

Zemūdens aparāta konstrukcijas īpatnību un peldamības analīze

Kristīne Carjova, Ilmārs Ozols, Vladislavs Zavtkevičs, Aleksandrs Urbahs, *Riga Technical University*

Kopsavilkums. Darba mērķis ir veikt detalizētu zemūdens aparātu konstrukcijas īpatnību un peldamības analīzi un sagatavot priekšlikumus projektēšanai. Darba mērķa sasniegšanai ir izmantotas dažādas analīzes metodes: eksistējošo projektu analīze, zemūdens aparātu peldamības teorijas analīze, iepriekš veikto pētījumu analīze, korpusa racionālas formas un stiprības izpēte. Darbā tika pētīta zemūdens aparāta konstrukcija un izstrādātas rekomendācijas projektēšanai, priekšlikumi balasta tanku uzbūvei. Lai veiktu efektīvu zemūdens aparāta izmantošanu, tika izstrādātas dziļumu kategorijas. Veicot darba pētījumus, izmantojot analīzi un iepriekšējo konstrukcijas pieredzi, tika izstrādāti galvenie zemūdens aparāta teorētiskie lielumi. Veicot zemūdens aparāta konstrukcijas optimizācijas iespējas analīzi, tika apskatīts tā ūdensizspaidis, iegrīšanās un pacelšanās.

Atslēgas vārdi: bezpilota zemūdens aparāts, korpusa konstrukcija, peldamība.

I. IEVADS

Zemūdens aprātiem savu funkciju pildīšanai ir jāpiemīt pilnīgi noteiktām raksturīpašībām. Svarīgu vietu tostarp ieņem zemūdens aparātu jūras spējas: peldamība, stabilitāte, vadāmība, viļņošanās pretestība. Jūras spēju izvērtēšana ļauj projektētājiem paredzēt zemūdens aparāta kustību dažādos jūras apstākļos, maksimāli tās izmantojot un tādejādi novēršot bojājumu rašanās iespēju. Katram zemūdens aparāta elementam ir jāpilda savas funkcijas, lai nodrošinātu tā veiksmīgu darbu.

Ir dažādi zemūdens aparātu veidi. Viena no metodēm, kuru izmanto šo transportlīdzekļu klasifikācijai ir noteikt tos kā piederīgiem vienai no divām transportlīdzekļu klasēm, ar apkalpi vai bezpilota sistēmas. Transportlīdzekļus, kurus vada to apkalpe var raksturot vienkārši iedalot divās kategorijās – militārās zemūdenes un nemilitārās zemūdenes, piemēram, kas tiek izmantotas, lai veiktu zemūdens pētījumus.[1]

Bezpilota zemūdens aparātus iedala dažādās kategorijās:

- *zemūdenes aparāti, kas tiek vilkti aiz kuģa.* Tie ir vienkāršākie un visvieglāk raksturojamie zemūdens aparāti, kas darbojas kā platforma dažādu sensoru komplektiem piestiprinātiem pie aparāta karkasa.
- *zemūdens aparāts ar tālvadību* (Remotely operated vehicle – ROV). Tas ir aparāts, kas ir sasaisīts ar vadu. Vadu līnija nodrošina jaudas piegādi, komunikāciju ar ROV, ko kontrolē tieši tālvadības operators.
- *bezpilota zemūdens aparāts* (Unmanned underwater vehicle – UUV). Tie ir bezpilota nepiestiprināti līdzekļi. Šis zemūdens aparāts satur sevī borta enerģijas avotu, bet tiek kontrolēts ar tālvadības operatoru, izmantojot dažāda veida komunikācijas saiti.

- *autonomais zemūdens aparāts* (Autonomous underwater vehicle – AUV) ir zemūdens aparāts, kurā ietilpst savs enerģijas avots un paškontrolē, izpildot kādu iepriekš noteiktu uzdevumu. Atšķirība starp AUV un UUV ir tāda, ka AUV nav nepieciešama komunikācija uzdevuma laikā, kamēr UUV nepieciešami dažādi komunikācijas līmeņi, lai pabeigtu savu uzdevumu. [3]

