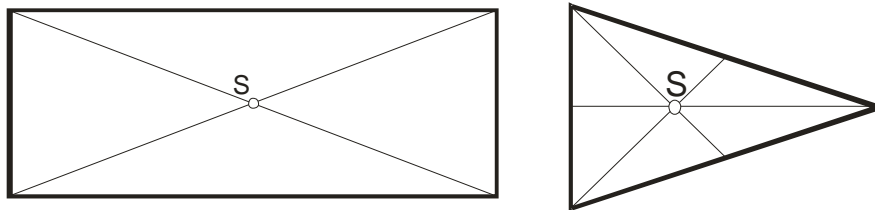


## Wpływ przegłębienia i przechyłu statku na dokładność pomiaru objętości cieczy w zbiorniku na statku

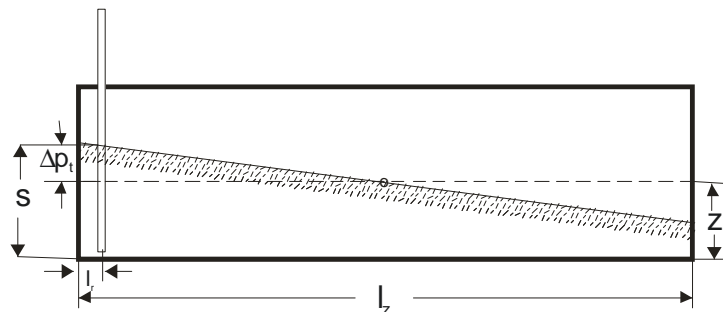
Pomiar objętości cieczy w zbiorniku na statku może być wykonany różnymi sposobami, jednak najczęściej sprowadza to się do pomiaru poziomu cieczy w jednym konkretnym punkcie zbiornika. Jeżeli zbiornik jest tylko częściowo zapełniony to każda zmiana przegłębienia (trymu) lub przechyłu spowoduje zmianę poziomu cieczy w badanym punkcie. Wyjątkiem będzie sytuacja, kiedy pomiar dokonywany będzie w punkcie pokrywającym się ze środkiem ciężkości powierzchni swobodnej cieczy w zbiorniku (rys. 1)



Rys. 1. Środek ciężkości powierzchni  $s$  figur elementarnych.

### Poprawka na przegłębienie

W celu uproszczenia następujących rozważań przyjęto, że zbiornik jest prostopadłościenny. Jeżeli punkt pomiaru poziomu (rura sondażowa) umieszczona zostanie w pewnej odległości od połowy długości zbiornika, to każda zmiana przegłębienia spowoduje zmianę poziomu cieczy w rurze. Wielkość tej zmiany jest wprost proporcjonalna do wzdłużnej odległości rury od środka długości zbiornika i tangensa kąta przegłębienia (rys. 2)



Rys. 2. Poprawka  $\Delta p_t$  spowodowana przegłębieniem w zbiorniku prostopadłościennym

$$\Delta p_t = \left( \frac{l}{2} - l_r \right) \cdot \operatorname{tg} \psi \quad (1)$$

$$\operatorname{tg} \psi = \frac{T_d - T_r}{L_{pp}} \quad (2)$$

gdzie:  $\Delta p_t$  – poprawka do wskazania sondy wywołana przegłębieniem,

$l$  – długość zbiornika,

$l_r$  – odległość rury sondażowej od grodzi rufowej,

$T_d$  – zanurzenie na pionie dziobowym,

$T_r$  – zanurzenie na pionie rufowym,

$L_{pp}$  – długość statku między pionami.

Prosty wzór (1) na poprawkę od przegłębienia może być stosowany tylko przy pewnych poziomach cieczy. Nie jest on poprawny przy znacznym przegłębieniu i niskim poziomie cieczy, kiedy część dna zostaje odsłonięta lub przy bardzo dużym wypełnieniu zbiornika, kiedy w części rufowej zbiornik jest już całkowicie wypełniony, a w części dziobowej istnieje jeszcze wolna przestrzeń.

