

**АНАЛИЗ НА ВЪЗМОЖНОСТИТЕ ЗА НАМАЛЯВЕНЕ
НА СЪПРОТИВЛЕНИЕТО НА ВОДАТА ПРИ ДВИЖЕНИЕ НА КОРАБИТЕ ЧРЕЗ
ИЗПОЛЗВАНЕ НА „ВЪЗДУШНА СМАЗКА”**

Чавдар Орманов

Технически университет – Варна, ул. Студентска №1, гр. Варна, 9010, България,

e-mail: chormanov@tu-varna.bg

Анотация: В анализа се разглеждат постиженията на различните изследователски центрове и отделни, водещи корабостроителни фирми, които провеждат проучвания в областта на намаляване на съпротивлението на движението на водоизместващите кораби. Един от използваните методи е чрез създаване на въздушен слой между корпуса на кораба и водата, който е богат наситен с въздушни мехурчета, което способства за намаляване на буксировъчното съпротивление на корпуса на кораба. В литературата този процес е известен, като „въздушна смазка”. Чрез намаляване на буксировъчното съпротивление може да бъде постигнато намаляване на необходимата мощност на енергетичната уредба на кораба, при запазване на същите параметри на движение. От друга страна това ще способства за намаляване на вредните емисии в атмосферата, което е един от важните екологични проблеми понастоящем.

Ключови думи: *буксировъчно съпротивление на кораба, проектиране на кораби, намаляване на вредните емисии от корабите, опазване на морската околна среда, „въздушна смазка”.*

**ANALYSIS OF OPPORTUNITIES FOR
WATER RESISTANCE REDUCTION IN SHIP’S MOVEMENT BY USING “AIR
LUBRICANT”**

Technical University - Varna, ul. Student №1, g . Varna 9010 , Bulgaria,

e-mail: chormanov@tu-varna.bg

Abstract: The analysis considers the achievements of the various research centers and individual leading shipbuilding companies that conduct research in reducing the resistance movement of mono-hull ships. One of the methods creates the layer between the hull and the water layer which is richly saturated with air bubbles thus contributing to reduction of the towing resistance of the hull. In the literature this process is known as "air-lubrication". By decreasing the towing resistance reduction of the required capacity of the energy system of the ship is achieved while maintaining the same motion parameters. On the other hand this will help to reduce harmful emissions into the atmosphere which is presently one of the important environmental issues.

Keywords: *towing resistance of the ship, ship design , reducing harmful emissions from ships , protection of the environment morsskata " air lubrication " .*

Увод

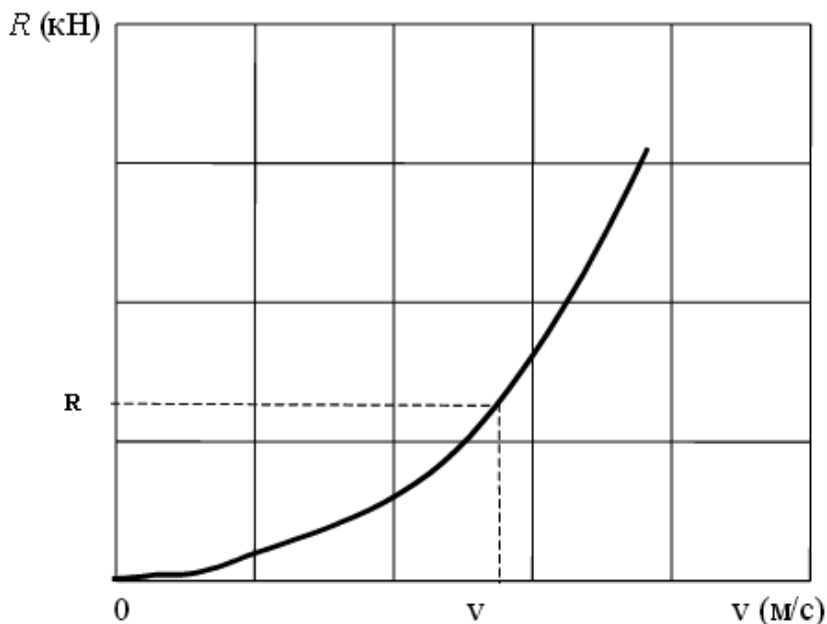
Основна цел на настоящия анализ е да се оценят, въз основа на извършени и публикувани изследвания, възможностите за намаляване на буксировъчното съпротивление на движението на водоизместващите кораби, при съхраняване или намаляване на разходите за гориво и постигане на същите скоростни характеристики, или непосредствено намаляване на вредните емисии, при запазване на експлоатационните характеристики на търговските кораби.