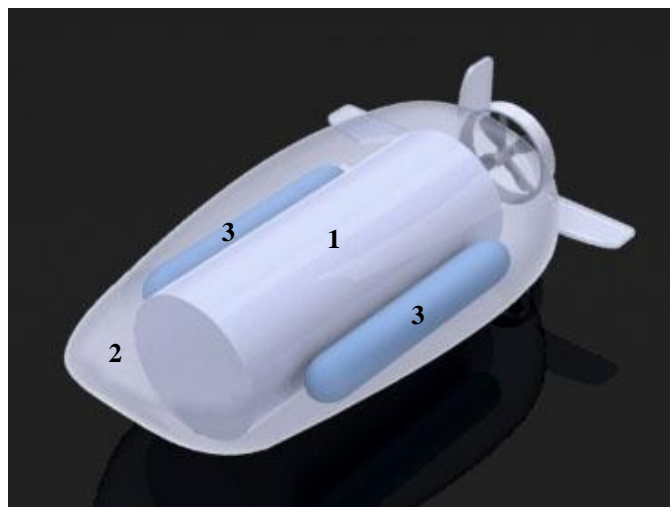
Autoru projektētais bezpilota zemūdens aparāts būs sākotnēji paredzēts šādiem mērķiem:

1. veikt kuģu korpusa zemūdens daļas apskati un filmēšanu atbilstoši Klasifikācijas sabiedrību prasībām;
2. veikt ostas akvatorijas zemūdens grunts un piestātnes zemūdens daļas filmēšanu un apskati;
3. veikt citas zemūdens objektu, piemēram, kabeļu un cauruļvadu apskati un filmēšanu.

II. ZEMŪDENS APARĀTA KONSTRUKCIJA

Pēc korpusa konstrukcijas zemūdens aparātus iedala līdzīgi kā zemūdens kuģus – tiem varbūt viens, pusotra vai dubults korpusi. Tādiem zemūdens aparātiem, kas paredzēti darbam lielos dziļumos, korpusam ir jābūt noteiktai stiprībai.

Stiprības korpusi – ir zemūdens aparāta ūdens necaurlaidīgā daļa, kas var izturēt aizborta ūdens spiedienu, kas atbilst lielākajam darba dziļumam (sk. 1.attēlu). Stiprības korpusā tiks ievietotas visas darbam nepieciešamās tālvadības iekārtas, navigācijas vadības sistēmas (t.sk. autopilota iekārta), barošanas bloks utt. Iegrīšanas procesā stiprības korpusi tiek pakļauts ievērojamam aizborta ūdens spiedienam.



1.att. Projektējamā zemūdens aparāta skice: 1 – stiprības korpusi; 2 – vieglais korpusi; 3 – balasta cisternas

Stiprības korpuss šķersgriezumā ir izvēlēts aplis – šādas formas konstrukcija vislabāk atbilst ūdens pretestībai dziļumā. Zemūdens aparāta stiprības korpuss sastāvēs no apšuves un saistiem. Apšuvums ir stiprības korpusa čaula un tiks izgatavota no alumīnija plāksnēm, kuru biezums būs atkarīgs no stiprības korpusa diametra un iegrimšanas dziļuma. Stiprības korpusa saisti būs brangas, kas kalpos stiprības korpusa apšuvuma izturībai, padarot to pietiekami cietu un stipru. Brangas tiks izveidotas pusapļu veidā, kas savā starpā tiks sametinātas.

Lai palielinātu zemūdens aparāta nenogremdējamību, to plānots atdalīt ar ūdensnecaurlaidīgām starpsienām. Taču pie sākotnēji izvirzītā mērķa tas nebūs nepieciešams, jo zemūdens aparāts būs neliels un piemērots dziļumiem līdz 20 m.

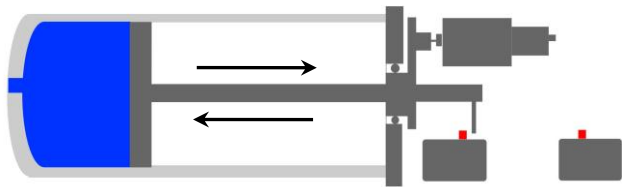
Gala starpsienas, kas norobežo stiprības korpusu tiek aprēķinātas atkarībā no aizborta ūdens spiediena.

Zemūdens aparāts tiek plānots dubultkorpusa, t.i. stiprības korpusu pilnīgi apņem vieglais korpuss.

Vieglais korpuss kalpo, lai nodrošinātu plānojamam zemūdens aparātam visas nepieciešamās jūrasspējas, kā arī, lai izvietotu tajā balasta cisternas. Vieglais korpusa sastāv no priekšgala un pakaļgala daļām un ārējā korpusa. Ārējā korpusa necaurlaidīgajā daļā tiks izvietotas galvenās balasta cisternas. Vieglā korpusa saisti ir cietais karkass, kas sastāvēs no brangām un šķērseniskām necaurlaidīgām starpsienām. Vieglā korpusa apšuvums tiek aprēķināts tādi stiprībai, lai izturētu viļņu sitienus un garantēta cisternu hermētiskumu.

