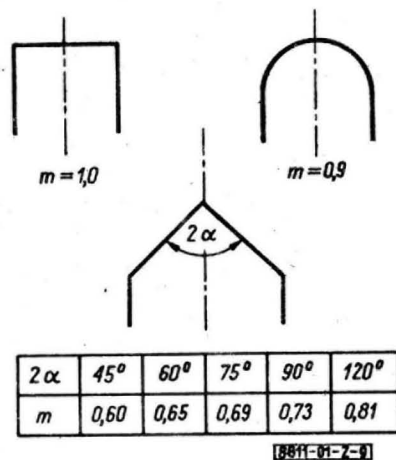
3.1.1. Obciążenie działające na powierzchnie czołowe filarów, izbic itp. elementów, wywołane uderzeniem kry poruszającej się w kierunku ich osi podłużnej, należy obliczać w tonach:

a) siłę  $H_1$  przy powierzchniach czołowych o pionowych tworzących - wg wzoru

$$H_1 = m \cdot R_1 \cdot b \cdot h \quad (Z-35)$$

w którym:

$m$  - współczynnik kształtu przyjmowany wg rys. Z-9,



Rys. Z-9

$R_1$  - wytrzymałość lodu przy zgniataniu,  $\text{T/m}^2$ ; w przypadku braku danych doświadczalnych można przyjmować:

$R_1 = 75 \text{ T/m}^2$  - gdy oblicza się obciążenie w poziomie ruszania lodów,

$R_1 = 45 \text{ T/m}^2$  - gdy oblicza się obciążenie w poziomie najwyższego stanu wody w okresie pochodu lodów,

$h$  - obliczeniowa grubość lodu, którą należy przyjmować jako równą największej obserwowanej jego grubości, m,

b - szerokość elementu, na który działa siła  $H_1$ , m.

b) przy nachylonych do pionu powierzchniach czołowych - wg wzorów:

- składową pionową  $V_1$  obciążenia lodem

$$V_1 = 0,7R_1 \cdot h^2 \quad (Z-36)$$

- składową poziomą  $H_1$

$$H_1 = 0,7R_1 \cdot h^2 \cdot \operatorname{tg} \psi \quad (Z-37)$$

w którym:

$R_1$ ,  $h$  - jak w poz. a),

$\psi$  - kąt nachylenia krawędzi czołowej do poziomu.

Gdy  $\psi > 82^\circ$  - obciążenie należy obliczać wg wzoru (Z-35).

3.1.2. Obciążenie działające na powierzchnie boczne filarów, przyczółków itp. elementów, wywołane uderzeniem kry poruszającej się w kierunku odchylnym od osi podłużnej, należy obliczać w tonach.

a) Obciążenie  $H_1$  działające na ścianę pionową, gdy kierunek ruchu kry niewiele odchyła się od normalnej płaszczyzny ściany ( $\omega = 80^\circ \div 90^\circ$ ) - wg wzoru

$$H_1 = a \cdot v \cdot h \cdot \sqrt{F} \quad (Z-38)$$

gdy kierunek ruchu kry odchylny jest od płaszczyzny ściany o kąt  $\omega < 80^\circ$  - wg wzoru

$$H_1 = c' \cdot v \cdot h^2 \sqrt{\frac{F}{\mu \cdot F + E' h^2} \cdot \sin \varphi} \quad (Z-39)$$

w których:

$v$  - prędkość poruszania się kry równa prędkości przepływu wody; gdy przepływ nie występuje lub gdy jego prędkość jest mniejsza niż 0,6 m/s, należy przyjąć  $v = 0,6$  m/s;

$F$  - powierzchnia kry,  $m^2$ ;

$a$ ,  $c'$ ,  $E'$  - współczynniki podane w tabl. Z-1;

$\mu$  - współczynnik podany w tabl. Z-2 w zależności od wartości kąta;

$h$  - wg 3.1.1 a).