И двете задачи носят значителен икономически и екологичен ефект. В случай на икономически ефект корабособствениците ще се възползват от предимствата без да опонират на технологичните новости, докато ако се постига само екологичен ефект, то въвеждането на новите технологии е съпроводено със значителна съпротива от страна както на корабособствениците, така и екипажите, експлоатиращи корабите.

Анализ.

Основна пречка за нарастване на скоростта на движение на корабите е рязкото повишаване на буксировъчното съпротивление на водата при повишаване на скоростта на корабите.

Особено рязко нараства съпротивлението на водата при преминаване на потоците, обтичащи корпуса на кораба от ламинарни в турбулентни. Тогава е необходимо да нараства мощността на енергетичната уредба за да се преодолее съпротивлението на водата, което нараства спрямо нарастването на скоростта на кораба по квадратичен закон.

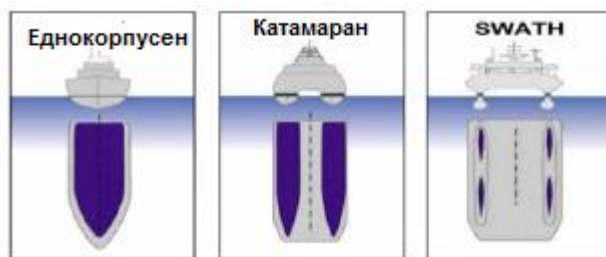


Фиг.1 Крива на нарастването на съпротивлението на водата в зависимост от нарастване на скоростта на кораба.

Още от края на XIX век корабните инженери са провеждали редица изследвания в областта на намаляване на съпротивлението на водата на движението на корабите, като по този начин са се стремили да постигнат по-големи скорости на корабите.

Изследванията са се провеждали в различни насоки, започвайки от оптимизация на корпуса на кораба, намиране на различни способности за намаляване на триенето на корпуса на кораба и водата и др.

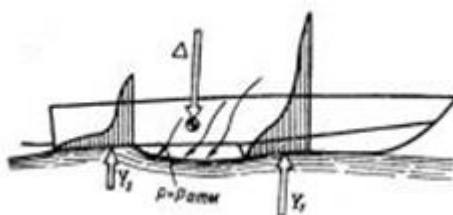
Един от методите се отнася до намаляване на триенето на корпуса на кораба чрез намаляване на площта на водолинията на кораба, която контактува непосредствено с водата.



Фиг.2. Способи за намаляване на площта на водолинията на корабите.

Научните изследвания се активизират особено във втората половина на XX век и началото на XXI век. Причина за това са не само стремежът за повишаване на скоростта на плавателните средства, но и постигане на значително намаляване на вредните емисии на главните енергетични уредби на корабите.

Изследванията се извършват в две посоки. Едната е свързана с възможността да се постигнат големи скорости на малките водоизместващи кораби, което е свързано със задачите, които се поставят пред военните кораби и катери, а в същото време и пред яхтите за развлечения. В конкретния случай необходимостта от намаляване на съпротивлението е свързано с необходимостта да се постигне максимална възможна скорост при дадени размери и мощност. Бързоходните катери се строят с редан, който създава въздушна каверна зад редана, което намалява площта на намокрената повърхност (Фиг. 3.)



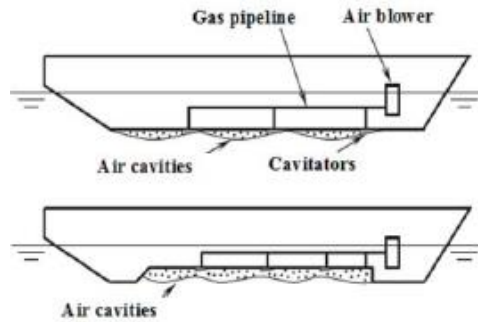
Фиг.3. Разпределение на силите при наличие на редан.

