



ХИМИКОТЕХНОЛОГИЧЕН И МЕТАЛУРГИЧЕН УНИВЕРСИТЕТ
ДЕПАРТАМЕНТ ПО ФИЗИКОМАТЕМАТИЧЕСКИ И ТЕХНИЧЕСКИ НАУКИ
КАТЕДРА „ПРИЛОЖНА МЕХАНИКА”

инж. Илиян Милчев Лесев

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

на дисертация

ОБЕКТНО МОДЕЛИРАНЕ НА ПЛОСКОДЪНЕН ГРЕБЕН
ПЛАВАТЕЛЕН СЪД С НЕКОНВЕНЦИОНАЛЕН ТИП НА
ЗАДВИЖВАНЕ

за придобиване на образователната и научна степен „доктор”

по научна специалност

5.1. Машинно инженерство

„Приложна механика, Приложна геометрия и инженерна графика”

Научно жури:

1. Доц. д-р А. Александров, ХТМУ - председател
2. Проф. д-р Климент Хаджов, ХТМУ - рецензент
3. Доц. д-р Милчо Тодоров Георгиев, ТУ- София - рецензент
4. Доц. д-р Борислав Василев Трайков, ТУ- София
5. Доц. д-р Емил Младенов Маджарски, ТУ- София

София, 2012

Дисертационният труд е написан на 106 страници и съдържа 58 фигури и 4 таблици. Цитирани са 57 източника.

Представеният дисертационен труд е обсъден и приет на защита на заседание на разширен научен съвет на научното звено на катедра „Приложна механика”, състояло се на 21. 12. 2011 г.

Публичната защита на дисертационния труд ще се проведе на 22. 06. 2012 г. от 13 часа в зала 424 сграда „А” на ХТМУ.

Материалите са на разположение на интересуващите се на интернет страницата на ХТМУ и в отдел „Научни дейности”, стая 406, етаж 4, сграда „А” на ХТМУ.

Увод

Целта на настоящия дисертационен труд е възоснова на аналитичен метод и методите на компютърна симулация, да се създаде процедура за анализ на биомеханични системи, позволяваща сравнително проучване на гребни едноместни плавателни съдове да се предложи комплексно решение за оптимизиране на параметрите на плавателния съд с цел максимално опростяване на човешката дейност, намаляване необходимостта от специални умения и пълноценно използване на прилаганите сили.

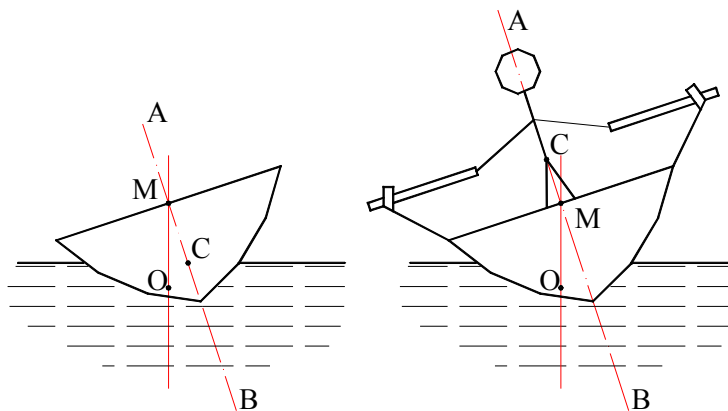
Глава I

Въведение в проблема

1.1. Сравнително изследване на биомеханични системи свързани със спортни гребни едноместни плавателни съдове

Върху гребната биомеханична система “гребец-лодка-гребло” действат външни и вътрешни сили. Външните са активни (течение, вятър и т.н.) и пасивни (опорни реакции, триене, водно и въздушно съпротивление, инерционни сили). Вътрешни сили са силите в системата на човешкото тяло.

Гребните действия се извършват в граничната зона между водната и въздушната среда. Силите на средата са : подемна сила (хидростатично налягане), съпротивление на средата, гравитационни сили. Подемната сила на въздуха не се отчита поради незначителната ѝ величина. Подемната сила на водата е равна на теглото изместената от подводната част на лодката вода.



Фиг.1.2. Устойчивост на съда

При преместване на тялото на гребца се получава изместване на центъра на тежестта и се получава крен (при странично изместване) или диферент (при надлъжно преместване).

Съпротивлението, което среща лодката при движението си в граничната зона въздух-вода е сумата от челното съпротивление и вълновото съпротивление. Челното съпротивление е сумата от съпротивлението на триене и налягане. Вълновото съпротивление е около 8% от общото съпротивление на водната среда. Според втори закон на Нютон, преработен за конкретния случай, челното съпротивление е:

$$F_p = \frac{c_p p v^2 \rho}{2},$$

ρ – напречно сечение [m^2],

p – плътност на флуида [kg/m^3],

v – скорост [m/s],

c_p – коефициент на челното съпротивление.

Сумарното съпротивление е :

$$F = F_w + F_p + F_f,$$

$$F_w = c_1 v \theta p, \quad F_p = \frac{c_2 p v^2 \rho}{2}, \quad F_f = \frac{c_3 p v^2 B}{2},$$

$$F = c_1 v \theta p + \frac{c_2 p v^2 \rho}{2} + \frac{c_3 p v^2 B}{2},$$

където F – общо съпротивление на водата, F_w – вълново съпротивление, F_p – съпротивление на налягането (вихрово), F_f – съпротивление от триене, θ – обем на тялото, намиращ се във водата, B – повърхност на тялото, намираща се във водата,

c_1, c_2, c_3 – коефициенти на трите съпротивления.

Ориентировъчно за спортни лодки $c=1.3$ (табл. 1.1)

Табл.1.1

Скорост m/s	3	4	5	6	7
F [N]	173.64	204.05	318.83	459.11	624.9

Между основните форми на съпротивление (вълнова, от триене и налягане) съществува зависимост, която се определя от числото на Рейнолдс:

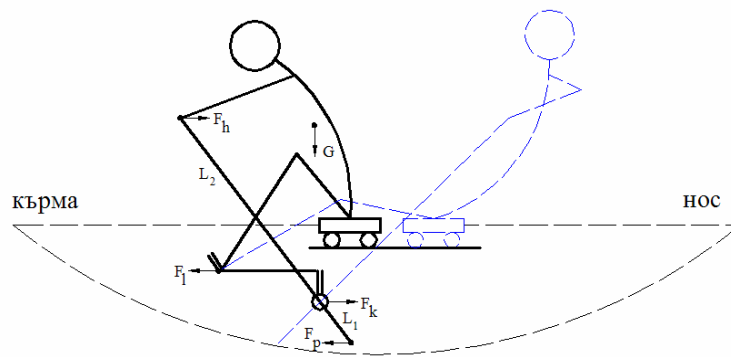
$$R_c = \frac{p v \rho}{c}.$$

Когато $R_c < 1$ вихри не се образуват. Тогава водата може да се разглежда като идеален флуид. Когато $R_c < R_k$ потокът е ламинарен, а при $R_c > R_k$ потокът е турбулентен. R_k - гранична стойност, при различни условия е $1\,000 \div 10\,000$.

1.1.1 Хоризонтални сили в биомеханичната система.

Движенията на гребца имат затворен цикличен характер. Гребният процес представлява непрекъсната смяна на напрежение и разпускане и смяна на посоката на движение.

Гребецът, притегляйки ръкохватката на греблото, потопено с лопатката във водата, като пренася мускулна сила през ключа, крачното устройство и слайда върху лодката, придвижва биомеханичната система в пространството и времето и развива едновременно следните сили (фиг.1.4) :



Фиг.1.4. Хоризонтални сили.

F_h – сила с приложна точка върху ръкохватката и противоположно насочена, но равна по големина на F_l , приложена върху крачното устройство.

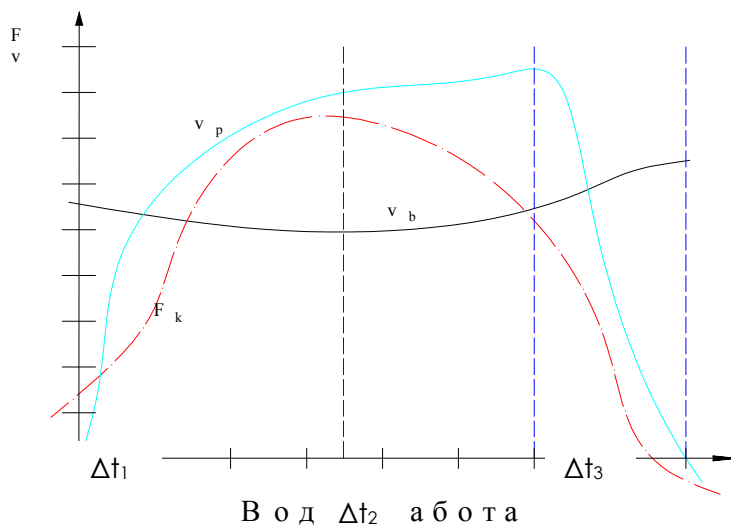
F_k – сила, приложена върху вертикалната плоскост на ключа.

F_p – сила, приложена от лопатката на греблото върху водата.

$$F_p = F_h \frac{L_2}{L_1},$$

L_2 – вътрешно рамо [m],

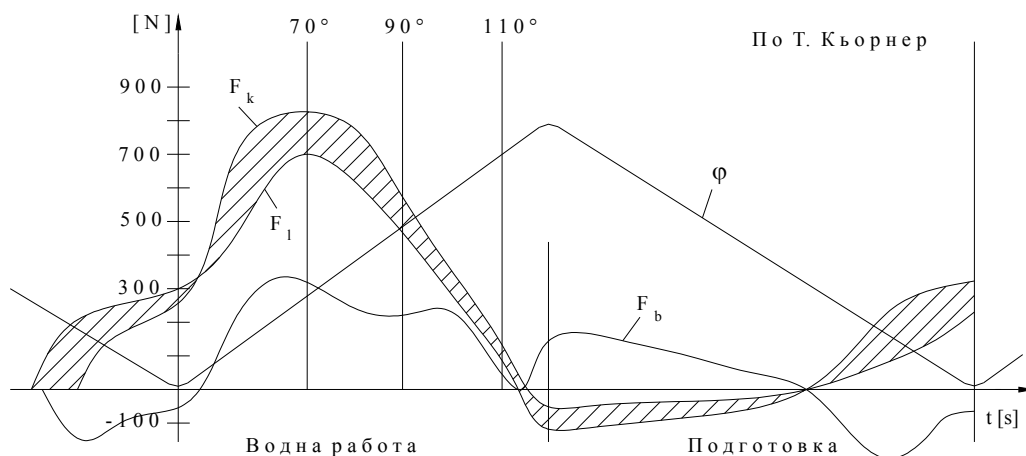
L_1 – външно рамо [m].



