

## ЕКСПЕРИМЕНТАЛНО ИЗСЛЕДВАНЕ НА ФОТОВОЛТАИЧНО ЗАДВИЖВАНЕ НА СЪДОВЕ ЗА РАЗВЛЕЧЕНИЕ И СПОРТ

Никола Петров, Владимир Йорданов, Стефан Кюлевчелиев, Вели Велиев

**Abstract:** The relatively low power, needed to propel some entertainment and sport vessels, makes it possible to apply solar photovoltaic cells. The paper presents hydrodynamic calculations, necessary to estimate the total resistance of a inflatable boat, required power and also presents the experimental research, done to select an electric propeller system and photovoltaic cells for propulsion a small inflatable boat. It is expected, that the application of photovoltaic propulsion for entertainment and sport vessels will have favorable social and environmental effects.

**Key words:** small sport vessels, photovoltaic propulsion, experimental research.

### 1. Въведение

Понастоящем малките плавателни средства (МПС) използвани за развлечение и спорт, като водни колела, малки джетове и лодки използвани за риболов се задвижват предимно с мускулна сила. Това задвижване образува пропульсивна сила  $F_{prop}$  (фиг.1) и се отнася до гребни надувни и различни видове твърдокорпусни лодки (кану, каяк и академични). Мощността, която се отдава от човек продължително време за придвижване на МПС е много малка - около 0,1 к.с. или 75W.



Фиг.1. Задвижване на малки плавателни средства с мускулна сила

При големи мощности, например при теглене на водни ски или различни развлекателни приспособления задвижването е с помощта на ДВГ.

Предлагат се също извън-бордови електровинтови агрегати с неголеми мощности, но разпространението им е слабо поради необходимостта от специални

дълбокоразрядни акумулатори, които са многократно по-скъпи от обикновените автомобилни стартерни акумулатори. Приложението на фотоволтаични елементи намира все по-голямо приложение както в енергетиката така и в транспорта. В корабоплаването - при някои яхти, електроенергията от слънчевата радиация се използва най-вече за помощни нужди, за комуникации, за хладилници, барове и др. Най-големият соларен плавателен съд е PlanetSolar's TÛRANOR (фиг.2) със следните параметри: дължина – 35 м., ширина – 17 м., цена – 26 млн. долара, вместимост – 50 човека.



Фиг.2. Соларен плавателен съд

Използваните соларните панели (с мощност 93 кВт) имат обща площ 5380 квадратни фута и осигуряват скорост 5-15 възела и време за околосветска обиколка с 4 човека - за 22 дни.

Като се отчете факта, че фотоволтаиците напоследък повишиха

ефективността си, при непрекъснато спадане на цената им, целта на настоящото изследване е приложението им за захранване на електровинтови агрегати на относително бавноходни малки плавателни средства.

## 2. Схема на фотоволтаично задвижване на МПС и определяне на буксировъчната мощност

Фотоволтаичната система, която захранва постояннотокови товари се състои от слънчев генератор, регулатор на заряд и енергосъхраняващ компонент. Ако напрежението на батерията и това на генератора не съответстват, между батерията и регулатора на заряд се поставя РСЮС трансформатор (Фиг. 3).

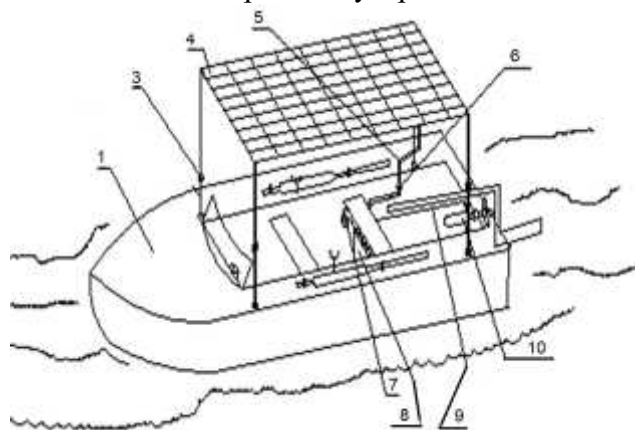


Фиг.3. Схема на фотоволтаична система

Този вид системи са най-използвани в централна Европа [1] за захранване на товари с ниско енергопотребление (като машини за пропуск, аварийни телефони, осветление на спирки) или такива, използвани преди всичко през шестте слънчеви месеца като градински колиби или водни помпи за напояване.