Stiprības korpusa apakšējā daļā atrodas ķīlis, kas sasaista stiprības korpusu ar vieglo korpusu. Tāpat tas pasargā korpusu no bojājumiem, zemūdens aparātam nosēžoties uz grunts. Vieglā korpusa augšējā daļā tiks ievēidoti špigati, caur kuriem vieglā korpusa ūdens caurlaidīgā daļa brīvi piepildīsies ar ūdeni pie iegrimšanas un iztukšosies pie pacelšanās. Priekšgala ūdens caurlaidīgā daļa sākas ar forštēviņu, bet pakaļgala - beidzas ar ahterštēviņu. Pakaļgalā tiek izvietotas zemūdens aparāta dzenvārpsta, dzenskrūve un stūre.

Zemūdens aparāta balasta cisternas - starp stiprības un vieglo korpusu tiks izvietotas galvenā balasta cisternas, kas tiks atdalītas ar ūdens necaurlaidīgām starpsienām. Lai palielinātu zemūdens aparāta svaru, iegrimšanas procesā ar virzuļa kustības palīdzību cisternās tiks uzņemts ūdens (sk. 2.attēlu). Šo sistēmu pārvalda elektroniskie releji, kas ļauj precīzi kontrolēt zemūdens aparāta pārvietošanos.[2]



2.att. Virzuļa balasta tilpnes shēma [2]

Viršūdens stāvoklī zemūdens aparātam ir noteikta ūdenslīnija. Par ūdenslīniju sauc nekustīgu ūdens līniju uz zemūdens aparāta korpusa. Tā ūdenslīnija, kas atbilst korpusam pilnā kravā (ar visām nepieciešamām ierīcēm uz borta), tiek saukta par kravas ūdenslīniju. Taču zemūdens aparātam ne vienmēr būs noteikts kravas daudzums. Tas var būt atkarīgs no nepieciešamām iekārtām veicamajam darbam,

tāpēc jebkuram iekraušanas gadījumam būs noteikta ūdenslīnija. Zemūdens aparāts varēs atrasties dažādos stāvokļos – gan virs ūdens, gan zem ūdens.

Viršūdens stāvoklis – tas ir stāvoklis, kad visas balasta cisternas ir tukšas (izpūstas ar gaisu).

Zemūdens stāvoklis – aparāta stāvoklis, kad visas balasta cisternas ir aizpildītas ar aizborta ūdeni.

Zemūdens aparāta veiksmīgai darbībai dziļumi ir jāiedala sekojošās kategorijās:

- Dziļums līdz 0,50 m – dziļums no kāda, zemūdens aparāts varēs veikt novērošanu virs ūdens, būs iespējams izmantot radio vadāmības principus.
- Drošs iegrimšanas dziļums 20-25 m – pie pārvietošanās uz attāliem posmiem šis ir minimālais dziļums, lai izvairītos no sadursmēm ar jūras kuģiem.
- Galējais dziļums – lielākais dziļums, kādā zemūdens aparāts varēs atrasties ilgstoši bez paliekošām korpusa deformācijām;
- Darba dziļums (parasti 70-90%) no galējā dziļuma – lielākais dziļums, kādā zemūdens aparāts varēs strādāt ilgstoši.
- Iegrimšanas aprēķina dziļums – lielākais dziļums, kādā aprēķina (pie projektēšanas) zemūdens aparāta stiprības korpusu ņemot vērā stiprības rezervi.

Autoru projektējamais zemūdens aparāts paredzēts izmēģinājumiem Rīgas ostā, tāpēc augstākminētie dziļumi shematiski parādīti 3. attēlā, ietverot reālos dziļumus.

Dziļums novērošanai virs ūdens	0,5 m
	10 m
	15 m
	20 m
Drošs iegrimšanas dziļums - Darba dziļums	25 m
Iegrimšanas aprēķina dziļums	30 m
Galējais dziļums	30 m