Фиг.1.5

На фиг. 1.5 са показани идеализираните криви на скоростта на лопатката (v_p), на лодката (v_b) и силата приложена върху ключа (F_k). Силата в крачното

устройство има по-високи стойности от силата в ключа при смяна на посоката на движение до пика на силата, приложена в ключа (фиг.1.6).



Фиг.1.6.

От връзката между силата приложена в ключа (F_k) и силата приложена в крачното устройство (F_l) и слайда (F_g), както и водната съпротивителна сила към лодката (F_s) зависи силата приложена върху лодката (F_b).

$$F_b = F_k - (F_l + F_s).$$

1.1.2 Сили действащи във вертикална равнина (фиг.1.7)

F_h – сила в ръкохватката,

F_l – сила в крачното устройство,

F_g – сила от теглото върху слайда,

$x_{min} < x_g < x_{max}$ – променливо разстояние по време на работния цикъл,

$z = const$ – апликацията на силата F_h .

За да се запази или увеличи скоростта на лодката след завършване на водната работа, трябва да се предизвика допълнителна сила, насочена по посока на движението на лодката (F_k). Това се постига с придвижване на гребца към кърмата на лодката ускорено.

$$F_k = m_2 a$$

F_k – сила по посока на кърмата,

m_2 – маса на гребца,

a – ускорение на гребца.

В зависимост от скоростта на движение към кърмата :

$a > 0$ – лодката се ускорява,

$a < 0$ – лодката се забавя,

$a = 0$ – скоростта на лодката не се изменя,

Пътят при подготовката може да се опише с :

$$l = v_0 t_p + \frac{at_p^2}{2},$$

l – път на масата на гребца при подготовката,

v_0 – начална скорост на гребца спрямо лодката,

a – ускорение на гребца създадено от мускулната работа,

t_p – време за подготовка.

В края на водната работа и началото на подготовката посоката на движение на масата на гребца се променя. В момент от време t_0 скоростта му трябва да стане нула спрямо лодката. В следващия момент гребецът получава скорост v_0 към кърмата и започва движението на подготовката. Ако силата в ръкохватката е прекратена ($F_h=0$), то придвижването става чрез притегляне от крачното устройство. Цялото тегло на гребца се пренася върху слайда и коефициента за използване на теглото е нула ($k=0$). Появява се момент спрямо крачното устройство, който прибавен към момента на теглото на гребца го притиска към слайда и води до потапяне на носа на лодката и увеличаване на челното съпротивление:

$$M_g = F_i z,$$

F_i – инерционна сила от придвижване на гребца.

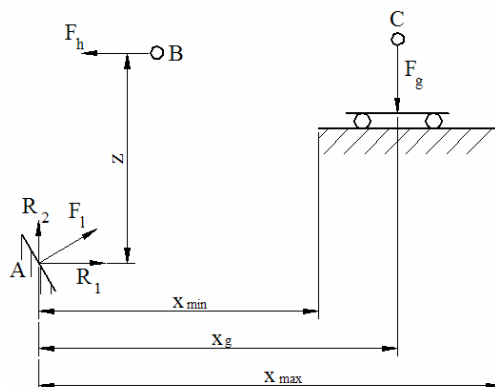
Този момент се уравновесява от момента на допълнителната реакция на слайда към гребца в т. А

$$F_s x_{g \max}$$

От приравняването на двата момента се получава силата на притискане към слайда :

$$F_s = \frac{M_g}{x_{g \max}} = \frac{F_i z}{x_{g \max}}.$$

С увеличаване на инерционните сили F_i и разстоянието z (фиг. 1.7), нараства силата върху слайда F_s , стремяща се да потопи носа на лодката.



Фиг. 1.7. Сили във вертикалната равнина

Приложените сили във вертикалната равнина създават моментите M_h и M_g :

$$M_h = F_h z;$$

за да бъде уравновесен момента M_h и да се изпълнят гребните движения се използва момента от теглото на гребца M_g , с противоположна посока на M_h

$$M_g = k F_g x_g,$$

k – коефициент на използване на теглото на гребца,

x_g – определя се от дължината на ролиране на слайда.

От системата на силите и моментите следва :

$$M_h = M_g,$$

$$F_h = k \frac{F_g x_g}{z}.$$

Силата приложена върху греблото зависи не само от силата, с която гребецът притегля ръкохватката, но и от : теглото на гребца, височината на теглене на ръкохватката, разстоянието между равнините, в които са разположени крачното устройство и ключа, и разстоянието от центъра на тежестта на гребца до крачното устройство.

- когато $k=0$ теглото на гребца е изцяло върху слайда и $F_h=0$,
- при $0 < k < 1$ теглото на гребца се използва непълно,
- при $k=1$ теглото на гребца е снето от слайда и $F_h=\max$

1.1.3 Инерционни сили

По време на подготовката в гребния цикъл, гребецът придвижвайки се със слайда към кърмата премества лодката напред, а при водната работа лодката би се преместила назад, ако няма опора в греблата.

Според третия закон на динамиката при взаимодействие на две тела имаме $F_1 = -F_2$. Под действие на тези сили телата получават определени скорости на движение

$$m_1 v_1 + m_2 v_2 = 0$$

(теорема за запазване на количеството на движение),

$$m_1 v_1 = -m_2 v_2,$$

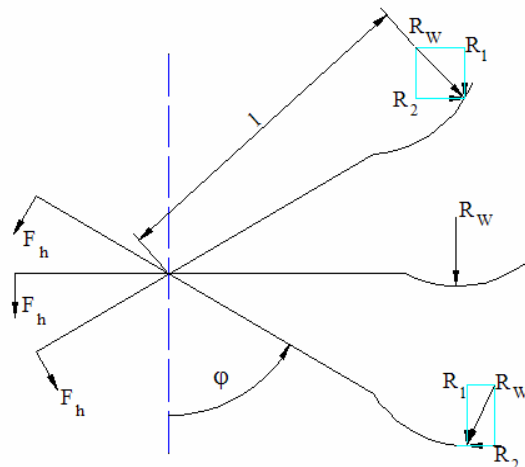
m_1 – маса на оборудваната лодка (в т.ч. и гребца),

v_1 – скорост на лодката,

m_2 – маса на гребца,

v_2 – скорост на гребца (рулиране по слайда).

1.1.4 Движение, работа и скорост на греблото



Фиг.1.8. Компоненти на водната реакция

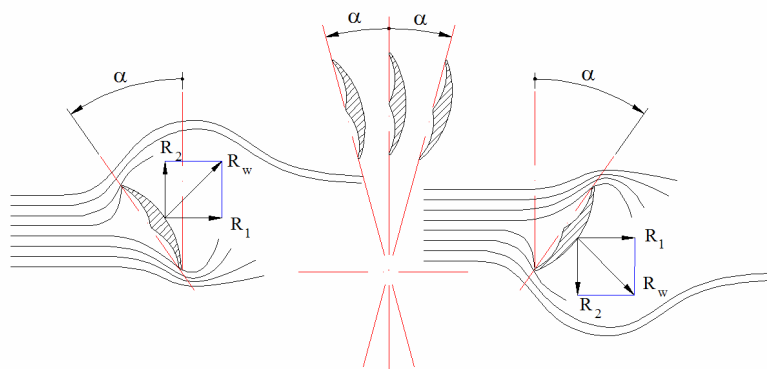
По време на работата във водата лопатката среща силата на реакция на водата R_w , която при различни ъгли на греблото се разлага на съставлящите я R_1 и R_2 (фиг.6). R_2 е перпендикулярна на посоката на движение на лодката. При $\varphi < 90^\circ$ (начало на загребването) се получава свиване на бордовете, а при $\varphi > 90^\circ$ разтягане на бордовете. При $\varphi = 90^\circ$ деформиращото действие на R_2 изчезва. Възникването на R_2 води до изразходване на енергия за безполезна работа.

Движещата сила е $R_1 = R_w \sin \varphi$

Работата за всеки участък от пътя на лопатката е :

$$A_i = \rho_i R_w \sin \varphi ,$$

$$A = \sum_{30^\circ}^{130^\circ} \rho_i R_w \sin \varphi \text{ - за участък от } 30^\circ\text{-}130^\circ .$$



Фиг.1.9. Ъгъл на атака на лопатката

Съществени загуби в работата на греблото възникват в зависимост от “ъгъла на атака на лопатката” (фиг.1.9). В зависимост от това дали ъгълът е положителен или отрицателен лопатката на греблото ще глизира или ще потъва. Вертикалната съставляща R_2 определя изплуването или гмуркането на лопатката. Оптималният ъгъл на лопатката е $4.5^\circ - 5^\circ$.

1.1.5 Движение и скорост на лодката

Скоростта на лодката се определя от биомеханичните взаимоотношения на силата на гребца и силите от съпротивление на водата. Високата средна скорост се обуславя от величината и продължителността на силите по време на водната работа. На фиг. 1.10 е изобразена механичната структура на гребния цикъл като хронограма.

Фиг. 1.10-b – Скоростта на масата на гребца достига тах стоност v_1 (при движение от кърмата към носа), минава през 0 (в задно крайно положение), след което отбелязва минимална стойност v_2 при движение от носа към кърмата.

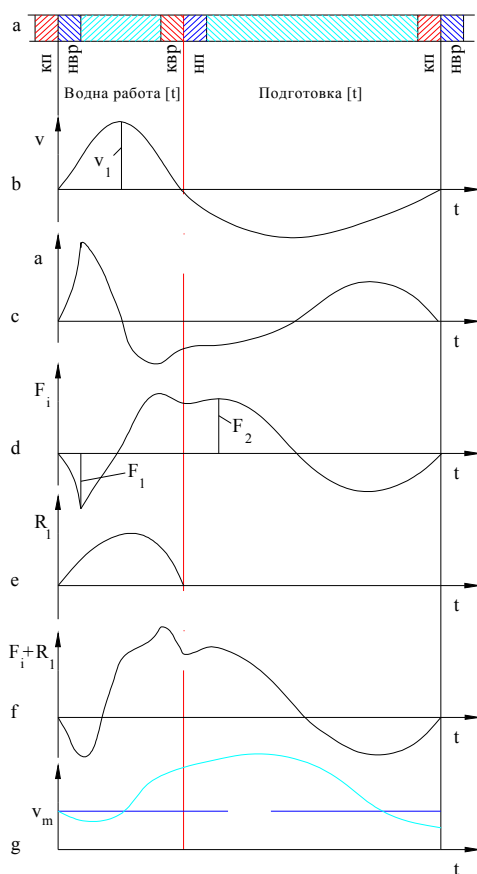
Фиг. 1.10-c – Ускорението на масата на гребца достига най-високи стойности в началото и в края на водната работа и на подготовката, и началото на вгребването. Тогава възникват инерционни сили от движението на масата на гребца с приложни точки в крачното устройство и ръкохватката.

Фиг. 1.10-d – Хоризонталната компонента F_i на силата от инерцията на масата на гребца е приложена към крачното устройство и е насочена срещу посоката на движение на лодката. Отскокът се извършва когато силата достигне максимална F_1 . Когато лопатката прекрати опората си във водата, инерционните сили продължават да действат и запазват висока стойност F_2 , в резултат на което лодката се премества напред.