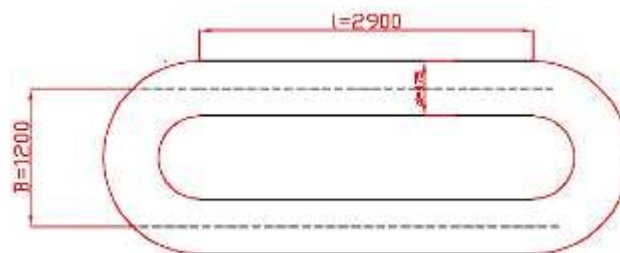
Основното количество електроенергия, необходимо за захранване на електровинтовите агрегати, тласкащи МПС се доставя от фотоволтаични модули, като така съществено се намалява капацитета на акумулаторните батерии и се увеличава значително тяхната автономност. Това се постига като на известна височина над съда се монтира твърда, съгъваема или сменяема конструкция на която са монтирани определен брой фотоволтаични модули. Посредством токопреносна линия 5, 9 и обезопасен, влагоустойчив разединител 6 електроенергията се подава към блок 7, регулиращ подаваното напрежение и контролиращ степента на заряда на

акумулаторната батерия 8 съгласно фигура 4. Плавателният съд с фотоволтаично задвижване представлява твърдокорпусна лодка 1 със стационарен електровинтов агрегат 10, като електродвигателят е разположен в корпуса, а винтът се задвижва от гребен вал преминаващ през дейдвудно устройство. Тази конструкция изисква допълнително кормилно устройство.



Фиг.4. Схема на МПС с фотоволтаично задвижване

Като обект на изследване е МПС с фотоволтаично задвижване – надувна лодка за 2 човека (фиг.5), предназначена за басейни със спокойна вода. Липсата на вълнение позволява разположението на седалките да е по-ниско.



Фиг.5. Схема на надувна лодка за 2 човека

Надувната лодка има следните основни параметри:

1. Дължина на масивната част на понтона -  $l=2900$ мм.
2. Дължина на носовото заостряне -  $l_1=200$ мм.
3. Дължина на опашната част -  $l_2=300$ мм.
4. Диаметър на понтона -  $d=475$ мм.
5. Разстояние между понтоните -  $B=1200$ мм.
6. Газене - 200мм.

Изследваният съд (надувната лодка) може да се разглежда като катамаран, тъй като при плаване потънали във водата са само страничните балони, а дъното е на повърхността. Само задната част на лодката заедно с пътника са потънали и тяхното съпротивление ще бъде отчетено с допълнителен коефициент на съпротивление 0,35. Съпротивлението на съда е оценено по приблизителен метод за катамарани, изложен в [2]. Методът е валиден за следния диапазон параметри:

Относително удължение на единичния корпус -  $l = \frac{L}{\nabla^{1/3}} = 4$  до 8;

Коефициент на надлъжна пълнота на единичен корпус -  $CP = 0,55 - 0,80$ ;

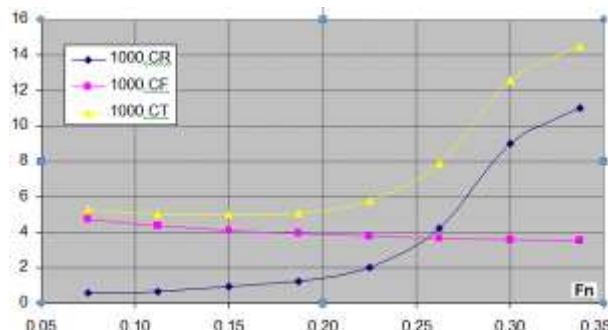
Относително разстояние между корпусите  $2b/L = 0,2$  до  $0,5$ , където:  $L$  – дължина на корпуса, м;  $\nabla$  – обемно водоизместване на полукорпуса,  $m^3$ ;  $2b$  – разстояние между диаметралните равнини на полукорпусите, м.