3.att. Zemūdens aparāta darbības dziļumi

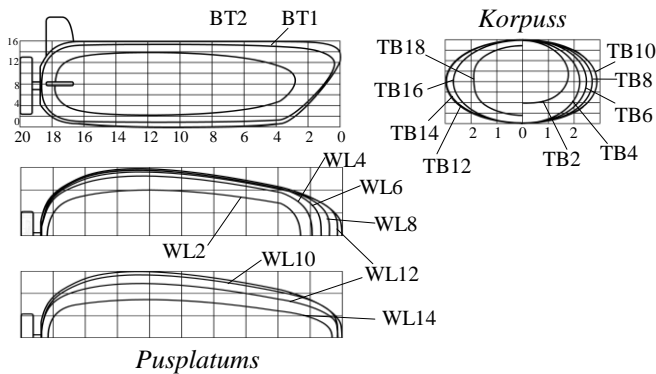
III. GALVENIE ZEMŪDENS APARĀTA TEORĒTISKIE LIELUMI

Nepieciešams izpētīt projektējamā aparāta jūras spējas, uzturoties peldus viršūdens stāvoklī, iegrimšanas procesā, jūrasspēju atkarību no zemūdens aparāta būvēšanas elementiem (t.i. zemūdens aparāta masas, lineāriem izmēriem, korpusa aptecētājiem, kravu izvietojuma), sakarību starp jūrasspējām un to aprēķinu metodēm, kā arī jūrasspēju saglabāšanas metodes ekspluatācijas laikā.

Galveno iespaidu uz zemūdens aparāta jūras spējām rada ārējā korpusa izmēri un forma (aptecētāji).

Zemūdens aparāta teorētiskajam rasējumam ir sarežģīta ģeometriskā virsma ar dažāda izmēra līknēm, kas mainās garumā, platumā, augstumā, tas nevar tikt attēlots izmantojot

analītiskās atkarības. Vienīgais veids, kā var noteikt zemūdens aparāta korpusa formu ir tā grafisks attēlojums – teorētiskais rasējums (sk. 4.attēlu). Tas paredzēts uzskatāmai korpusa formu attēlošanai, jūrasspēju aprēķināšanai, projekta rasējumu izstrādei, izmantošanai būvēšanas laikā (pareizai marķēšanai, korpusa montēšanas kontrolei u.c.) un ekspluatācijas procesā.

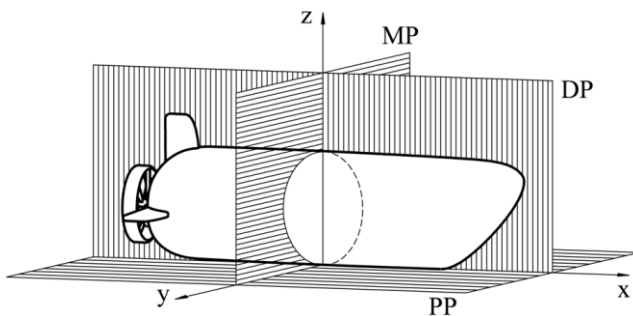


4.att. Teorētiskais rasējums

Teorētiskais rasējums ir grafisks zemūdens aparāta attēlojums projekcijās uz trim savstarpēji perpendikulārām plaknēm, kas tiek sauktas par teorētiskā rasējuma galvenajām plaknēm (sk. 5.attēlu). [4]

Galvenās teorētiskā rasējuma plaknes ir:

- *diametrālā plakne* (DP) – zemūdens aparāta garenvirziena simetrijas plakne;
- *midelbrangas plakne* (MP) – plakne, kas iet cauri ūdensnecaurlaidīgā korpusa vidusdaļai perpendikulāri diametrālajai plaknei un paralēli brangu plaknēm;
- *amatplakne* (PP) – plakne, kas perpendikulāra diametrālajai plaknei, midelbrangas plaknei un kas iet cauri zemūdens aparāta zemākiem teorētiskā korpusa virsmas punktiem.



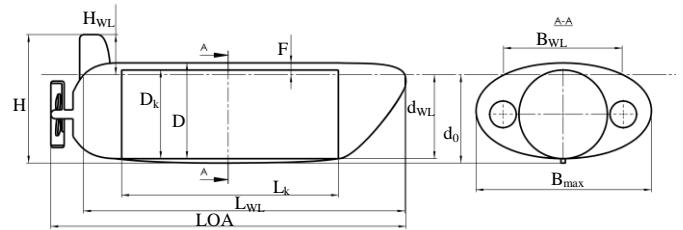
5.att. Galvenās teorētiskā rasējuma plaknes

Galveno plakņu krustošanās līnijas ir koordinātu asis, kas saistītas ar projektējamo zemūdens aparātu.

Zemūdens aparāta korpusa virsmas krustošanās līknes ar plaknēm, kas paralēlas DP, sauc par batoksiem (BT). Līknes, kas rodas korpusa virsmai krustojoties ar PP, tiek sauktas par teorētiskām vaterlīnijām (WT). Savukārt līknes, kas rodas korpusa virsmai krustojoties ar MP, sauc par teorētiskām brangām (TB).

Teorētisko batoksu projekciju kopums tiek saukts par sānu, teorētisko vaterlīniju – par platumu, teorētisko brangu – par

korpusu. Autoru projektējamā zemūdens aparāta skīču teorētiskais rasējums parādīts 4.attēlā.