Фиг. 1.10-e – Двигателният компонент R_1 действащ на лопатката от страна на водата се изменя плавно от 0 до максимална стпйност и обратно.

Фиг. 1.10-f – Сумарната сила от F_i и R_1

иг. 1.10-g – Средна скорост на лодката в гребния цикъл под действие на сумарната сила.



Фиг. 1.10. Механична структура на гребния цикъл.

1.3. Заключение - идеен проект за създаване на нов едноместен гребен плавателен съд.

При разглеждането на стандартни едноместни гребни плавателни съдове, методи за тренировка с тренировъчни устройства и влияние на човешкия фактор [40, 43,...,54], можем да разгледаме проблемите в два аспекта :

- в гребния цикъл ;
- в етапите на преодоляваната дистанция .

1.3.1. Проектни идеи за конструкцията на съда, касаещи гребния цикъл [29, 30, 32,...,40]

За оптимално използване на приложената сила, да се създаде автоматизирана система за линейно придвижване на греблото.

- Да се намери оптималния ъгъл на атаката на греблото, така че стойността му да не зависи от уменията на гребца.
- Да се създаде гребло с оптимални размери, съобразени с възможностите на гребца.
- Да се намали диферента на плавателния съд чрез оптимално разположение на крачното устройство, слайда и ръкохватката.
- Да се създаде стабилизационна система за оползотворяване и неутрализиране на инерционни сили според посоката им.
- Да се създаде система за прилагане на сила от гребца, която да не изисква специална техника за водене и управление на греблото.
- Гребната система да има адаптивни реакции спрямо действието на гребца и състоянието на биомеханичната система като цяло във всеки момент от движението (гребния цикъл).
- Да се преодолее асиметричността на загребване на ляво и дясно гребло.

1.3.2. Проектни идеи, касаещи етапите в пробегата [41, 42]

- Поради различните режими на работа в етапите на дистанцията (старт, пробег, финал) да се създаде адаптивна система за задвижване, която да увеличава ефективността на биомеханичната система във всеки етап.
- Да се създаде система за управление. За целта е възможно да се въведе допълнителна функция на хоризонталната и вертикалната стабилизационни системи.
- С цел подобряване на визуализационния контрол, разположението на гребца да бъде по посока на движението на лодката.

1.3.3. Технологични и експлоатационни изисквания към изделието

- Висока технологичност на производството и поддръжката.
- Мобилност.
- Удобство при експлоатацията.
- Ниска цена.

Глава II

Техническо и функционално описание на идейния проект

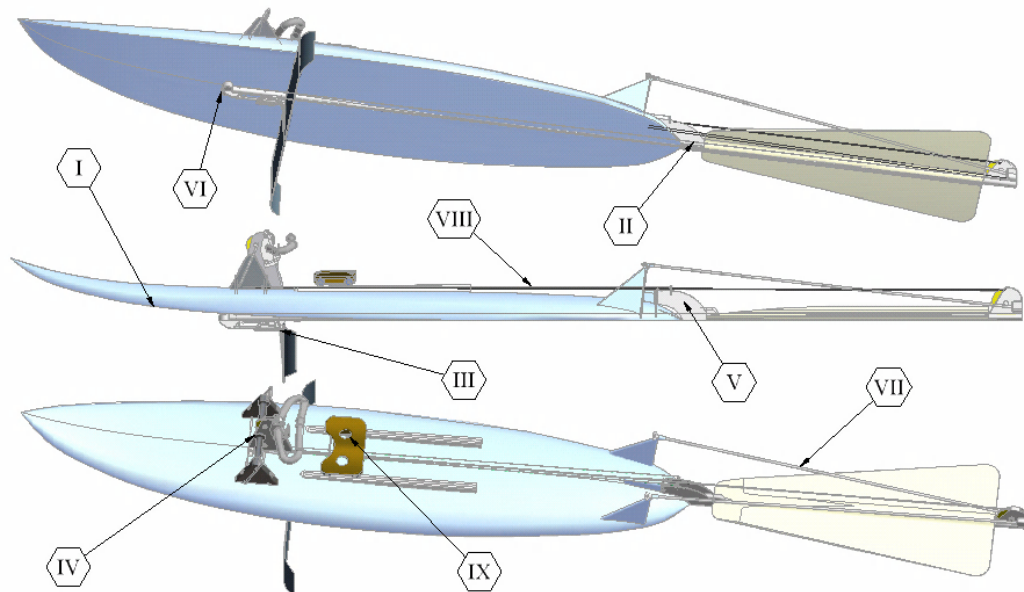
Проучването на видовете гребни плавателни съдове, изследването на техните параметри и области на приложение доведе до идеята за създаване на едноместен гребен плавателен съд. Поставянето на задачата за многофункционалност на изделието (тренировъчна, спортно – развлекателна и състезателна дейност) предопредели насоката за изграждане на основната конструкция и основните принципи на работа. Като се има предвид широкото приложение на изделието, целта е да се постигнат следните показатели:

- базиране на стандартна широко разпространена конструкция
- изграждане на универсализирани системи за задвижване и управление
- сравнително проста конструкция на механизмите

Състезателните гребни плавателни съдове са специализирани за гонки в няколко дисциплини и рядко се използват за спортно – развлекателни цели. Поради използване на високи технологии за производство на състезателни лодки, цените им са изключително високи, което ги прави недостъпни за масова употреба. Недостатъците на използваните за спортно – развлекателни цели съдове са : голяма маса, високо челно съпротивление, голям обем и т.н. Неудобството, изпитвано от всички, които са карали лодка със стандартни гребла, е причина да се създаде конструкция, която да обърне посоката на движение спрямо положението на гребца. Разбира се, при една такава конструкция се получават положителни и отрицателни ефекти върху движението на съда, които ще бъдат разгледани по-късно. Проектът, описан по – долу е идейна разработка, която позволява по – нататъшно конструктивно развитие.

- Посоките **ляво** и **дясно** са определени спрямо посоката на движение на плавателния съд.

2.1 Описание на общия вид на изделието



Фиг. 2.1. Общ вид

На фиг. 2.1 е показан общият вид на изделието, като с римски цифри са означени съставните му части – системи, механизми и групи :

- I. Стандартен борд от уиндсърф
- II. Система водеща
- III. Система гребна
- IV. Система задвижваща
- V. Система рулево – спирачна
- VI. Пружина възвратна
- VII. Опори
- VIII. Въже силово
- IX. Слайд с ролбани

Върху базовият елемент (борд от уиндсърф) са разположени отделните системи и механизми. Комуникацията и взаимодействието между тях позволява да се осъществи гребния процес. Тук ще бъде разгледан общия принцип на работа на изделието, а структурата и функцията на отделните системи и механизми ще бъдат описани по - нататък.

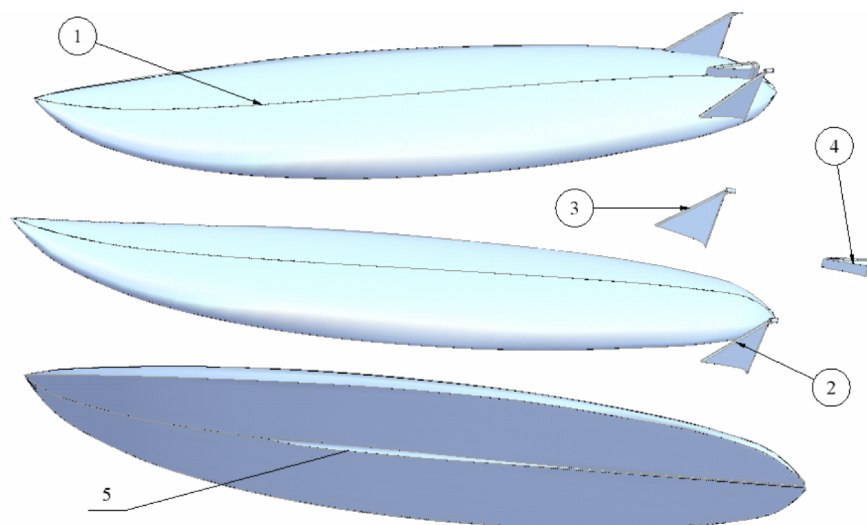
Разполагането на гребца върху стандартен слайд е по посока на движението на съда. Опорите за краката са разположени върху “Система задвижваща” (фиг. 1.1, IV). Силата се предава чрез ръкохватка на “Система задвижваща”, през “Въже силово” (фиг. 2.1, VIII), през задната ролка на “Система водеща” (фиг.2.1, II) към “Система гребна” (фиг.2.1, III). В долната част на борда е разположена “Система водеща”, по която праволинейно се движи “Система гребна” до 3 m назад. В крайно предно положение, устройството на “Система гребна” позволява да се акумулира енергия, която да бъде отдадена за затваряне на греблото и финално загребване, при прекратяване на въздействието върху ръкохватката. Греблото автоматично се отваря при прилагане на сила, когато “Система гребна” се намира в крайно предно положение. Праволинейното движение назад по “Система водеща” се осъществява под въздействие на силата, приложена от гребца. При прекратяване на въздействието на гребца, греблото самостоятелно се затваря назад, като се осъществява крайно загребване, чрез отдаване на енергията, акумулирана в крайно предно положение в силовата пружина на “Система гребна”. Под въздействие на “Пружина възвратна” (фиг.2.1, VI) започва движение напред на греблото, заело вече хоризонтално положение. То завършва при заключване на “Система гребна” към заключващото устройство в предната част на “Система водеща”.

“Система задвижваща” (фиг.2.1, IV) има за задача да осъществи предаването на приложената от гребца сила към “Система гребна”. Има възможност за директно предаване на силата, през двоен полиспаг или троен полиспаг, като по този начин се получава адаптивност на действиата на гребца към режима на движение на съда.

Управлението се извършва чрез “Система рулево – спирачна” (фиг.2.1, V). Педалите, разположени върху опорите за краката заедно със “Система задвижваща”, позволяват чрез преместване на стъпалата на краката встрани, да се приложи сила към въжетата на “Система рулево – спирачна” и пластините на сдвоен рул да се завъртят вляво – лявата пластина, вдясно – дясната пластина и по този начин да се осъществи завиване на съда или ако и двете бъдат отворени – спиране.

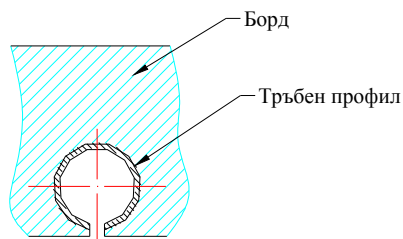
Подвижната част на “Система водеща” се монтира към неподвижната и борда в три точки – фиксатор и две “Опори” (фиг.2.1, VII). Устройството позволява бърз и лесен монтаж и демонтаж при подготовка за използване или транспортиране.