Другата насока на научните изследвания се отнася до голямотонажните кораби, където задачата е да се намалят вредните емисии във въздуха от главните енергетични уредби, а в същото време да се запазят основните скоростни характеристики на корабите, превозващи стоки.



Фиг.4. „Въздушно смазване” на корпусите на корабите.

Направен е анализ на проучвания, извършени от редица изследователски центрове в различни страни, посветени на намаляването на съпротивлението на движение на корпусите на корабите, чрез използване на „въздушно смазване” на корпусите на корабите.



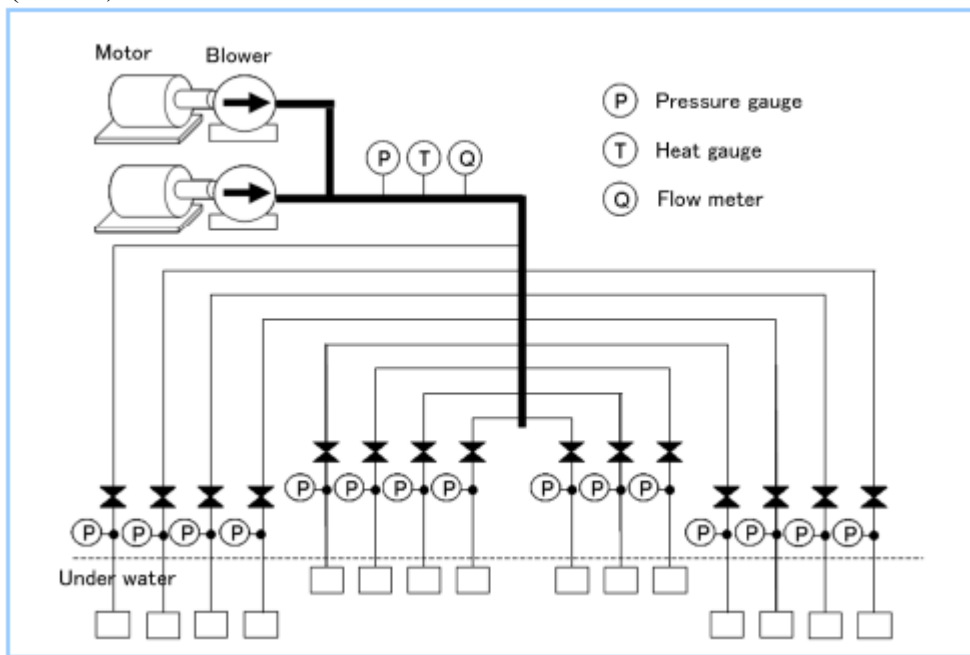
Фиг.5. Подаване на въздух в подкорпусното пространство.

Проучени са 25 публикации, 2 автореферата на докторски дисертации и 3 патента. В споменатите публикации са реферирани 647 труда, свързани с проучванията по споменатия проблем.

В някои от статиите се посочва, че ефективността при използване на системите за „въздушна смазка” при речното корабоплаване, особено що се касае за големите речни кораби е малкоефективна, и поради тази причина след провеждане на експериментите системата за създаване на „въздушната смазка” е изключена.

В същото време се разработват и най-различни схеми за подаване на въздух в подкорпусното пространство.

Една от споменатите схеми е свързана с подаване на сгъстен въздух от специални компресори, при което се създава водо-въздушна смес, която омива корпуса на кораба.(Фиг.6.)



Фиг.6. Система за подаване на въздух в подкорпусното пространство.

Този способ значително усложнява конструкцията на корпуса на кораба, поради необходимостта да се прекарват допълнителни тръбопроводи, да се монтира допълнителен въздушен компресор и по същество да се изгражда още една корабна система.