**Размери на полукорпуса**

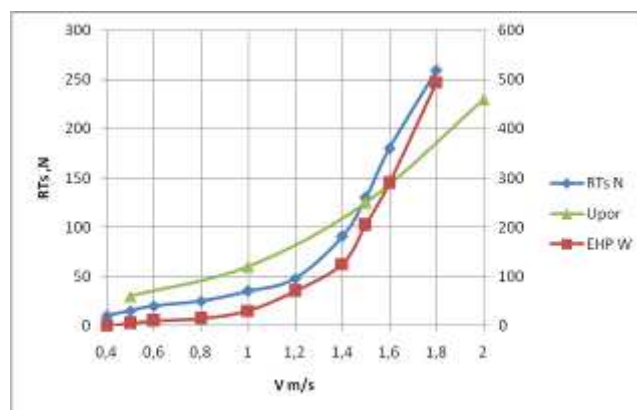
- Дължина  $L=2,9$  м      Ширина  $B=0,447$  м  
Газене  $T=0,2$  м
- Обемно водоизместване  $\nabla=0,175$   $m^3$
- Мокра повърхност  $S = 2$   $m^2$
- Относително удължение  
 $l = \frac{L}{\nabla^{1/3}} = 5.18$
- $CB=0,675$ ;     $CM=0,764$ ;     $CP=0,884$ ;  
 $B/T=2,236$ ;     $L/B=6,485$
- Разстояние между корпусите -  $1,2$  м
- Относително разстояние между корпусите  $2b/L=0,414$ .

Остатъчното съпротивление на единичен корпус е определено от графики, дадени в описанието на метода в [2]. При това се наложи екстраполация по коефициента на надлъжната пълнота. Така е определено пълното съпротивление на полукорпуса. Пълното съпротивление е равно на удвоеното съпротивление на полукорпуса. Влиянието на задната потопена част, която е полупотопена е твърде сложно за описание и отчитане, като освен съпротивление от триене, тя създава и значителна подпорна вълна. Поради това тя е приета като издадена част, която е отчетена със значителна надбавка от 35%.

Резултатите са представени на фигури 6 и 7 и в таблица 1 и съгласно тях максималната мощност на електровинтовия агрегат е от порядъка на 300-500 Вт.



**Фиг. 6. Коефициенти на съпротивление на единичен корпус**



**Фиг. 7. Зависимост на съпротивлението, буксировъчната мощност и упора от скоростта на МПС**

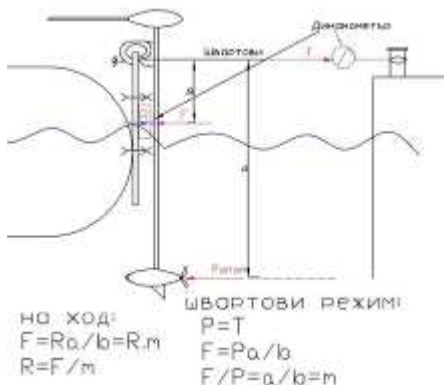
V m/c	Fn	CR	Rn	CF		RTs Полу- корпус N	RTs Гол корпус N	RTs с изд. части N	EHP W
				$\cdot 10^5$	$\cdot 10^3$				
0.4	0.0750	0.55	9.76E+05	4.71	5.26	1.7	3.5	4.7	1.9
0.6	0.1125	0.65	1.46E+06	4.32	4.97	3.7	7.3	9.9	5.9
0.8	0.1500	0.90	1.95E+06	4.07	4.97	6.5	13.1	17.6	14.1
1	0.1875	1.20	2.44E+06	3.90	5.10	10.4	20.9	28.2	28.2
1.2	0.2250	2.00	2.93E+06	3.76	5.76	17.0	34.0	45.9	55.1
1.4	0.2625	4.20	3.42E+06	3.65	7.85	31.5	63.1	85.1	119.2
1.6	0.3000	9.00	3.91E+06	3.56	12.56	65.9	131.8	177.9	284.7
1.8	0.3375	11.0	4.39E+06	3.48	14.48	96.2	192.3	259.7	467.4

**Таблица 1. Изчисляване на съпротивлението и буксировъчната мощност на МПС**

**3. Експериментално определяне на упора и изпитания в натурни условия на МПС с фотоволтаично задвижване**

Изпитанията се извършваха в акваторията на втора буна на Варненския залив, като се засичаше времето за преминаване на 50 м. Упорът на винта се определяше по показанията на динамометър с малък ход

(персонална теглилка), монтиран между транеца е балера на двигателя.