2.2 Борд (от стандартен уиндсърф) – фиг.2.2



Фиг. 2.2 – Борд

За база на изделието е използван стандартен борд за уиндсърф 120L. Дебелината в средната част трябва да е min 60 mm. Максималната ширина трябва да е 700 mm. В задната част на борда са изградени лява и дясна конзола (фиг.2.2, поз.2 и 3) и рулева конзола (фиг.2.2, поз.4). В долната част на борда е пробит надлъжен отвор (фиг.2.2, поз.5) с диаметър 30 mm. Към него се присъединява подвижната част от



Фиг. А

“Система водеща” (на фиг.А е показан тръбният профил). При серийно изпълнение по – рационалният вариант е вграждане на неподвижната част на “Система водеща” още при отливане на борда, тъй като ще отпадне необходимостта от възстановяване на покритието на борда след пробиване на отвора, както и създаването на специален инструмент за обработката.

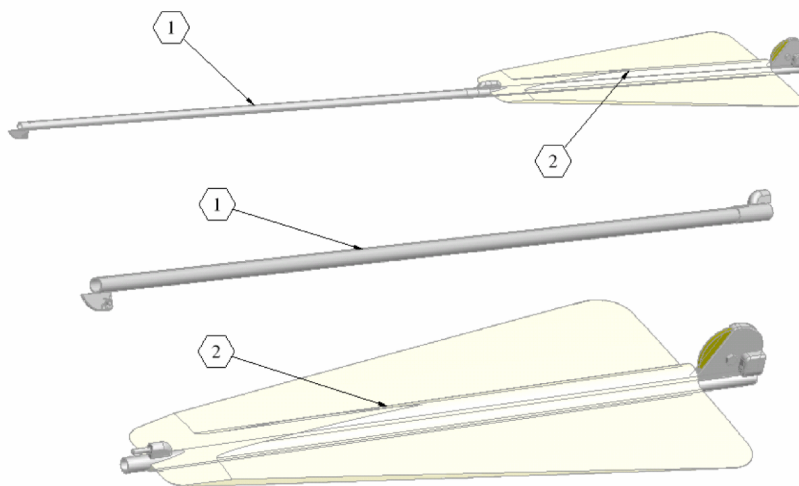
Двете конзоли в задната част (фиг.2.2, поз.2 и 3) служат за закрепване на подвижната част на “Водач допълнителен” (фиг.2.6). Рулевата конзола (фиг.2.2, поз.4) е предназначена за закрепване на рулевите пластини и детайлите към тях. Конзолите са изградени върху борда при изработването му. При стандартните бордове за уиндсърф в средната част има отвор за “тек” – вертикалният

стабилизатор на сърфа, отвор за ключ на мачтата и няколко отвора в задната част за закрепване на скобите за краката. Всички тези отвори са премахнати. Нови отвори с вградени резбови втулки се създават за закрепване на “Система задвижваща”, ролбаните на слайда, опорите за краката и др. На фиг.2.2 те не са показани, тъй като се допуска възможността за различно разположение спрямо центъра на тежестта на изделието според физическите показатели на гребца.

Показани са конзолите, които в горната си част имат отвори за фиксиране на тръбните опори (фиг.2.1, VII). Застопоряването се извършва с перчати гайки.

Рулевата конзола (фиг.2.2, поз.4) има канал за фиксиране на рулевите пластини със скоба. Около правите участъци на скобата се извършва ротацията на рулевите пластини. За предотвратяване на вертикалното преместване на скобата се използва фиксиращ винт, който се завива в отвора с резба в конзолата.

2.3 Система водеща – фиг.2.3



Фиг.2.3 – Система водеща

“Система водеща” се състои от две основни групи :

- основен водач – фиг.2.3, поз.1
- допълнителен водач – фиг.2.3, поз.2

2.3.1 Основения водач е съставен от две групи, заварени към двата края на тръбен профил, прорязан надлъжно с прорез с ширина 4.5 mm.

В предния край се намира заключващо устройство, а на задния е разположен фиксатор. Основния водач е заварена конструкция, която се вгражда в борда. Надлъжният прорез в тръбния профил се изработва след монтажа.

2.3.1.1 Заключващото устройство е предназначено за застопоряване на основния водач на гребната система, чрез гнездото в предния му край при крайно предно положение на “Система гребна”. При движението си напред “Система гребна” вкарва сферичното чело на основния си водач в ключалката на заключващото устройство и той се застопорява чрез ключа. Освобождаването на “Система гребна” от заключващото устройство се осъществява при въздействие на един от палците на “Система гребна” върху щифта на ключа в определен момент при движението на “Система гребна” назад.

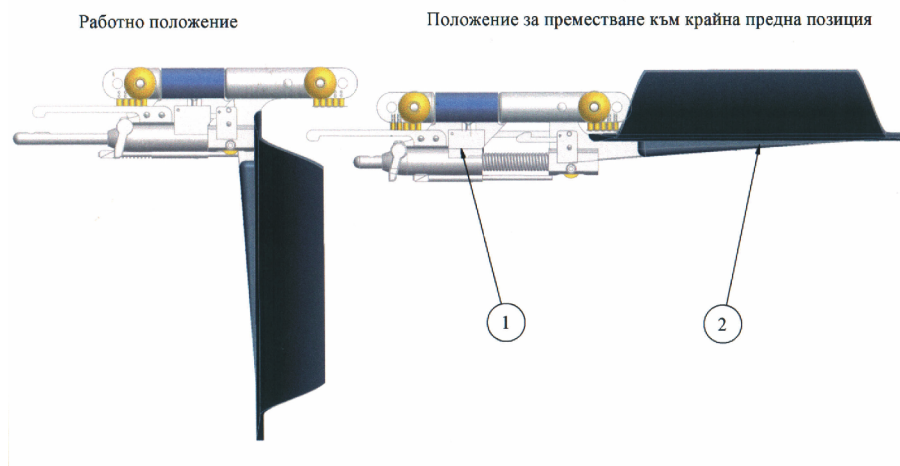
2.3.1.2 Фиксатор

В задната част на “Профил водещ” чрез заваряване се присъединява фиксатор. Фиксаторът служи за първа присъединителна точка на допълнителния водач към основната конструкция. Прорезът в долната част на “Втулка” се изработва заедно с прореза на водещия профил след вграждане в борда.

2.3.2 Водач допълнителен – фиг.2.3, поз.2

Допълнителният водач осъществява хоризонталната стабилизация на плавателния съд и дава възможност на “Система гребна” да постигне ход 3 m. Той представлява заварена конструкция, върху която е излят стабилизатора. В предния край на тръбния профил е заварен фиксатор. В задния край са заварени детайлите на задната опора. След това се отлива стабилизаторът. Накрая се изработва прорез в долния край на тръбния профил с ширина 4.5 mm. Ролката в задната опора служи за водеща на силовото въже. Допълнителният водач се присъединява към основния водач, като предната част на тръбния профил влиза във втулката на основния водач, а фиксатора влиза в гнездото. Лявата и дясната опори имат отвори с резба M8, в които се завиват тръбните опори. По този начин се осъществява триточково окачване на допълнителния водач.

2.4 Система гребна – фиг.2.4



Фиг. 2.4 – Система гребна

Основната задача на “Система гребна” е да управлява поведението на греблото. Състои се от следните групи и сглобени единици :

- Гребло – фиг.2.4, поз. 2
- Затварящо устройство– фиг.2.4, поз. 1

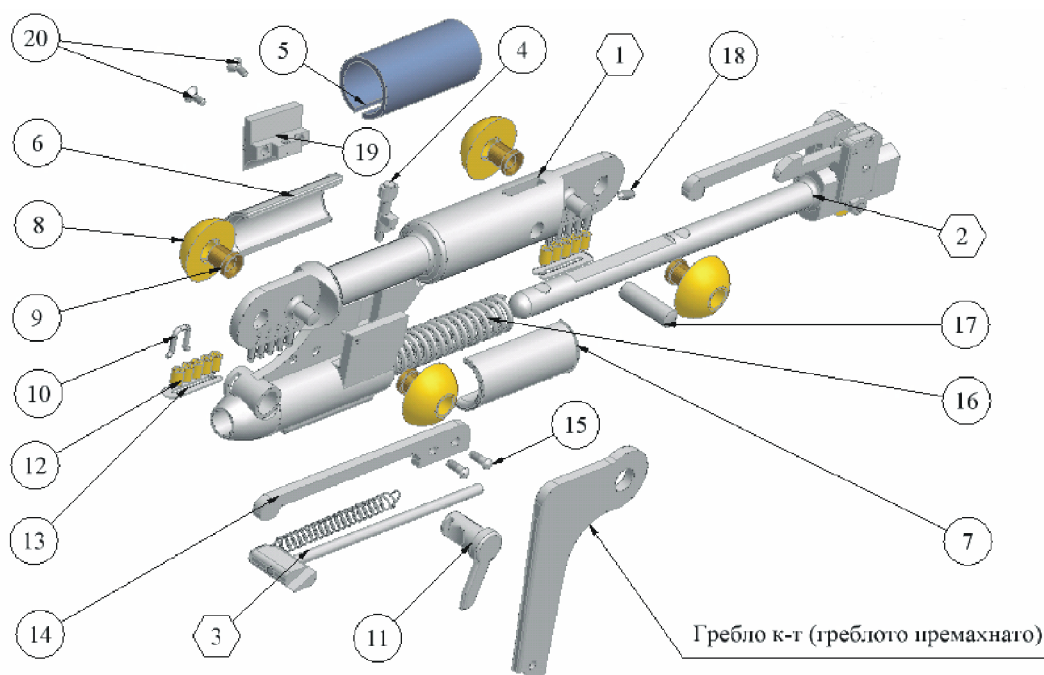
На фиг.4 са показани основните положения на “Система гребна”. При работно положение греблото е във вертикално положение. Движението е назад по тръбните профили на “Система водеща” под въздействие на приложена сила във силовото въже от “Система задвижваща” (фиг.2.1, IV) през ролката допълнителния водач към “Система гребна”. При достатъчно намаляване или прекратяване на прилагането на сила, греблото се завърта на 90° назад и в това положение цялата система тръгва напред. По – подробно механизмът на действие на “Система гребна” ще бъде разгледан след описанието на конструкцията.

2.4.1 Гребло – фиг.2.4, поз. 2

Греблото е отлято заедно с лоста чрез, който се осъществява ротацията му от вертикално до хоризонтално положение и обратно.

Работната площ на греблото се равнява приблизително на площта на три пера на стандартни гребла. Формата на греблото е създадена по аналогия със съществуващи модели и подлежи на оптимизация след симулация на работата му и реални изпитания. Формата и разположението на повърхнините са съобразени с : максимално съпротивление при работно (вертикално) положение (фиг.2.4) и минимално съпротивление при преместване напред (хоризонтално) (фиг.2.4).