В една от публикациите е представена таблица на намаляване на разхода на енергия в

зависимост от дебелината на водо-въздушната „смазка”, и тя е достатъчно показателна:

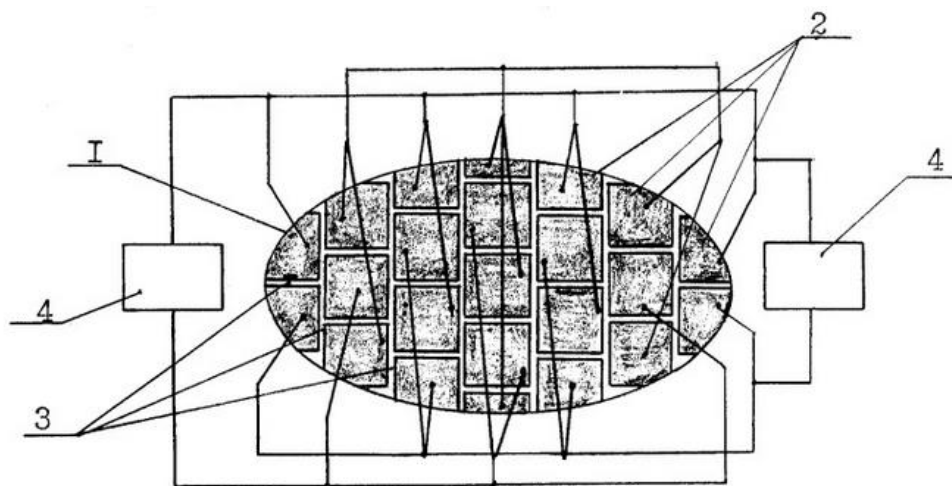
A comparison of the energy-saving effects from several tests by air lubrication method

| | Horsepower reduction | Blower electric power consumption | Net energy-saving effect |
|------|----------------------|-----------------------------------|--------------------------|
| 7 mm | 680 kW | 211 kW | 469 kW (12%) |
| 5 mm | 530 kW | 143 kW | 387 kW (10%) |
| 3 mm | 380 kW | 72 kW | 308 kW (8%) |

Във всички случаи изграждането на подобни системи на корабите води до допълнителни капиталовложения за корабособствениците.

Има разработени системи, които генерират „въздушната смазка” чрез подаване на електричество към специално разположени по корпуса на кораба електроди, и в зависимост от скоростта на кораба, чрез регулиране на тока в системата се управлява интензивността на газоотделянето, а от там и дебелината на водо-въздушния слой .(Фиг. 7.)

Методът за намаляване на повърхностното триене по време на движение на тялото във вода, който се състои в създаването на електрическо поле в граничния слой около повърхността на тялото, характеризира се с това, че на повърхността на тялото са създадени проводящи части, разделени от изолатор, и се прилага към тях напрежение, чиято стойност е достатъчна за разлагане на водата (вид газов слой), полярността на приложеното напрежение и промяната на неговата стойност, в зависимост от скоростта на движението на тялото по отношение на вода и енергията за управление на генерирания газов плъзгащ слой.



- Където: 1 – Корпус на кораба;
 2 – Проводящи части;
 3 – Изолация, между проводящите части;
 4 – Генератори.

Фиг. 7. Система за генериране на въздух по пътя на електролизата.

Резултатите от проучванията могат да бъдат представени в таблица, която следва по-долу:

Science & Technologies

| Способ на създаване на въздушната смазка | Държава (фирма) извършваща проучването | Намаляване на съпротивлението на водата по изчисления | Постигнат моделен резултат | Постигнат реален резултат | Намаляване на мощността на ГЕУ | Мощност необходима за подаване на въздуха | Забележки |
|--|--|---|----------------------------|---------------------------|--|---|-----------|
| Подаване на въздух под корпуса на кораба | Изследователски консорциум | 20% | няма | 5-7% | | | |
| Подаване на въздух под корпуса на кораба | Турция (Истанбулски университет) | До 45% | няма | няма | | | |
| Подаване на въздух под корпуса на кораба | Япония | | | 5-15% | | | |
| Подаване на въздух под корпуса на кораба | Япония | | | 13% | 20% | 7% | |
| Подаване на въздух под корпуса на кораба (катамаран) | Швеция | До 30% | | | | | |
| Подаване на въздух под корпуса на кораба | САЩ | | | 5-20% | | | |
| Подаване на въздух под корпуса на кораба | Мицубиши (Япония) | | 1-2% | 2.6% | | | |
| Подаване на въздух под корпуса на кораба | Холандия | | | | 12-15% (+необходима та мощност за подаване на въздуха) | | |
| Подаване на въздух под корпуса на кораба | Мицубиши (Япония) | | | | 12% | | |
| Подаване на въздух под корпуса на кораба | Холандия | | 11.5-12.5% | 8.5% - 9.5% | | | |