6.att. Galvenie zemūdens aparāta izmēri

Galvenie zemūdens aparāta izmēri ir tā izmēri garumā, platumā un augstumā (sk. 6.attēlu):

- LOA – lielākais garums – attālums starp galējiem zemūdens aparāta priekšgala un pakaļgala punktiem ($LOA = 800\text{mm}$);
- L_k – stiprības korpusa garums – attālums starp stiprības korpusa gala starpsienām ($L_k = 500\text{mm}$);
- L_{WL} – garums pa kravas ūdenslīniju ($L_{WL} = 725\text{mm}$);
- D_k - stiprības korpusa lielākais diametrs ($D_k = 200\text{mm}$);
- B_{max} – lielākais platumā – attālums starp galējiem ārējā korpusa virsmas punktiem platumā ($B_{max} = 400\text{mm}$);
- B_{WL} – platumā pa kravas ūdenslīniju ($B_{WL} = 270\text{mm}$);
- H – pilnais zemūdens aparāta augstums – attālums no zemūdens aparāta korpusa zemākā galējā punkta līdz augšējam galējam punktam ($H = 290\text{mm}$);
- H_{WL} – zemūdens aparāta augstums pa ūdenslīniju – attālums no ūdenslīnijas līdz augšējam galējam punktam ($H_{WL} = 90\text{mm}$);
- D – ārējā korpusa augstums jeb borta augstums ($D = 216\text{mm}$);
- F – virsūdens borta augstums ($F = 27\text{mm}$);
- d_{WL} – iedziļinājums, kas tiek mērīts no amatplaknes līdz ūdenslīnijai. Izdala iegrimi priekšgalā d_f un iegrimi pakaļgalā d_a ($d_{WL} = 189\text{mm}$);
- d_0 – iegrimē, tāpat kā iedziļinājums, taču tiek mērīts nevis no amatplaknes, bet gan no paša zemākā korpusa punkta, ņemot vērā ķīli ($d_0 = 199\text{mm}$).

$LOA, B_{max}, B_{WL}, H, H_{WL}, D_{WL}$ ir zemūdens aparāta galvenie gabarītu izmēri.

IV. ZEMŪDENS APARĀTA PELDAMĪBA

Par *zemūdens aparāta peldamību* sauc tā spēju atrasties virs ūdens peldus stāvoklī pie noteiktas ūdenslīnijas, esot piekrautam ar nepieciešamām iekārtām, atkarībā no risināmo uzdevumu rakstura.

Uz zemūdens aparātu, kas brīvi peldo šķērmenī, tāpat kā uz jebkuru brīvi peldošu ķermeni, iedarbojas smaguma un arhimēda spēks.

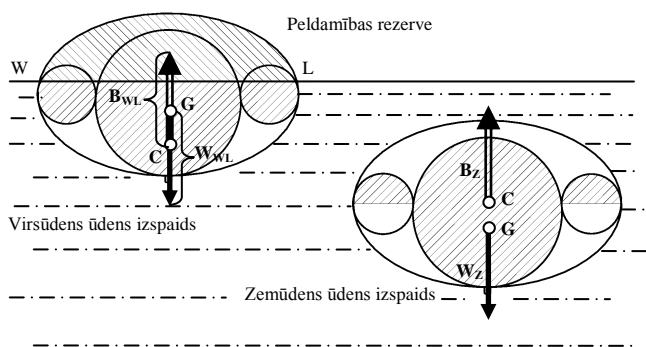
Smaguma spēks W – spēks, ar kuru zemūdens aparāts tiek pievilktis pie zemes. To sastāda atsevišķu zemūdens aparāta daļu un aprīkojuma smaguma spēki.

$$W = m \cdot g, \quad (1)$$

kur

V_Z - zemūdens ūdens izspaidis, m^3 ;

V_{WL} - virsūdens ūdens izspaidis, m^3



10.att. Zemūdens aparāta peldamība

Peldamības rezerve mainās izejot no zemūdens aparāta stāvokļa. To var izteikt procentos:

$$\text{Peldamības rezerve} = \frac{V_Z - V_{WL}}{V_{WL}} \cdot 100\% \quad (5)$$

Peldamības rezerve nodrošina zemūdens aparātam iegrimšanu, pacelšanos, nenogremdējamību un jūrasspējas virsūdens stāvokli. Apskatāmajam zemūdens aparātam nenogremdējamības nodrošināšanai autori nosaka minimālo peldamības rezervi no 11% līdz 35% no virsūdens ūdensizspaida.