2.4.2 Устройство затварящо – фиг.2.5



Фиг.2.5 - Устройство затварящо

Затварящото устройство изпълнява множество функции по управление на греблото в определени моменти. Състои се от :

- Носач – фиг. 2.5 - 1
 - Водач – фиг. 2.5 – 2
 - Изключвател – фиг.2.5 - 3
- и 20 детайла.

Носачът е базовата група, към която се свързват останалите групи и детайли. Той е заварена конструкция, състояща се от 10 детайла.

Водачът е групата, която предава акумулираната енергия върху греблото и контролира действието на спиратката.

Изключвателят е групата, която контролира поведението на греблото и подава импулс към устройството за действието на водача.

Съставлящите групи и детайли на затварящото устройство имат адекватно действие спрямо състоянието на цялата система. Автоматизираното управление на

гребната система предопределя изключването на индивидуалната оценка на ситуацията (режима на гребане) и оптимална конфигурация при въздействие на факторите, влияещи върху режима (прилагана сила, скорост на движение на съда, срещане на препятствия и др.). Чрез силовата пружина (поз.16) се извършва преразпределение на прилаганата сила. За разлика от стандартните съдове, където максималната приложена сила е в началото на водната работа на гребния цикъл, тук част от енергията в началния етап се прехвърля в крайното загребване.

По-задълбочено действието на затварящото устройство ще бъде разгледано при описанието на действието на “Система гребна”.

2.4.3 Конструкция и действие на “Система гребна”

Цялата гребна система се движи по тръбния профил в основата на сърфборда и по неговото продължение назад (до 3 m), като контакта се осъществява чрез сферични ролки (поз.8). Поради възможност за ротация на системата около оста на тръбата и създаване на съпротивление в междинните звена, е създадена структура за предотвратяване на ротацията (вертикални ролки поз.12). Силовото въже е прикрепено към задния отвор на носача (поз.1). Спиралната пружина, предназначена за връщане на гребната система в крайно предно положение, е закрепена за предния отвор на носача. Можем да разделим действието на гребната система на три части ;

- 1) Предно положение
- 2) Работна дистанция
- 3) Крайно загребване

1) В крайно предно положение водачът (поз.2) е застопорен в заключващото устройство на основния водач. При прилагане на сила от гребца, започва движение на цялата гребна система назад, като при това се свива силовата пружина (поз.16). В този етап се освобождава греблото, което преди това е било застопорено в хоризонтално положение от водача (поз.2) под действието на силовата пружина. При достигане на деформация на силовата пружина малко под максимално допустимата, палецът (поз.14) отключва заключващото устройство и гребната система потегля рязко назад, като отваря греблото (то заема вертикално положение). Започва работа на гребната система в работната дистанция.

2) При работа на гребната система в този етап, разположението на съставлящите групи и детайли е следното :

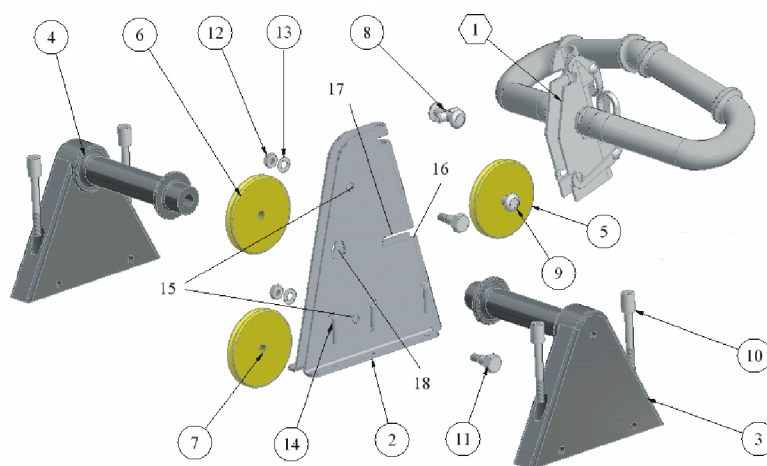
- водачът е застопорен в ключалката на носача чрез ключ (поз.11), което гарантира задържането на силовата пружина в напрегнато състояние.
- поради това, че водачът е в крайно предно положение, палците, разположени върху него, са в готовност за задействане на спирачната система.
- изключвателят (поз.3) е заел положение в готовност за освобождаване на силовата пружина.

Под въздействие на прилаганата от гребца сила, гребната система с греблото се придвижва назад. Осъществява се загребването. То продължава до тогава, докато има приложена сила или греблото не срещне подводно съпротивление. При спиране на прилагането на сила в силовото въже, греблото е подложено на водно съпротивление (или срещане на подводно препятствие) и под негово въздействие се завърта около оста (поз.17). Достатъчно е завъртане на 1° , за да се задействат частите на гребната система. Започва крайното загребване.

3) При отклонение на греблото от вертикалното му положение на около 1° , изключвателят (поз.3) завърта ключа (поз.11) и освобождава водача (поз.2). Той , под

действие на силовата пружина (поз.16), притиска греблото назад, като се отдава акумулираната в крайно предно положение енергия в силовата пружина. Рационалното използване на тази енергия за придвижване на съда е възможно само чрез задействането в този момент на спирачката, състояща се от детайлите 4, 5, 6 и 7. Целта за използване на спирачка е да се предотврати преместването на гребната система напред по тръбния профил, без да се придвижи плавателния съд. Спирачката действа от началото на крайното загребване до завъртане на греблото на 5° преди заемане на хоризонтално положение. След това застопоряването към водещия профил се преустановява и гребната система има възможност, под действието на възвратната пружина, да се движи напред до достигане на крайно предно положение.

2.5 Система задвижваща – фиг.2.6



Фиг. 2.6 – Система задвижваща

“Система задвижваща” е разположена върху горната повърхнина на борда. Основните функции на системата са :

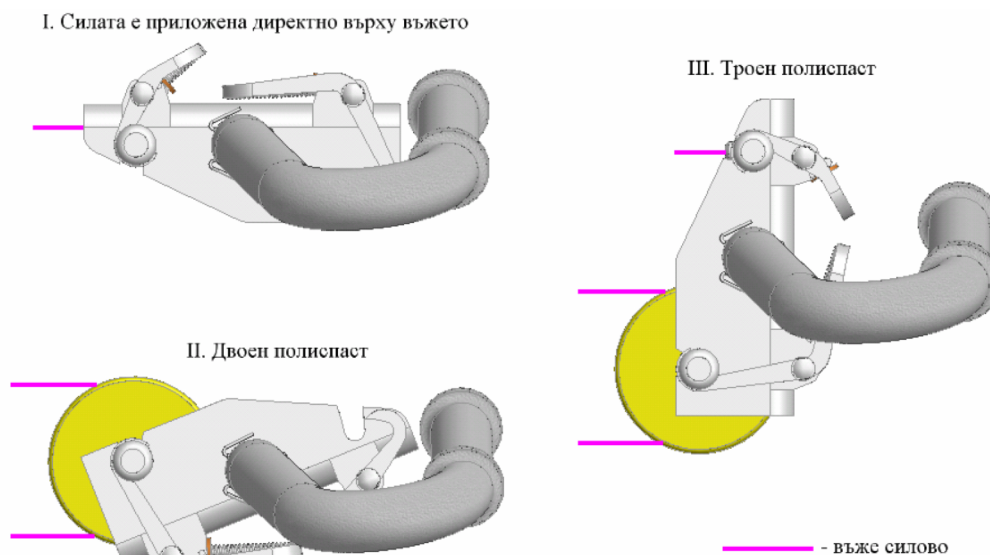
1. Създава възможност за прилагане на сила от гребца върху силовото въже.
2. Реверсира посоката на движение на силовото въже.
3. Позволява промяна на скоростта на движение на “Система гребна.
4. Осигурява опори за краката.

“Система задвижваща” се състои от :

- Превключвател – фиг. 2.6, поз.1 и 14 детайла.

Конзолата (поз.2) е закрепена към горната част на борда чрез шест винта и резбови втулки, вградени в борда. Към нея са закрепени неподвижните горна ролка (поз.6) и долна ролка (поз.7) с два болта, гайки, пружинни и подложни шайби. Подвижната ролка (поз.5), с вградена предварително ос (поз.9) се поставя свободно през прореза (16) на конзолата. Крайното фиксиране на подвижната ролка към конзолата се осъществява след преминаване на силовото въже през трите ролки. Към страничните отвори $\Phi 30$ на конзолата се присъединяват лявата и дясната стъпенка (поз.3 и 4). Към така създадената конструкция свободно се присъединява превключвателя. Той е съставен от 16 детайла.

2.5.1 Действие на “Система задвижваща”



Фиг. 2.7 – Положения на превключвател

Силовото въже преминава през долния отвор на конзолата зад долната ролка, пред подвижната ролка, като я застопорява към конзолата, след това зад горната ролка и резбовия накрайник на въжето се завива в накрайника от задвижващата система. Прорезите в силовата планка попаднат – горния върху накрайника, а долния върху оста на подвижната ролка. Ключовете на превключвателя могат да заемат две положения, определени от пружините върху фиксаторите. При включено положение, дъговата част затваря връзката с накрайника или оста на подвижната ролка или и към двете. По този начин силата прилагана към ръкохватката се предава или към края на въжето (фиг.2.7, I) или подвижната ролка (фиг.2.7, II), или и към двете (фиг.2.7, II). Получените три положения за предаване на силата се използват за адаптиране на режима на гребане (прилагане на сила) спрямо режима на движение на плавателния съд. При първоначално ускоряване се използва режим I (фиг.2.7), при движение със скорости от средния диапазон се използва режим II (фиг.2.7), при високи скорости се използва режим III (фиг.2.7). Съотношението на хода на ръкохватката към хода на гребло е :

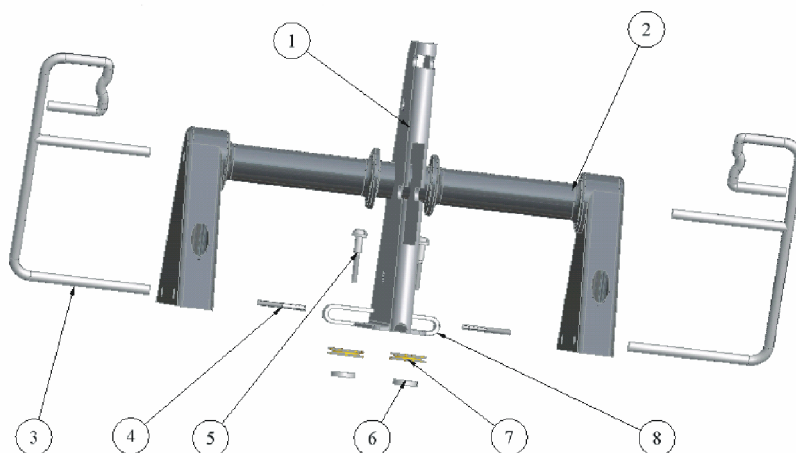
1. Режим I – 1500/1500
2. Режим II – 1500/3000
3. Режим III – 1000/3000

Превключването на режимите (скоростите) е възможно само в крайно предно положение на превключвателя. Към “Система задвижваща” се присъединяват част от елементите на “Система рулево – спирачна”, която ще бъде разгледана по – късно.