### Poprawka na przechył

Umieszczenie rury sondażowej w pewnej odległości od środka szerokości zbiornika spowoduje, że przy zmianie przechyłu statku nastąpi zmiana poziomu cieczy w rurze zgodnie z następującą zależnością (rys. 3):

$$\Delta p_p = \left( \frac{b}{2} - y_r \right) \cdot \operatorname{tg} \varphi \quad (3)$$

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{T_p - T_l}{B} \quad (4)$$

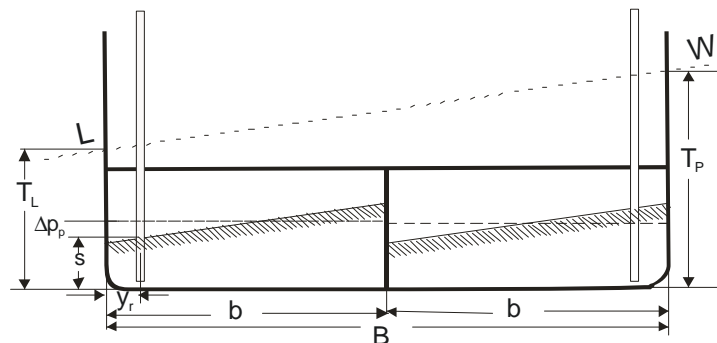
gdzie:  $b$  – szerokość zbiornika

$y_r$  – poprzeczna odległość rury sondażowej od lewej grodzi,

$T_p$  – zanurzenie na śródkręciu z prawej burty,

$T_l$  – zanurzenie na śródkręciu z lewej burty,

$B$  – szerokość statku.



Rys.3 Poprawka  $\Delta p_p$  spowodowana przechyłem

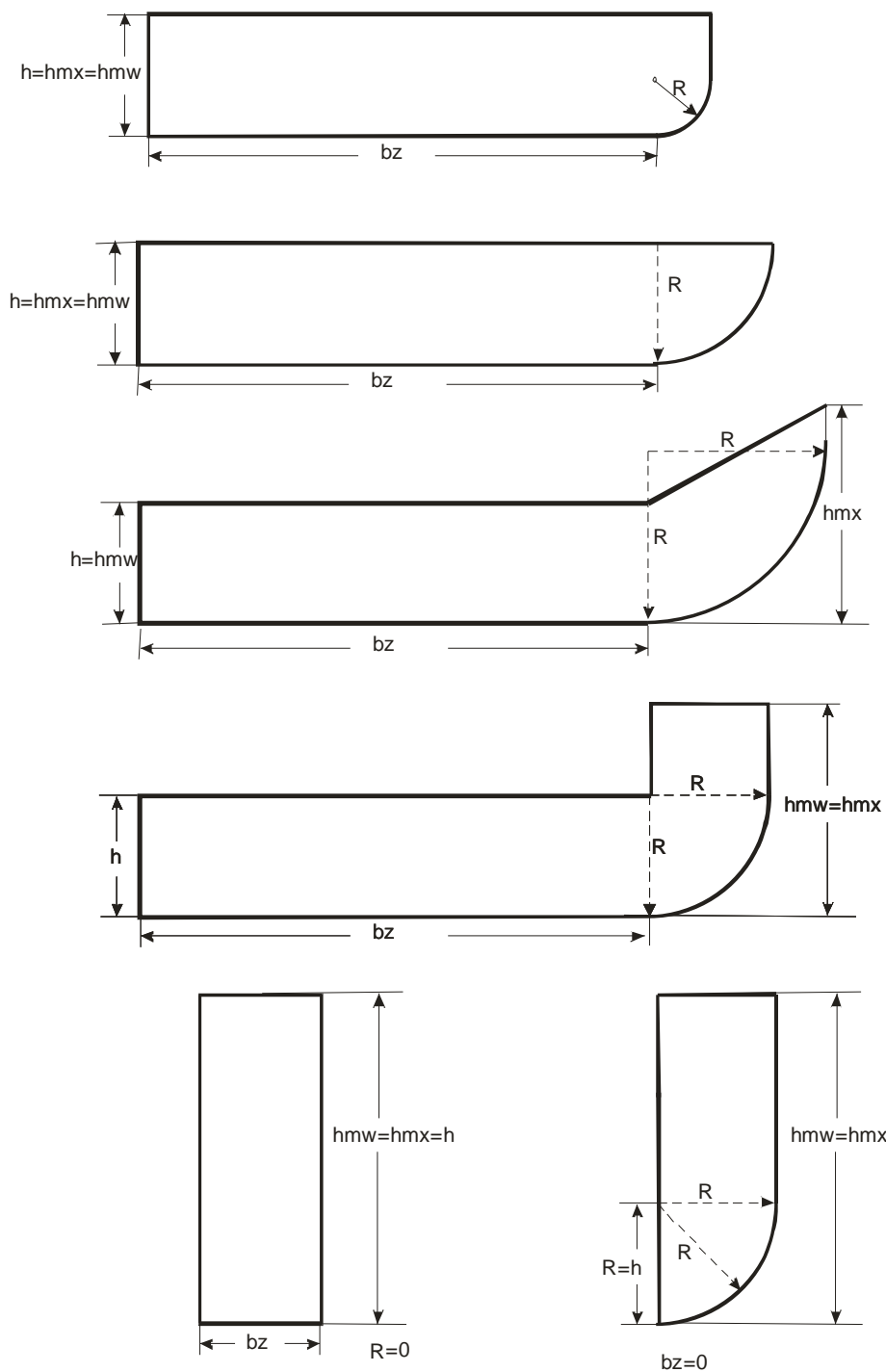
Ta poprawka, również jak poprzednia, może być stosowana z licznymi ograniczeniami i tak przy przechyle, i nie tylko, wskazanie sondy zero nie musi oznaczać że w zbiorniku nie ma cieczy.