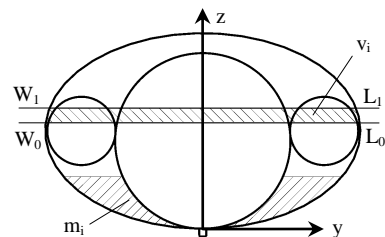
VII. IEGRIMŠANA UN PACELŠANĀS

Zemūdens aparāta iegrimšana ir pāreja no virsūdens stāvokļa zemūdens stāvoklī, kā arī pāreja no mazāka iegrimšanas dziļuma uz lielāku.

Zemūdens apjomu, kas tiek aizpildīti ar ūdeni, ievērošana, lai noteiktu zemūdens aparāta peldamības un smaguma spēkus, var tikt veikta izmantojot divas metodes. Pēc pirmās metodes (kravas pieņemšanas metode) ar ūdeni aizpildāmais apjoms v_i tiek apskatīts, kā zemūdens aparāta zemūdens tilpuma V daļa, ūdens šajā apjomā – kā zemūdens aparāta krava ($w_i = \rho \cdot g \cdot v_i = \gamma \cdot v_i$).

Pēc otras metodes (izslēgšanas metodes) ar ūdeni aizpildītais zemūdens apjoms tiek izslēgts no zemūdens aparāta zemūdens apjoma V , ūdens (kā krava $w_i = \gamma \cdot v_i$) tiek izslēgts no zemūdens aparāta svara.

Attiecībā uz zemūdens aparāta ūdens caurlaidīgām korpusa daļām, autori izmantos izslēgšanas metodi, kā tas pieņemts kuģu teorijas statikā. Taču balasta cisternu ūdens tiks ievērots izmantojot kravas pieņemšanas metodi.



11.att. Zemūdens aparāta peldspēja

Apskatīsim iegrimšanas procesu ievērojot kravas un apjomus pēc kravas pieņemšanas metodes. Ja zemūdens aparāta, kas iegrimis līdz ūdenslīnijai W_0L_0 (sk. 11.attēlu) balasta cisternas tiek piepildītas ar nelielu ūdens daudzumu (krava m_i), tad zemūdens aparāta kopējais smaguma spēks būs:

$$W + w_i = (m + m_i) \cdot g \quad (6)$$

Sekojoši tas iegrimis līdz ūdenslīnijai W_1L_1 . Pie peldošā (iegrimušā) zemūdens aparāta apjoma V pienāks klāt papildus apjoms v_i , kas atrodas starp ūdenslīnijām W_0L_0 un W_1L_1 . No teorijas izriet, ka peldamības vienādojums pēc neliela ūdens daudzuma pieņemšanas balasta cisternā izskatās šādi [4]:

$$B_i = W + w_i = (m + m_i) \cdot g = (V + v_i) \cdot \rho \cdot g \quad (7)$$

Turpinot balasta ūdens pieņemšanu, zemūdens aparāts sāk iegrimt. Kad tas ir iegrimis pilnīgi, peldamība rezerve tiks dzēsta. Peldamības rezerve zemūdens aparātam esot zem ūdens, ir vienāds ar nulli.

Jāpiebilst, ka autori zemūdens aparāta konstruēšanas laikā apskatīs arī tā iespēju atrasties iegrimušā stāvoklī zem ūdens arī ar pozitīvu peldamības rezervi, panākot to ar tā dzinekļiem. Taču, turpinot klasisko iegrimšanas metodes apskati, tiks ievērota vienādība, ka $V_{Balasta} = V_{Rez}$, zemūdens aparātam esot virsūdens stāvoklī. Tādēļ, lai zemūdens aparāts iegrimtu vienādojums izskatās šādi [4]:

$$\begin{aligned} B_Z = W_Z &= \rho \cdot g \cdot V_Z = \gamma \cdot (V_{WL} + V_{Balasta}) \\ &= \gamma \cdot (V_{WL} + V_{Rez}) \end{aligned} \quad (8)$$

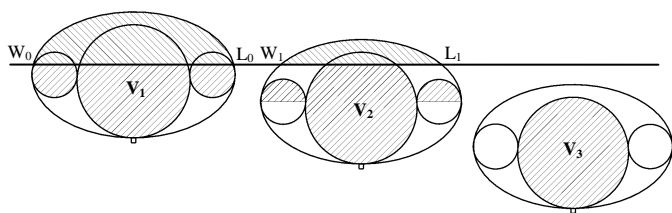
Pēc izslēgšanas metodes, tā apjoma daļa, kurā uzņem ūdeni, tiek izslēgta no kopēja zemūdens aparāta apjoma, taču uz tādu pašu lielumu pie zemūdens apjoma pienāk papildus apjoms v_i , kas atrodas starp ūdenslīnijām W_0L_0 un W_1L_1 .