Tablica Z-1

Lp.	Wytrzymałość lodu przy zginaniu, T/m <sup>2</sup>	a	c'	E'
1	50	3	68	500
2	30	2,36	68	853

Wielkości podane w tabl. Z-1 lp. 1 należy stosować do obliczania siły działającej na poziomie zwierciadła wody przy ruszaniu lodów; wielkości podane w tabl. Z-1 lp. 2 - do obliczania siły działającej na najwyższym poziomie zwierciadła wody występującym w okresie pochodów lodów.

Tablica Z-2

Kąt $\omega$ , stopnie	20	30	45	55	60	65	70	75
$\mu$	6,7	2,25	0,5	0,16	0,08	0,04	0,009	0,005

Gdy uderzenie kry jest przyjmowane przez cały element budowli, graniczne naciski jednostkowe w miejscu styku między krą a konstrukcją nie mogą być przyjmowane wyższe niż wytrzymałości lodu podane w tabl. Z-1.

b) Obciążenia działające na skarpy i ściany pochylone przy uderzeniu kry jej czołem należy obliczać:

- składową pionową  $V_1$  - wg wzoru

$$V_1 = 0,7 \cdot R_1 \cdot E' \cdot h^2 \quad (Z-40)$$

- składową poziomą  $H_1$  - wg wzoru

$$H_1 = V_1 \cdot \operatorname{tg} \psi \quad (Z-41)$$

- wypadkową prostopadłą do skarpy  $N_1$  - wg wzoru

$$N_1 = \frac{V_1}{\cos \psi} \quad (Z-42)$$

w których:

$R_1$ ,  $h$  - wg 3.1.1 a),

$E'$  - współczynnik zależny od grubości lodu wg tabl. Z-3,

$\psi$  - kąt nachylenia skarpy lub ściany do poziomu.

Tablica Z-3

h, m	0,4	0,5	0,6÷0,7	0,8÷0,9	1÷1,3
$E'$	0,08	0,07	0,06	0,05	0,04

3.1.3. Statyczne parcie pokrywy lodowej  $q_1$  przy jej rozszerzaniu się na skutek działania temperatury należy przyjmować:

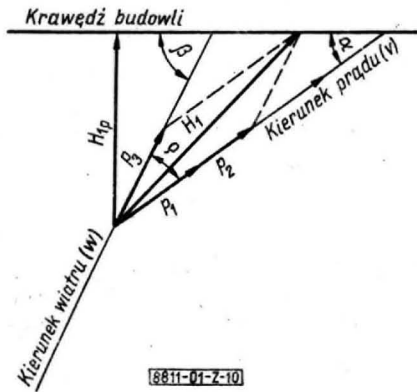
a) gdy długość pokrywy lodowej  $L$  między budowlą a brzegiem lub inną budowlą, mierzona po prostopadłej do linii styku pokrywy z elementem, na który wywiera ona ciśnienie, jest mniejsza niż 50 m - wówczas  $q_1 = 20$  T/m<sup>2</sup> powierzchni styku lodu i budowli;

b) gdy długość pokrywy  $L$ , mierzona w sposób podany w poz. a), jest równa lub większa niż 50 m - wg tabl. Z-4.

Tablica Z-4

L, m	50 ≤ L < 75	75 ≤ L < 100	100 ≤ L < 150	150 ≤ L
$q_1$ , T/m <sup>2</sup> powierzchni styku	18	16	14	12

3.2. Statyczne parcie swobodnie pływającego pola lodowego spychanego na budowlę prądem wody i działaniem wiatru. Wypadkową parcia  $H_1$  (rys. Z-10) działającą w płaszczyźnie poziomej należy obliczać w kg wg wzoru



Rys. Z-10

$$H_1 = F \cdot \sqrt{(p_1 + p_2)^2 + p_3^2 + 2(p_1 + p_2) p_3 \cos \varrho} \quad (Z-43)$$

a składową tej wypadkowej  $H_{1p}$  prostopadłą do płaszczyzny ściany budowli - obliczać w kg wg wzoru

$$H_{1p} = F [(p_1 + p_2) \cdot \sin \alpha + p_3 \cdot \sin \beta] \quad (Z-44)$$

w których:

$p_1$  - siła działająca na jednostkę pola wywołana tarcieniem wody o dolną powierzchnię lodu,  $\text{kg/m}^2$ ;  $p_1 = 0,5 v^2$ ;

$p_2$  - składowa pozioma siły działającej na jednostkę pola wywołana spadkiem zwierciadła wody,  $\text{kg/m}^2$ ;

$$p_2 = 920 \cdot h \cdot i \quad (Z-45)$$

$p_3$  - siła pozioma działająca na jednostkę pola wywołana tarcieniem powietrza o powierzchnię lodu,  $\text{kg/m}^2$ ;

$$p_3 = [0,001 + 0,002] w^2 \quad (Z-46)$$

$v$  - prędkość przepływu wody pod lodem, maksymalna w okresie pochodzenia lodów lub w okresie, w którym jest obserwowane spychanie lodu, m/s;

$w$  - prędkość wiatru, m/s, którą, gdy brak danych, należy przyjmować  $w = 15$  m/s;

$h$  - grubość lodu wg 3.1.1 a);

$L$  - średnia długość pola lodowego w kierunku płynięcia cieku, nie większa niż trzykrotna szerokość cieku, m,

$F$  - powierzchnia pola,  $\text{m}^2$ ;

$i$  - spadek zwierciadła wody;

$\alpha$  - kąt między kierunkiem prądu wody i prostą przecięcia zwierciadła wody ze ścianą budowli, w stopniach;

$\beta$  - kąt między kierunkiem działania wiatru i prostą przecięcia zwierciadła wody ze ścianą budowli. (za obliczeniowy kierunek wiatru należy przyjmować kierunek odpowiadający maksymalnej sile wiatru w okresie pochodzenia lodów lub obserwowanego spychania pola na budowlę), w stopniach;

$\varrho$  - kąt między kierunkiem prądu wody a kierunkiem wiatru, w stopniach.

Współczynnik 0,002 we wzorze (Z-46) należy przyjmować przy znacznej nierówności powierzchni lodu.

Gdy  $v < 0,1$  m/s, można przyjmować:

$$p_1 = p_2 = 0$$

$$H_1 = p_3 \cdot F$$

$$H_{1p} = p_3 \cdot F \cdot \sin \beta$$

Gdy brak danych o możliwych kierunkach przepływu wody i wiatru, należy przyjmować  $\alpha = \beta = 90^\circ$ .

3.3. Skierowana ku górze pionowa siła  $P_1$ , którą przy podnoszeniu się zwierciadła wody przekazuje na pal lub grupę pali przymarznęty do nich lód, powinna być obliczana w tonach wg wzoru

$$P_1 = \frac{300 h^2}{\ln \frac{50 h}{d}} \quad (Z-47)$$

w którym:

$h$  - obliczeniowa grubość lodu wg 3.1.1 a),

$d$  - średnica pala lub zastępcza grupy pali, m; gdy grupa pali ma w planie kształt prostokąta o bokach  $a$  i  $b$  w m, przyjmuje się:

$$d = \sqrt{a \cdot b} \quad (Z-48)$$

Wzór ten może być stosowany, gdy wokół pali lub grupy pali w promieniu co najmniej  $20h$  występuje ciągła, nieprzerwana pokrywa lodowa.

Gdy odstęp między palami w grupie są większe niż  $1,0$  m, wzór (Z-47) należy stosować dla poszczególnych pali w grupie.

3.4. Obciążenie  $P$  spowodowane uderzeniem kry lodowej o szczykany na wypadzie należy określać w tonach wg wzoru

$$P = 100 \cdot h \cdot b \quad (Z-49)$$

w którym:

$h$  - grubość lodu określana zgodnie z 3.1.1, m,

$b$  - suma szerokości szczykan, gdy określa się oddziaływanie lodu na cały wypad - lub szerokość jednej szczykany, gdy chodzi o ustalenie tylko jej obciążenia, m.