2.6 Система рулево – спирачна – фиг.2.8, 2. 9

“Система рулево – спирачна” се използва за управление и намаляване на скоростта на плавателния съд. Поради липса на стандартни гребла за гребни плавателни съдове, управлението и намаляването на скоростта е възможно по време на гребния цикъл. Управлението на системата се извършва чрез странично преместване на стъпалото на крака върху лявата или дясната стъпенка (фиг.2.8, поз. 3). Системата е разделена на две устройства.

2.6.1 Устройство крачно – фиг.2.8

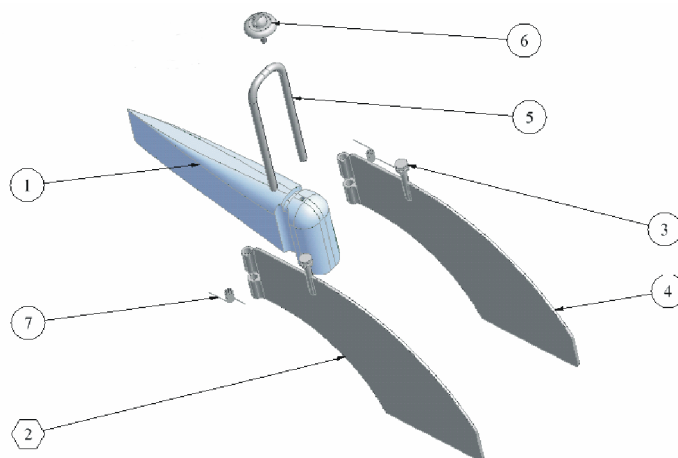


Фиг. 2.8 – Система рулево – спирачна – управление

Крачното устройство се състои от 8 детайла.

Носачите (фиг.2.8, поз.8) са заварени към конзолата (поз.2). Поставят се ролките (поз.7). С винт (поз.5), който се завива в резбова втулка, вградена в борда се свързва групата на ролките. Винтът изпълнява ролята на ос за ролките. В резбовия накрайник (поз.4) има централен отвор, в който влиза края на статично въже $\Phi 2$, след което края му се развалцова и се осъществява неразглобяема връзка. Хоризонталните цилиндрични части на скобите (поз.3) влизат в страничните отвори на лявата и дясната стъпенки. В долната цилиндрична част на скобите има отвор с резба, в който се завива резбовият накрайник.

2.6.2 Рул – фиг.2.9



Фиг. 2.9 – Система рулево – спирачна – рул

Рулят се състои от 7 детайла.

На фиг.2.9 е показан начина на сглобяване на руля. Към рулевата конзола (фиг.2.9, поз.1), която е изградена върху задната част на борда, се присъединяват рулевите пластини (поз.2). Те се фиксират, като скобата (поз.5) преминава през отворите в предната им част и през пружините (поз.7), поставени в прорезите.

Долните цилиндрични участъци на скобата влизат в гладки втулки, вградени в борда. За фиксиране на скобата във вертикална посока се използва винт (поз.6), който се завива в резбовия отвор на рулевата конзола. Пружините притискат рулевите пластини към рулевата конзола и по този начин се осигурява успоредността им по време на движение. Към лоста (поз.3) се фиксира другия край на статичните въжета $\Phi 2$.

2.6.3 Действие на “Система рулево – спирачна”

При натискане с крак на една от скобите, чрез въжето, през ролките и достигащо до лоста се извършва завъртане на рулева пластина около вертикалната цилиндрична част на скобата. Възможностите за действие на системата са следните :

1. Завъртане на дясната рулева пластина – завой надясно
2. Завъртане на лявата рулева пластина – завой наляво
3. Отваряне на двете рулеви пластини – намаляване на скоростта (спиране)
- 4.

2.11 Зключителни бележки

Описаните системи и механизми за гребния съд с подводно гребло, при взаимодействието си, осъществяват основните функции на изделието. Изискванията, поставени в заданието, са изпълнени. Създаден е идеен проект за изделие, което запълва празната ниша между състезателните гребни плавателни съдове и тези със спортно – развлекателно предназначение. Сравнително простите по устройство системи и механизми, както и използването на стандартни изделия, способстват за ограничаване на цената.

Идейният проект е разработен с използването на един най – мощните продукти за 3D моделиране Autodesk Inventor. Създадени са 22 групи и подгрупи с над 130 детайла. Геометричните параметри на детайлите и връзките между тях в сглобените единици са заложили при създаването им. Те не са разгледани в тази глава, тъй като ще бъдат използвани в бъдещ работен проект. Описанието на структурата на системите и механизмите, както и материалите за изработване на детайлите, също са база за работен проект. Създадена е възможност в етапа на разработване на работния проект, да бъдат взимани нови конкретни конструктивни решения, с цел подобряване на конструкцията, понижаване на цената, подобряване на технологичността, експлоатационните качества, ремонтпригодността и т.н.

Глава III

Хидродинамичен анализ на конструкцията

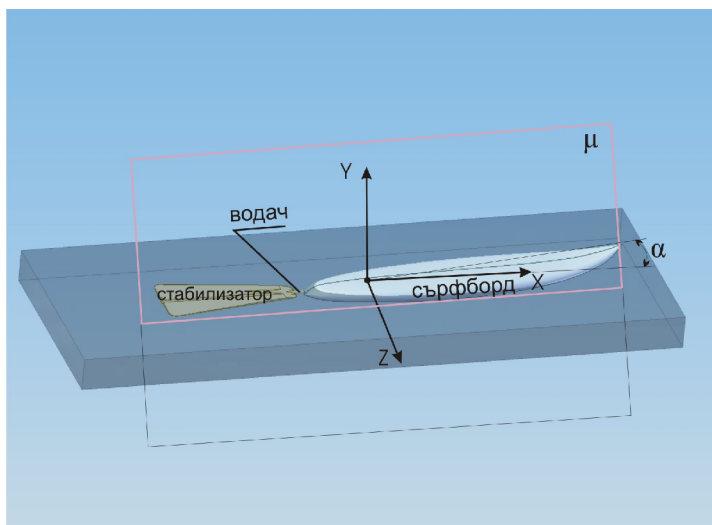
3.1. Въведение

На този етап, след като са уточнени геометрията и размерите на детайлите (но не окончателно), връзките и взаимодействията, следва да се направят анализи на конструкцията – геометричен, статичен, кинематичен, динамичен, хидродинамичен и т. н. Тези анализи са необходими за предварителна информация за да се установи доколко работата на конструкцията отговаря на условията според заданието. Пълното изясняване на работоспособността на изделието се постига след тестове и изпитания на прототип в реални условия на работа. В близкото минало (а понякога и сега) анализите на конструкцията се извършваха по определени методики с множество изчисления, провеждаха се тестове и изпитания на множество

прототипи. След това, на база на получените резултати, се извършват промени в конструкцията с цел подобряване на нейната работа. И този цикъл се повтаря до постигане на оптимална работоспособност.

3.2. Геометричен модел - фиг. 3.1

Създадена е система от три обекта – сърф, стабилизатор, водач и водна среда – фиг 3.1. Стабилизаторът и водачът са обединени в един детайл. Сърфът е стандартен борд за уиндсърф. Неговата геометрия е създадена на основата на повърхнина, интерполираща серия от равнинни сечения. Сърфът и стабилизаторът са свързани неподвижно. Въведена е декартова координатна система с начало в центъра на тежестта на плавателния съд. Съществува равнина на симетрия (μ), определена от осите x, y . Нивото на потапяне на плавателния съд е според характеристиките на натоварения стандартен сърфборд. За условия на работата са зададени скоростта на плавателния съд v ($0 < v < 6$ m/s) и ъгъла на атаката α ($0 < \alpha < 4^\circ$). (Скоростта е в границите $2 \div 6$ m/s, а ъгъла на атаката – $0^\circ \div 4^\circ$.)



Фиг. 3. 1

3.3. Гранични условия

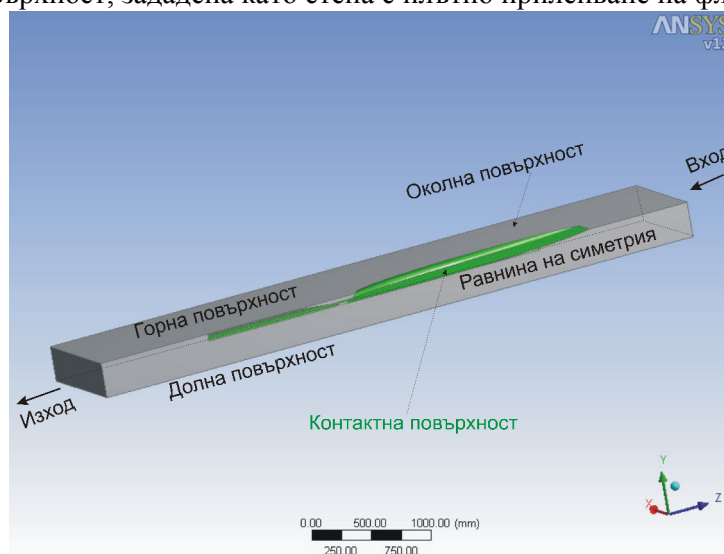
За целите на изследването обектът е потопен във водна среда с правоъгълна форма и граници достатъчно отдалечени за да не влияят на получените резултати. Водата е моделирана като еднофазен хомогенен флуид с плътност 997 kg/m^3 и динамичен вискозитет $889,9 \cdot 10^{-6} \text{ kg/m.s}$. Тъй като промяната на налягането по дълбочина следва законите на хидростатиката, по границата на дефинираната работна среда са приети следните гранични условия (фиг. 3.2):

- вход със зададена скорост на флуида ($\mathbf{V}_{\text{вход}} = U_{\text{зад}} \mathbf{i} + V_{\text{зад}} \mathbf{j} + W_{\text{зад}} \mathbf{k}$; $U_{\text{зад}}$, $V_{\text{зад}}$ и $W_{\text{зад}}$ са зададени компоненти на скоростта по координатните оси, $\mathbf{i}$, $\mathbf{j}$ и $\mathbf{k}$ са единични вектори) и ниска степен (5%) на турбулентността.