Tādā veidā iegrimšanas laikā zemūdens aparāta iegrimušais apjoms ir viens un tas pats, mainās tikai tā forma. Teorijā pieņem, ka aizpildītie apjomi atkrīt, bet vietā nāk viss zemūdens aparāta ūdens necaurlaidīgais apjoms, kas atrodas virs ūdenslīnijas.

Zemūdens stāvoklī peldošais apjoms ir vienāds tikai ar stiprības korpusa ar izbīdījumiem apjomu, savukārt balasta cisternas jau ir zemūdens aparāta caurlaidīgais apjoms.

Attēlā redzams, ka visos trīs zemūdens aparāta stāvokļos: virsūdens, ar daļēji piepildītām balasta cisternām un zemūdens

– iegremdējamā apjoma lielums ir nemainīgs, mainās tikai iegremdējamā apjoma forma ($V_1 = V_2 = V_3$). Tas paliek vienāds ar zemūdens aparāta virsūdens ūdens izspaidu V_{WL} (sk. 12.attēlu).



12.att. Zemūdens aparāta peldspēja

Zemūdens aparāta pacelšanās – pāreja no zemūdens stāvokļa virsūdens stāvoklī, vai no lielāka dziļuma mazākā. Lai zemūdens aparāts paceltos, paredzams izspiest ūdeni no balasta cisternām izmantojot tajās esošos mehānismus (sk. 2.attēlu)

VIII. SECINĀJUMI

Darba ietvaros tika veikta zemūdens aparātu veidu analīze atbilstoši funkcijām un pielietojumam, tika noteiktas to kategorijas. Saskaņā ar zemūdens aparātu funkcionāliem mērķiem tika noteikti autoru projektējamā bezpilota zemūdens aparāta uzdevumi: veikt kuģa korpusa zemūdens daļas un ostas akvatorijas zemūdens daļas apskati un filmēšanu un citu zemūdens objektu inspekciju.

Zemūdens aparātam, lai efektīvi veiktu savu funkciju pildīšanu, ir jāpiemīt pilnīgi noteiktām raksturīpašībām. Galvenie faktori, kuri ļauj projektētājiem paredzēt zemūdens aparāta kustību dažādos jūras apstākļos un maksimāli droši un ekonomiski izmantot to, ir peldamība, noturība, vadāmība, pretestība viļņošanai.

Ņemot vērā pasaules tendences, autori atbilstoši valstī izvirzītajam prioritārajam zinātnes virzienam „Inovātīvie materiāli un tehnoloģijas” uzsāk pētījumu zemūdens aparāta projektēšanā un izstrādē kuģu zemūdens apskates problēmu risināšanai.

LITERATŪRAS SARAKSTS

1. **Blidberg D. Richard**, The Development of Autonomous Underwater vehicles (AUV); A Brief Summary Autonomous Undersea Systems Institute, Lee New Hampshire, USA, AUSI, ICRA, Seoul, Korea, May 2001, p.1-6
2. **Mohd Helmi Bin Adenan**, Ballast tank for remotely operated underwater vehicle (ROV), University Technology Malaysia, May 2011

Кристине Царева, Илмарс Озолс, Владислав Завткевич, Александр Урбах. Анализ конструктивных особенностей и плавучести подводного аппарата.

Цель работы заключается в проведении подробного анализа плавучести и конструктивных особенностей подводного аппарата и подготовке предложений по его конструкции. Для достижения цели использованы различные методы анализа: анализ существующих проектов, анализ теории плавучести подводного аппарата, анализ предыдущих исследований, исследования объемаемости формы тела и прочности. В работе изучена конструкция подводного аппарата и разработаны рекомендации по проектированию и конструированию, даны предложения по использованию балластных танков. Для эффективного использования подводного аппарата глубины были разделены на категории. При проведении исследования на основе анализа и предыдущего опыта конструкции подводного аппарата были разработаны основные его теоретические размеры. Также в процессе анализа были рассмотрены возможности подводного аппарата находиться на плаву, погружаться и всплывать. Категории подводных аппаратов выделены на основе анализа предыдущих мировых достижений в развитии подводного аппарата. В процессе работы определены задачи проектируемого подводного аппарата: осмотр подводной части судна, осмотр грунта и других подводных объектов акватории пора используя фото и видео съемку. Для выполнения своих задач, подводный аппарат должен обладать определенными характеристиками. Главными факторами, позволяющими определить поведение подводного аппарата в различных морских условиях, максимально безопасно и экономически эффективно его использовать, являются плавучесть, остойчивость, управляемость и сопротивление качке. Обращая внимание на вышерассмотренный анализ плавучести и конструктивных особенностей подводного аппарата на фоне мировых тенденций, авторы в соответствии с выдвинутыми

3. **Qiang Chen. and Jianbo Liu.** Analysis of Shape and General Arrangement for a UUV. J. Marine Sci. Appl. (2011) 10: p. 121-126
4. **Большаков Ю.И.** Элементарная теория подводной лодки, Военное издательство министерства обороны СССР, 1977, 15-17 стр.