Science & Technologies

| | | | | | | | |
|--|-------|--------|--|--------|--------|----|--|
| Подаване на въздух под корпуса на кораба | Дания | | | | До 15% | | |
| Подаване на въздух под корпуса на кораба | Китай | До 55% | | | | | |
| Подаване на въздух под корпуса на кораба | САЩ | | | До 40% | | | |
| Подаване на въздух под корпуса на кораба | Русия | | | | 15-17% | 3% | |

От направения анализ могат да бъдат направени **следните изводи**:

1. Намаляване на съпротивлението на движение на водоизместващите кораби чрез използване на принципите на „въздушната смазка” е възможно.
2. На различни етапи на научните изследвания, моделирането и натурните изпитания са получени резултати, които доказват правилността на идеята за използване на „въздушната смазка”, като способ за намаляване на съпротивлението на кораба.
3. За настоящото ниво на технологиите, стойностите на намаляване на съпротивлението достигат до 15-20%, което в рамките на големите кораби могат да доведат до големи икономически резултати.
4. За да се приеме този способ за намаляване на съпротивлението на движението на корабите е необходимо да нарастне икономическият резултат.
5. При намаляване на съпротивлението при натурни изпитания до 30-40% това може да доведе до приемането на споменатия способ в корабостроенето както на малки, така и на големи кораби.
6. Особено е важно постигането на по-добри резултати при речните кораби, които се движат па вътрешните плавателни артерии и изгорелите газове на техните главни енергетични уредби се сумират с тези, които се получават при движението на автомобилите, работата на заводите, ТЕЦ-овете и другите замърсители на въздуха.

Литература:

1. Jin-Keun Choi and Georges L. Chahine, **Numerical Study on the Behavior of Air Layers Used for Drag Reduction**, 28th Symposium on Naval Hydrodynamics Pasadena, California, 12-17 September 2010 .
2. E.J. Foeth **Decreasing frictional resistance by air lubrication**, 20th International Hiswa Symposium on Yacht Design and Yacht Construction, Netherlands, Amsterdam, 17-18 November 2008.
3. Charlotte Barbier,¹ Elliot Jenner,² and Brian D’Urso² , **Large Drag Reduction over**