- изход със зададено налягане, равно на това на околната среда ($p_{\text{изход}} = 9,97 \text{ h}$ [кПа], където h е в [m]), $\mathbf{V}_{\text{и}} = - (U_{\text{и}} \mathbf{i} + V_{\text{и}} \mathbf{j} + W_{\text{и}} \mathbf{k})$; $U_{\text{и}}$, $V_{\text{и}}$ и $W_{\text{и}}$ са зададени компоненти на скоростта на изхода по координатните оси

- околна и долна повърхност, зададени като отворени повърхности, през които флуидът преминава свободно, $\mathbf{V} = \pm (U \mathbf{i} + V \mathbf{j} + W \mathbf{k})$;

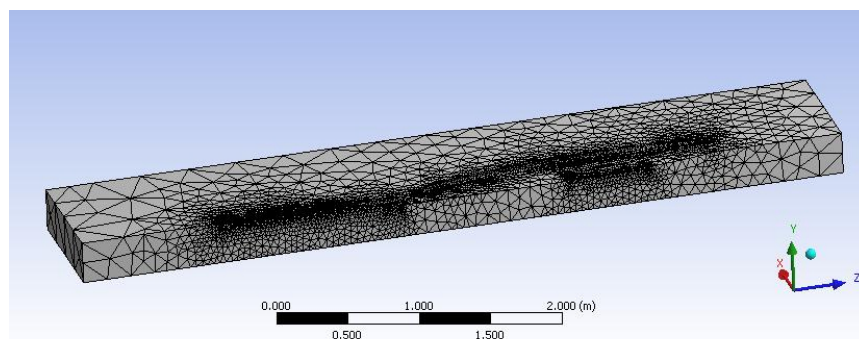
- горна повърхност, зададена като стена без триене със следните гранични условия:
 $V_n = 0$, където V_n е нормалната компонента на скоростта;
 $\tau = 0$, τ - тангенциално напрежение,
- контактна повърхност, зададена като стена с плътно прилепване на флуида ($V=0$).



Фиг. 3. 2

3.4. Елементна мрежа (фиг. 3.3)

Въпреки премахването на излишните елементи от конструкцията, в модела остават доста повърхнини с размери, пренебрежима малки в сравнение с основите размери на обекта. Това може да доведе до генериране на прекалено финна мрежа в места от изследваната област, където това не е необходимо. За елементиране на този отрицателен ефект, в модела са въведени виртуални повърхнини, обединяващи микropовърхнините в една обща макроповърхнина. Допълнителен положителен ефект от тази операция е премахване на възможността за генериране в следващите стъпки на анализа на клетки, съдържащи много малки ъгли (т.н. твърди елементи), които силно намаляват точността на решението.



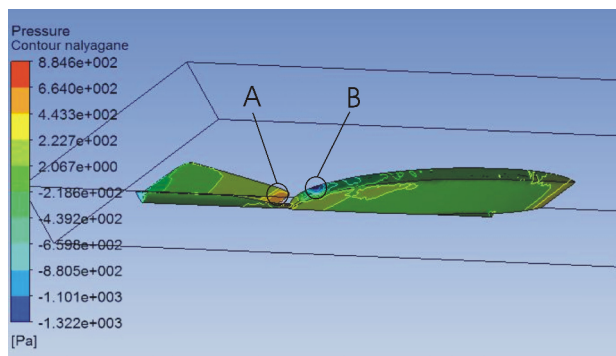
Фиг 3.3

3.5. Резултати

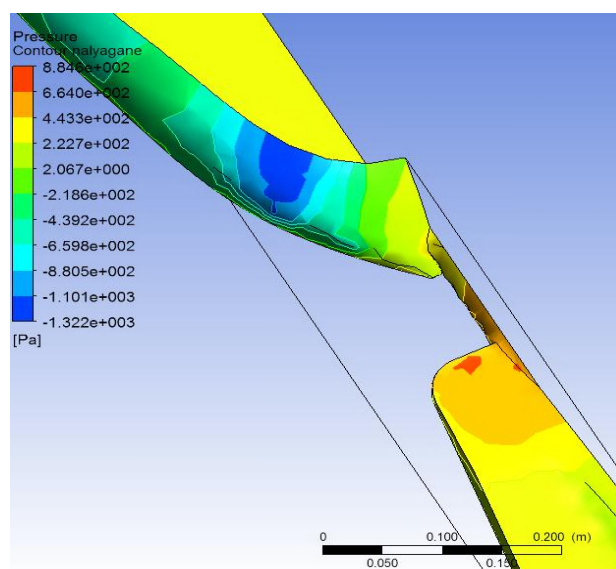
Налягане – в зона А - стабилизатор (фиг. 3.4) се получава максимално налягане, чиито стойности са описани в табл. 3.1 и са графично представени на фиг. 3.6. В зона В - борд (фиг. 3.4) се получава минимално налягане (подналягане), а стойностите са описани в табл. 3.1 и графично са представени на фиг 3.7. На фиг 3.5 са увеличени зоните с екстремални налягания.

Разглеждайки нарастването на максималното налягане на фиг. 3.6. може да се отбележи че, то плавно нараства в зависимост от ъгъла на атака при скорости до 5 m/s. Пиковата стойност се получава при скорост 6m/s и ъгъл 3° . Всъщност, тази скорост се постига много рядко и е почти недостижима за категорията на едноместни гребни плавателни съдове. Тъй като задачата на стабилизатора са да създава водно съпротивление за компенсиране силата на реакцията при движение на гребца напред, налягането в тази област може да се счита, че има положително влияние върху общото поведение на плавателния съд.

Минималното налягане (максимално подналягане) фиг. 3.4 – В и фиг. 3.7 е в задната част на борда и има отрицателно влияние върху движението на плавателния съд.



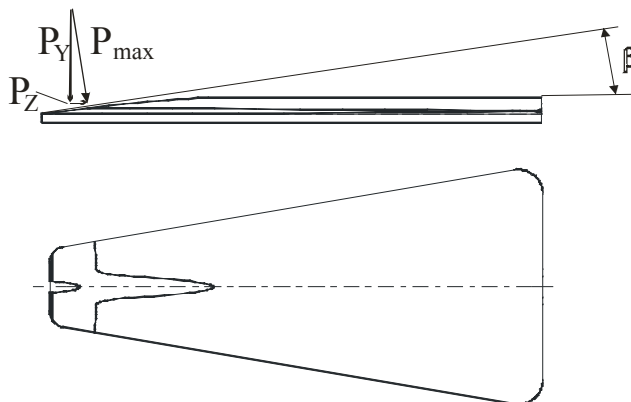
Фиг. 3.4



Фиг. 3.5

3.5. Конструктивни решения

На базата на анализ на получените резултати могат да бъдат направени някои заключения относно формата на стабилизатора.



Фиг. 3.9

Налягането, получено в челото на стабилизатора $P_{\max}$ (фиг. 3.9) има компоненти P_Y и P_Z , където:

$$P_Y = P_{\max} \cos \beta$$

$$P_Z = P_{\max} \sin \beta$$

Силата на реакцията при движение на гребца напред, действа в отрицателна посока на движението. Проведеният анализ дава конкретни стойности на реакцията при различни стойности на ъгъла на атака β . От друга страна реакцията зависи от комплексните индивидуални качества на гребца – масата, която влияе върху общата маса на системата и физическата му сила, която влияе върху ускорението на системата напред. В зависимост от ъгъла β могат да се постигат различни

отношения $\frac{P_Y}{P_Z}$, които да определят оптимална функционалност на стабилизатора.

Получените от анализа резултати биха могли да бъдат използвани при създаване на процедура за проектиране на изделия с отчитане на индивидуалните данни на потребителя.

При идейния проект е използван стандартен борд за уиндсърф 120 l. За намаляване или изключване на максималното подналягане върху задната страна на борда, могат да се направят изследвания на други бордове от този тип или да се проектира специален борд.

Глава IV

Изследване на механичното поведение на нестандартно гребло

4.1. Въведение

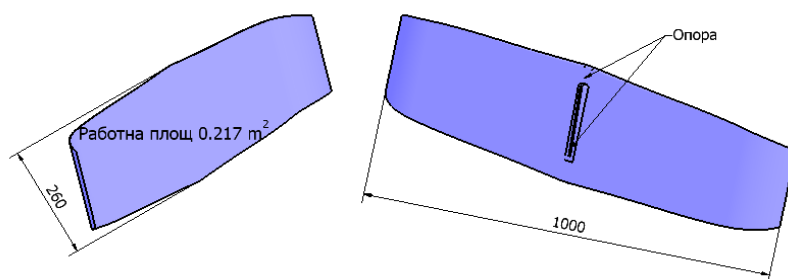
Използвана е методика на “Cambridge Engineering Selector Lab” за определяне на материала по метода на тегловния фактор.

В настоящата глава се представя анализ на механичното поведение на нестандартно праволонейно движещо се гребло (фиг. 4.1), проведен чрез създаване на 3D модел с Autodesk Inventor и симулация в средата на WorkBench ANSYS 9.0. Получени са резултати за напрегнато деформирано състояние за три представителни за изделието материала при постоянна геометрия. Описана е методика за избор на материала по метода на тегловния фактор.

4.2. Геометричен модел

При създаване на геометричния модел на греблото са използвани аналогии със съществуващи образци. Тъй като гамата на произвежданите гребла е изключително широка (за развлекателни, състезателни и др. цели, различни условия на работа и т.н.) за аналози са използвани модели на гребла за скиф. При тях се използват високотехнологични процеси за изработване и съвременни материали, като целта е постигане на висока скорост с оптимално използване на енергийния ресурс на гребца. Разбира се, геометрията на създаденото гребло е съобразена и с конструктивните изисквания на гребния плавателен съд. Поради специфичните особености на гребния процес за новосъздадения гребен плавателен съд (липса на

традиционна лостова система за стандартните гребла), работната площ на това единствено за съда гребло, е $2.5 \div 2.7$ пъти по-голяма от площта на перото на стандартно гребло. Използваните повърхнини са съобразени с посоката на движение на греблото и осигуряват максимално съпротивление във водната среда при загребване и минимално при движение напред (в прибрано положение).



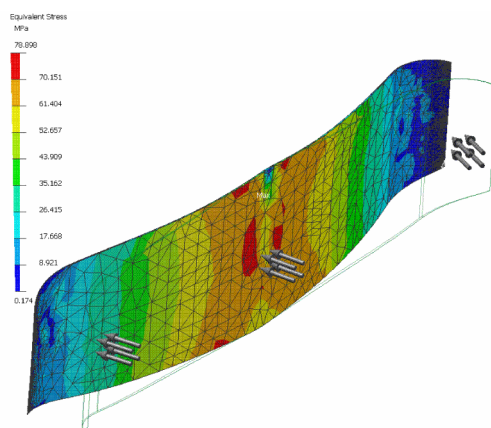
Фиг. 4.1 Геометрия на греблото

4.3 Компютърна симулация

Тъй като обектът има вертикална централна равнина на симетрия, при компютърната симулация е разгледана едната половина от греблото. По равнината на симетрия са зададени нулеви премествания, а в областта на закрепване и нулеви завъртания. Тъй като опората на греблото не е по цялата му ширина, обектът не може

да бъде опростен до запъната гредна и напрегнато-деформираното състояние трябва да се разглежда като тримерно. За механо-математично моделиране са използвани крайни елементи тип “Solid187” на системата ANSYS, с четири възела, 12 степени на свобода и големи премествания във възлите. Материалът се разглежда като линейно-еластичен. По време на загребване, греблото не е абсолютно неподвижно спрямо водата, което предполага наличие на известно хидро-динамично натоварване, което в разглеждания случай се пренебрегва. Приема се статично натоварване, равномерно разпределено като хидростатично налягане по вътрешната страна на греблото, при което формираният хидростатичен натиск е равен на силата, приложена в ръкохватката.