### Uwzględnienie równoczesne przegłębienia i przechyłu dla zbiornika znajdującego się w obrębie wstawki cylindrycznej kadłuba statku

Zbiorniki denne umieszczone w obrębie wstawki cylindrycznej kadłuba statku charakteryzują się tym, że posiadają stały przekrój poprzeczny na całej swojej długości. Wyjątek stanowią takie zbiorniki w obrębie których wmontowano inny mniejszy zbiornik lub jeżeli zbiorniki zachodzą na siebie. Rysunek 4 przedstawia kilka przekrojów zbiorników w obrębie wstawki cylindrycznej kadłuba. Do wszelkich obliczeń jednego z takich przekrojów niezbędna jest znajomość:

- długości zbiornika ( $l_z$ );

- szerokości zbiornika w dnie ( $b_z$ );
- wysokości zbiornika ( $h$ );
- promienia krzywizny obła zbiornika ( $R$ );
- wysokości maksymalnej zbiornika ( $h_{mx}$ );
- wysokości wewnętrznej ( $h_{mw}$ ).



Rys. 4. Przekroje poprzeczne zbiorników możliwe do obliczania za pomocą załączonego programu

Obliczenie objętości cieczy w zbiorniku sprowadza się do obliczenia średniej powierzchni zwilżonej poprzecznego przekroju zbiornika. Obliczenie zwilżonej powierzchni dla pojedynczego przekroju, dla określonego poziomu wypełnienia zbiornika przedstawia rys. 5. Aby rozpocząć obliczenia konieczna jest znajomość położenia rury sondażowej ( $l_r$ ,  $y_r$ ), pomierzony w rurze poziom  $s$ , wymiary zbiornika ( $l_z$ ,  $b_z$ ,  $h$ ) oraz kąt przegłębienia ( $\psi$ ) i przechyłu ( $\varphi$ ) statku.

$$RW = s - l_r \cdot \operatorname{tg} \psi - y_r \cdot \operatorname{tg} \varphi \quad (5)$$

Wykorzystując zależność (5) oblicza się poziom cieczy w narożniku rufowym przy grodzi wewnętrznej zbiornika (RW). Gródź wewnętrzna zbiornika i jego dno będą równocześnie początkiem układu współrzędnych prostokątnych X, Y. Dalszy tok obliczeń przebiega następująco:

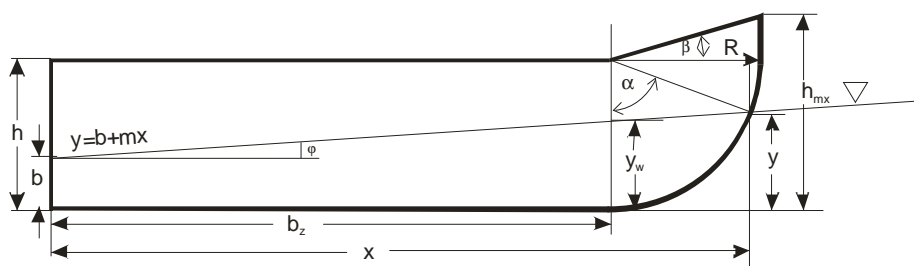
- wyznaczyć równanie prostej poziomu cieczy na rufowym przekroju

$$y = b + m \cdot x$$

gdzie:  $y$  – poziom cieczy na odciętej  $x$ ,

$b$  – poziom cieczy na grodzi wzdłużnej,

$m$  – współczynnik kierunkowy prostej =  $\operatorname{tg} \varphi$ .



Rys. 5. Obliczenie powierzchni zwilżonej przekroju poprzecznego zbiornika

W celu wyznaczenia współrzędnych  $x$  i  $y$  należy rozwiązać układ dwóch równań:

$$y = b + m \cdot x$$

$$R^2 = (x - p)^2 + (y - q)^2$$

gdzie:  $R$  – promień krzywizny obła dna;

$p$  – w rozpatrywanym przypadku  $= b_z$ ;

$q$  – w rozpatrywanym przypadku  $= R$ .