**Фиг. 8. Схема за разположение на силите**

Стойностите на съпротивлението R се определяха чрез преизчисляване, съгласно данните от швартовите изпитания, а схемата за разположение на силите е показана на фиг.8. Монтираният на МПС електровинтов агрегат е съвременна конструкция с голям диаметър на винта - 220 mm.

Определянето на упора на електровинтовия агрегат по експериментален път се осъществи в крайбрежния район на втора буна на Варненския залив, като се измерваха: 1/напрежението на източника на ток, U във V; 2/силата на тока при различни скорости, I в A; 3/усилието в динамометъра /упора/, P в N.

При експериментите с ампермер се определяше силата на консумирания ток (фиг.9), а с динамометър – развивания упор (фиг.10).

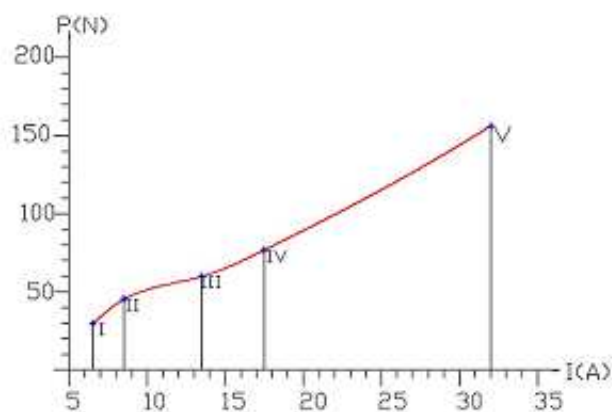


**Фиг. 9. Измерване на тока на двигателя с ампер-клещи с голям обхват**



**Фиг.10 Определяне на упора в швартовни режим**

Следеше се степента на зареждане на акумулаторите да е приблизително еднаква, като резултатите от експеримента са показани на фиг.11. При сравнението на резултатите с по-предишни изпитания в изпитателния басейн на лабораторията по „Теория на кораба” се вижда, че диапазоните на измерените стойности са по-големи, поради по-големия обхват на прилагания нов ампермер с обхват от 400A с по достоверни резултати при максимален ток.



**Фиг.11 Резултати от експерименталното определяне на упора**

Изпитанията в натурни условия на надувната лодка с фотоволтаично задвижване бе извършено в района на втора буна на Варненския залив - фиг.12. След монтирането на фотоволтаика и останалите елементи бяха проведени успешни маневри на отплаване и приставане, а също и многократни обиколки по фарватера. Достигнатата максимална скорост с един пътник бе около 2 m/s, което е в съответствие с предварително изчислените характеристики на плавателния съд.



**Фиг.12 Изпитания на надувна лодка с фотоволтаично задвижване**

#### **4. Изводи и заключение**

Проведените теоретични и експериментални изследвания дават основание да се заключи:

1.Задвижването на плавателни съдове с помощта на фотоволтаични панели и електровинтови агрегати е напълно осъществимо, при което е достигната задоволителна скорост и много добра управляемост.

2.Приложението на фотоволтаично захранване на акумулаторите при съдове, на които вече са монтирани електровинтови агрегати е напълно осъществимо и би довело до увеличение на автономността им.

3.Задвижването на съдове за лов , риболов и воден туризъм би увеличило съществено автономността им и би имало екологичен ефект. Ефектът е значим особено при вътрешните водоеми тъй като от една страна ще се намали консумацията на фосилни горива, а от друга страна значително ще се намали замърсяването на язовири, езера и реки, като се има предвид, че болшинството от извънбордовите лодъчни мотори са с подводно изхвърляне на отработилите газове.

**Научните изследвания, резултатите от които са представени в настоящата публикация, са извършени по проект №13/2013 ”Прототипно проучване и концептуално проектиране на плавателни средства за участие в Международна регата на морските факултети” в рамките на присъщата на ТУ-**

**Варна научноизследователска дейност, финансирана целево от държавния бюджет.**

#### **Литература:**

- [1] Венелин Павлов. Възобновяеми енергийни източници, ВМЕИ-Варна, 2010.  
[2] Многокорпусные суда, Под ред. В. А. Дубровского, Судостроение, Ленинград, 1978.

#### **За контакти:**

9010 Варна, ул. “Студентска” №1  
Технически университет - Варна

доц., д-р, инж. Никола Петров  
e-mail: n\_petrov@abv.bg

ас., д-р инж. Владимир Йорданов,  
e-mail: vyordanov@tu-varna.bg