Superhydrophobic Riblets,

4. M. Nakisaa,c, A. Maimunb*, Yasser M. Ahmeda,d, F. Behrouzia, Jaswara, A. Tarmizia, **Air Lubrication Influence on Frictional Resistance Reduction of Multi- Purpose Amphibious Vehicle**, *Jurnal Teknologi (Sciences & Engineering)* 74:5 (2015), 1–3
5. Elif Karataya, A. Sander Haasea, Claas Willem Visserb, Chao Sunb, Detlef Lohseb, Peichun Amy Tsaiia, and Rob G. H. Lammertinka, **Control of slippage with tunable bubble mattresses**, PNAS | May 21, 2013 | vol. 110 | no. 21
6. S. G. Shereena, S. Vengadesan, V. G. Idichandy & S. K. Bhattacharyya, **CFD Study of Drag Reduction in Axisymmetric Underwater Vehicles using Air Jets**, Engineering Applications of Computational Fluid Mechanics, Vol. 7, No. 2, pp. 193–209 (2013)
7. Mohammad Ahmadzadehtalatapeh1*, Majid Mousavi2, **A Review on the Drag Reduction Methods of the Ship Hulls for Improving the Hydrodynamic Performance**, international journal of Maritime technology, IJMT Vol.4/ Summer 2015 (51-64)
8. Shuji Mizokami, Chiharu Kawakita, Youichiro Kodan, Shinichi Takano, Seiji Higasa, Ryosuk Shigenaga, **Experimental Study of Air Lubrication Method and Verification of Effects on Actual Hull by Means of Sea Trial**, *Mitsubishi Heavy Industries Technical Review Vol. 47 No. 3 (September 2010)*
9. Mr. P. van Kluijven, Mrs. B.M. Toemen Visser, **Final report Project 2 “Air Lubrication”**, Rotterdam Version: 2 / 9 march 2011, HOGESCHOOL VOOR DE ZEEVAART.
10. Makoto Kawabuchi, Chiharu Kawakita, Shuji Mizokami, Seiji Higasa, Yoichiro Kodan, Shinichi Takano, **CFD Predictions of Bubbly Flow around an Energy-saving Ship with Mitsubishi Air Lubrication System**, *Mitsubishi Heavy Industries Technical Review Vol. 48 No. 1 (March 2011)*.
11. EU-funded SMOOTH project, **The efficacy of air-bubble lubrication for decreasing friction resistance**, 118 | MARITECH NEWS | MAPTIOΣ 2011
12. J. Westerweel, R. Delfos, **Ph.D.-position in fluid mechanics**, Delft University of Technology, Laboratory for Aero and Hydrodynamics Leeghwaterstraat 21 2628 CA Delft the Netherlands,
13. Steven L. Ceccio, Simo A. Mäkiharju, **Air Lubrication Drag reduction on Great Lakes Ships**, *Final Report*, University of Michigan Department of Naval Architecture and Marine Engineering, 9 February 2012
14. Paul Dimotakis, Patrick Diamond, Freeman Dyson, David Hammer, Jonatan Katz, David Nelson, **Turbulent Boundary-Layer Drag Reduction**, Study report, May 2003. JASON The MITRE Corporation, Virginia, Sponsored by D
15. Hans Liljenberg, Michael Leer-Andersen, **Sailing on air**, SSPA, 52, 2011.
16. Ichiro Kumagai, Yoshiaki Takahashi, Yuichi Murai, **Power-saving device for air bubble generation using a hydrofoil to reduce ship drag: Theory, experiments, and application to ships**, *Ocean Engineering* 95(2015)183–194
17. Ali Doğrul, Fahri Çelik, **A NUMERICAL INVESTIGATION OF AIR LUBRICATION EFFECT ON SHIP RESISTANCE**, International Conference On Ship Drag Reduction (Smooth-Ships) Istanbul Conference Paper · January 2010,
18. John Davenport1, Roger N. Hughes, Marc Shorten, Poul S. Larsen, **Drag reduction by air release promotes fast ascent in jumping emperor penguins—a novel hypothesis**, *Mar Ecol Prog Ser* 430: 171–182, 2011.
19. Juri Gorbachev, Eduard Amromin, **Ship drag reduction by hull ventilation from level to near future: challenges and successes**. ATMA 2012.

20. Marc Perlin, Steven Ceccio, **Methods to Reduce Hydrodynamic Drag**, University of Michigan, USA 2015 World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd
21. Чалов, Сергей Андреевич , **Исследование профилировки днища глиссирующих судов с искусственными кавернами, движущихся с повышенными скоростями хода**, Автореферат на диссертация 2000г.
22. Yuriy N. Savchenko, **Supercavitation – Problems And Perspectives**, National Academy of Sciences – Institute of Hydromechanics, Kyiv, Ukraine , **Lecture 003 , 2001.**
23. Xujian Lyu, Hui Tang, Jianglong Sun, Xiaoguang Wu, Xianwen Chen, **Simulation of microbubble resistance reduction on a Suboff model**, **Portal of scientific journals of Croatia**, Volume 65 Number 2, 2014
24. Alejandro Miguel Castro, **Polydispersed bubbly flow model for ship hydrodynamics with application to Athena R/V**, **University of Iowa, Dissertation, 2011.**
25. **Firms publication. Mitsubishi reduces friction on ship hulls by blowing bubbles**, Darren Quick January 23, 2012