Obliczone odcięte na rzędnych:

- dla 0 będzie  $b$ ;
- dla  $b_z$  będzie  $y_w$ ;
- dla  $x$  będzie  $y$ .

Odcięte te mogą przyjmować zarówno wartości dodatnie równe zero i ujemne.

Na podstawie tych danych zostaną obliczone powierzchnie składowe pola zwilżonego przekroju.

Cała długość zbiornika podzielona została na  $n$  równych odcinków (w tym programie 100) i na każdym z tych odcinków wyznaczono przekrój oraz jego powierzchnię zwilżoną. W końcu, stosując wzór trapezów oblicza się objętość brutto zbiornika do badanego poziomu. Oby określić objętość cieczy do tego poziomu konieczna jest znajomość objętości elementów konstrukcyjnych zbiornika, które spowodują zmniejszenie objętości cieczy. W praktyce objętość tych elementów uwzględniana jest za pomocą współczynnika redukującego objętość brutto o kilka procent. Współczynnik ten jest inny dla zbiorników dennych inny dla

zbiorników głębokich i dla skrajników. Aby uniknąć wprowadzania do obliczeń tej wielkości w programie, dla danych rozmiarów zbiornika, sporządzono tabelę sondażową dla statku bez przegłębienia i przechyłu zawierającą poziom cieczy i objętość brutto dla tego poziomu.

Po obliczeniu objętości brutto cieczy w zbiorniku statku przegłębianego i przechylonego, na podstawie tabeli sondażowej określono poziom cieczy dla statku na równej stępce i bez przechyłu. W ten sposób uniknięto stosowania współczynników redukujących objętość cieczy w rzeczywistym zbiorniku.

Załączony program o nazwie „ZBIORNIK.xls” utworzony został w aplikacji EXSEL. Składa się z trzech arkuszy: Wprowadzenie, Wyniki i Obliczenia. Na arkuszu Wprowadzenie znajduje się krótki opis programu i rysunki przekrojów poprzecznych możliwych do obliczania zbiorników.

Arkusz Wyniki jest podstawowym używanym w czasie pracy. Aby dokonać obliczeń należy wprowadzić stałe dane statku takie jak długość między pionami oraz szerokość kadłuba.

Aktualne dane statku to jego zanurzenie na pionach oraz po obu burtach na śródkręciu.

Z aktualnych zanurzeń w określone są kąty przegłębienia i przechyłu.

Do konkretnych obliczeń niezbędne są dane zbiornika a mianowicie:

- długość zbiornika  $l_z$ ,
- szerokość zbiornika w dnie płaskim  $b_z$ ,
- wysokość zbiornika przy grodzi wewnętrznej  $h$ ,
- wysokość zbiornika przy burcie (największa)  $h_{mx}$ ,
- wysokość zbiornika wewnętrzna (tam gdzie zaczyna się obłó)  $h_{mw}$ ,
- promień krzywizny obła  $R$ ,
- odległość wzdłużna rury sondażowej od grodzi rufowej  $l_r$ ,
- odległość poprzeczna rury sondażowej od grodzi wewnętrznej  $y_r$ ,
- aktualny odczyt sondy  $s$ ,
- burta na której znajduje się zbiornik  $p$  lub  $l$  (wszystkie znaki poza  $p$  traktowane są jako  $l$ ).

Wprowadzanie danych jest możliwe tylko na jasno zielonych polach. Po wprowadzeniu kompletu danych na polu o ciemno niebieskiej barwie pojawi się wynik – poziom cieczy w zbiorniku na statku bez przechyłu i przegłębienia. Jeżeli wprowadzono odczyt sondy  $s=0$  to na czerwonym polu pojawi się komentarz ostrzegający, że podany wynik może być maksymalnie o podanej wielkości lecz takiej całkowitej pewności nie ma.

Po prawej stronie znajdują się dwa rysunki. Wyższy przedstawia przekrój poprzeczny zbiornika i pozwala zorientować się czy o taki kształt zbiornika nam chodzi. Drugi rysunek przedstawia wykres poprzecznych powierzchni zwilżonych i obserwacja jego jest bardzo pouczająca.

W obliczeniach założono, że rura sondażowa w obrębie zbiornika jest dokładnie prostopadła w stosunku do dna oraz że zbiornik od góry ograniczony jest poziomą płaszczyzną. Dlatego program nie nadaje się do obliczania zbiorników zamkniętych od góry pokładem głównym ze względu na jego wyoblenie.

Program został wielokrotnie przetestowany i działa poprawnie pod warunkiem wprowadzenia poprawnych danych.

Wszelkie uwagi o zauważonych usterkach proszę o kierowanie do autora za pośrednictwem MEA.