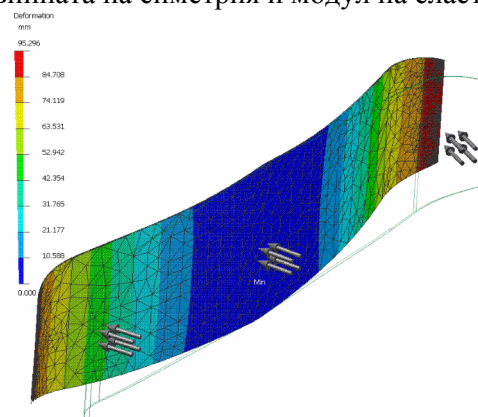
При тези условия (линейни свойства на материала и нелинейно геометрично решение), задачата се решава със задоволителна точност на машина Intel Celeron 2.4 GHz, 256 MB RAM за около 25 мин. Следят се резултатите за еквивалентното напрежение (Von Mises) за оценка на надеждността (фиг. 4.2). Резултати за три представителни материала са дадени в таб. 4.1.



Фиг. 4.2 Напрежения

За да изпълнява функционалното си предназначение като опора на задвижващата система, греблото трябва да запазва началната си форма през целият цикъл на натоварване. Това предполага ограничаване на преместванията в една предварително зададена експлоатационна област.

Сложните форма и закрепване на греблото предполагат нелинейна връзка между размерите и максималното преместване Δ . Създадената методика на решаване позволява сравнително бързо да бъдат получени резултати за стойностите на Δ при различна дебелина δ в равнината на симетрия и модул на еластичността E (фиг. 4.3).



Фиг. 4.3 Деформации

Табл. 4.1

<i>Материал</i>	<i>Max еквивалентно напрежение Pa</i>	<i>Max деформация cm</i>	<i>Min коэффициент на сигурност</i>
Полиетилен с висока плътност	78 898 600	27.2	1.33082
Полиетилен с много висока плътност	78 898 600	59.56	0.608376
Композит - епоксидна смола със стъкловлакна	78 898 600	9.296	15

Резултатите позволяват да бъде получена зависимост

$$(4.1) \quad \Delta = f(\delta, E),$$

необходима при процедура за избор на материал.

4.4. Избор на материал

В настоящата работа се предлага процедура за избор на материал за изработване на греблото, основана на метода на тегловния фактор [15]. Този метод предполага наличието на целеви функции, в която материалните свойства са групирани в отделен член, например от вида:

$$(4.2) \quad P_i = f(F_i)f(G_i)f(M_i),$$

където $f(F_i)$ е член, съдържащ ограничителните условия, $f(G_i)$ - съдържащ геометричните характеристики на греблото и $f(M_i)$ е членът, който ни интересува (материален индекс) и съдържа свойствата на материала. При наличието на база данни за физико-механичните характеристики на наличните конструкционни материали, могат да бъдат изчислени конкретни стойности на тегловния индекс W_i :

$$(4.3) \quad W_i = w_i \frac{M_i}{(M_i)_{\max}},$$

след което за оптимален се избира материалът с максимална стойност на сумарния тегловен индекс W_n :

$$(4.4) \quad W_n = \sum_{i=1}^n W_i = \sum_{i=1}^n w_i \frac{M_i}{(M_i)_{\max}},$$

където w_i е тегловен коефициент, n е броя на поставените цели при избора на материал. В представения случай целите са минимална маса ($i=1$) и минимална цена ($i=2$). Тъй като изделието се проектира със спортно-развлекателно предназначение, въведени са и два тегловни коефициента $w_i=0.3$ и $w_i=0.7$.

Като ограничителни условия при избора се приемат размерите на греблото и максималната стойност на преместването Δ , при които ще бъде разгледано формирането на целевите тегловни индекси.

Минимална маса ($i=1$)

Площта на греблото се приема за постоянна (членът $f(G_i)$ от ур. 4.1 отпада), а сеченията в двете основни направления на равнината на греблото се приемат за подобни при различните конфигурации. При тези предпоставки единственият променлив геометричен размер остава дебелината δ в централната равнина на симетрия. От него ще зависи и обемът на греблото - $V=f(\delta)$. Така при известна плътност ρ на материала, масата се получава като

$$(4.5) \quad m = f(\delta)\rho.$$

За целите на настоящата процедура ур. 4.1 трябва да бъде преработено във вида $\Delta = f(\delta)f(E)$, или $f(\delta) = \frac{\Delta}{f(E)}$. След заместване на този израз, ур. 4.5 добива вида

$$(4.6) \quad m = \frac{\Delta}{f(E)}\rho. \text{ При съпоставка с ур. 4.2 се вижда, че}$$

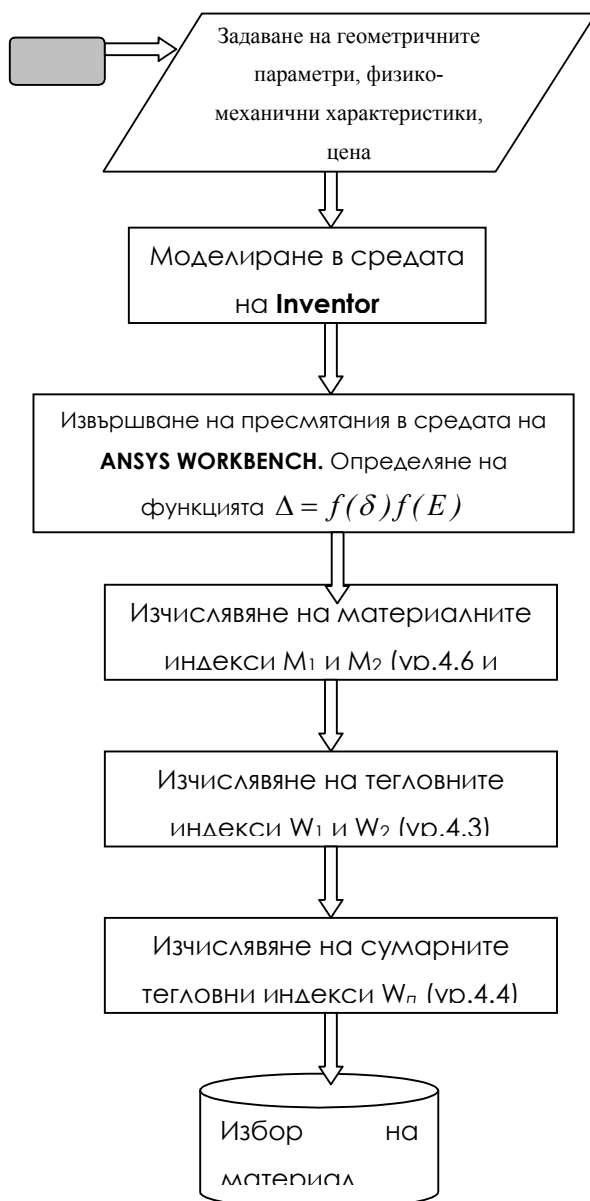
$$M_1 = \frac{1}{f(E)}\rho.$$

Минимална цена ($i=2$)

При известна цена за килограм от материала C_m , цената на цялото изделие ще бъде $C = f(\delta)\rho C_m$, и след заместване на $f(\delta)$ стане $C = \frac{C_m}{f(E)}\rho$. При съпоставка с ур. 4.2 се вижда, че

$$(4.7) \quad M_2 = \frac{C_m}{f(E)}\rho.$$

Цялостната процедурата по избора на материал може да бъде представена със следния алгоритъм (фиг. 4.4):



Фиг.4 Процедура по избор на материал

На таблица 4.2 са показани резултите от проведените изчисления с разглежданите материали.

4.5. Изводи

Сложните елементи на формата на разглеждания обект предполагат в процеса на проектиране да бъде използвана система за 3D моделиране, а механичните пресмятания да бъдат провеждани по метода на крайните елементи с САЕ продукт. Съвместната работа на двете системи в обща среда съкращава времето за решаване на задачата, като отпада необходимостта от въвеждане на опростяващи предпоставки.

Табл. 4.2

<i>Материал</i>	ρ <i>kg/m³</i>	E <i>GPa</i>	C_m <i>\$/kg</i>	$\frac{E_{on}^{1/2}}{\rho}$	M_1	$\frac{E_{on}^{1/2}}{\rho C_m}$	M_2	W	M_{zp} <i>kg</i>
Полиетилен с висока плътност	958	1.05	1.45	0.00107	0.342	0.00074	1.000	0.54	0.916
Полиетилен с много висока плътност	945	0.48	3.90	0.00073	0.234	0.00019	0.255	0.24	0.904
Композит - епоксидна смола със стъклоvlakна	1750	30.0	15.5	0.00313	1.000	0.00020	0.274	0.78	1.673
Фиктивен материал	20	20	60	0.22361	1.000	0.00373	1.000	1.00	

Заклучение

В настоящата дисертация бяха представени:

1. Въведение в проблема, относно действието на стандартни едноместни гребни плавателни съдове. Към тях има стриктни ограничения към конструкцията и масата. Описан е стандартния гребен процес.
2. Концептуален модел на нов тип едноместен гребен плавателен съд. Моделът е описан на ниво идеен проект. Използван е продукт за 3D моделиране Autodesk Inventor.
3. Примерни методи за виртуални симулации на действието на системи и детайли от модела и анализ на резултатите. Използван е CAE продукт ANSYS.
4. Взети са инженерни решения за оптимизиране на конструкцията.

Получени са следните резултати:

1. Изградена е концепция за нов начин на задвижване и управление на гребен плавателен съд.
2. Създаден е виртуален модел на едноместен гребен плавателен съд от нов тип.
3. Описани са геометрията, разположението и взаимодействието на отделните механизми и системи.
4. Взети за решения относно функционалността на изделието като цяло.

5. Изградени са принципи и методи за виртуални симулации на действието на гребния плавателен съд,
6. След направените анализи, са взети инженерни решения за оптимизация на конструкцията.

ПУБЛИКАЦИИ

1. Lessev Il., Panev S., New conception for a direction of single rowing boat. Power Transmissions'03, 11-12 September 2003, Varna.
2. Лесев Ил., Едноместен гребен плавателен съд с подводно гребло. Научна конф. "Синтез и анализ на механизми", Сливен, 25-28 юни, Сп."Механика на Машините", година XII, книга 4, 2004 г.
3. Илиян ЛЕСЕВ, Веселин ИЛИЕВ, Изследване на механичното поведение на нестандартно гребло при съвместна работа на Autodesk INVENTOR и ANSYS 9.0. Научна конф. "Синтез и анализ на механизми", Сливен, 2006. Сп."Механика на Машините", година XIV, книга 5, 2006 г.