Kristine Carjova in a 2006 graduated the Latvian Maritime Academy as engineer - ship's navigator. From 2004-2007 experience as Merchant vessel navigator. From 2009 till present time captain on ASD tugboat in AS „PKL Flote”. In 2010 she had postgraduated Masters course and has been awarded the Professional Mr in Marine Transportation-M.Dipl.ing. From August 2011 she is working as Lecturer in LMA on course “Ship” Theory. From September 2011 till present full time doctoral studies in Institute of Transport Vehicles Technologies of the Riga Technical University. Her field of scientific interest includes: Unmanned underwater vehicles, Ships cargo handling and stowage procedures; Marine Environment protection, Ship’ Theory.



Ilmars Ozols is a 2009 undergraduate of the Faculty of Transport and Mechanical Engineering of the Riga Technical University. Since 2011 he has been taking a part in the ERAF project “Unmanned aircraft complex development and aircraft industrial prototype creation for Latvian economy development purposes”. His field of scientific interest includes: 3D modeling, CAD/CAM Technologies, Unmanned aerial and underwater vehicles.

Vladislavs Žavtkevičs in a 2004 graduated the Latvian Maritime Academy as engineer - ship's navigator. From 2000-2005 experience as Merchant vessel navigator. From 2005 till present time captain on Latvian Border guard patrol ship. In 2010 she had postgraduated Masters course and has been awarded the Professional Mr in Marine Transportation-M.Dipl.ing. From August 2009 he is working as Lecturer in LMA on course “Cargo transportation technologies”. His field of scientific interest includes: Unmanned underwater vehicles, Ships cargo handling and stowage procedures; Marine Environment protection, Ship’ Theory.

Alexander Urbach is a 1981 undergraduate of the Faculty of Mechanical Engineering Riga Civil Aviation Engineering Institute and has been awarded the Dr.sc.ing. degree by the same faculty in 1986. In 1997 he was awarded the Dr.habil.sc.ing. degree by the Riga Aviation University. In 1989-1999 he is a Vice Dean and Dean at the Faculty of Mechanical Engineering of Riga Aviation University. Since 1999 he is a full time professor and Director at the Institute of Transport Vehicles Technologies of the Riga Technical University. His field of scientific interest includes: Mechanical Engineering; Transport; Unmanned Land/Sea/Air Vehicles; Science of Aviation Materials; Aircraft Construction Mechanics; Structural Materials Processing – Surface Protection Technologies; Diagnostics of Machinery; Logistics and Transport Systems.

государственными приоритетами в развитии науки – инновационные материалы и технологии расширяют исследование в РТУ, образуя новые средства для быстрого и качественного осмотра подводной части корпуса судна и акватории порта.

Kristīne Carjova, Ilmārs Ozols, Vladislavs Zavtkevičs, Aleksandrs Urbahs. Analysis of buoyancy and design features of the underwater vehicle.

The purpose of this work is to conduct a detailed analysis of buoyancy and design features of the underwater vehicle and to prepare proposals for its construction. To achieve the goal different methods of analysis were used: analysis of existing projects, analysis of the underwater vehicle theory of buoyancy, analysis of previous research studies on streamlining of body shape and strength. In this paper authors studied the structure of the underwater vehicle and developed recommendations for the design and construction, suggestions for ballast tanks use. For the efficient use of the underwater vehicle, depths were divided into categories. The study, based on analysis and previous experience of the underwater vehicles, were developed basic theoretical dimensions. Also in the analysis explored the underwater vehicle is a float, submerging and surfacing. Categories of the underwater vehicles allocated on the basis of previous analysis of world achievements in the development of underwater vehicle. Main objectives of designed underwater vehicle are inspection of underwater parts of ship hull, inspection of soil and other underwater objects in port using photo and video techniques. To achieve its mission, the underwater vehicle must possess certain characteristics. The main factor to determine the behavior of the underwater vehicle in a variety of sea conditions, are buoyancy, stability, maneuvering and rolling resistance. Considering the analysis of buoyancy and structural features of the underwater vehicle the tendency around the world, the Authors according to the prior direction of states science development – Innovative materials and technologies start the research on designing underwater vehicle for ship underwater hull survey.