

# ИЗВЕСТИЯ

---

на Съюза на учените – Варна

---

Серия “ТЕХНИЧЕСКИ НАУКИ” - 1’2013



UNION  
OF SCIENTISTS  
VARNA



# ИЗВЕСТИЯ

на Съюза на учените – Варна

## СЪДЪРЖАНИЕ

### МЕТАЛООБРАБОТКА, ТОПЛОТЕХНИКА, МОРСКА ТЕХНИКА

Стр.

|                                                                                                                                                                                 |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Борис Чендов – пленарен доклад</b><br>Логиката на научното познание като<br>интердисциплинарна област.....                                                                   | 3   |
| <b>Христо Крачунов – пленарен доклад</b><br>Проблеми и възможности за устойчивото развитие на<br>индустриалните зони като територии с минимални<br>екологични рискове.....      | 10  |
| <b>Илия Четров</b><br>Симулационен модел за прогнозиране ефективността на<br>адаптивното управление по точност при ММ с ЦПУ.....                                                | 25  |
| <b>Анастас Янгъзов</b><br>Числено моделиране на работата на центроостремителна<br>турбина.....                                                                                  | 34  |
| <b>Анастас Янгъзов</b><br>Числено моделиране на паротурбинно стъпало с<br>лабиринтни уплътнения.....                                                                            | 39  |
| <b>Стефан Кюлевчелиев, Александрина Василева,<br/>Светлозар Георгиев</b><br>Хидродинамични средства за повишаване на енергийната<br>ефективност на корабите.....                | 64  |
| <b>Теодора Андреева-Недялкова</b><br>Влияние на избора на системата на набора върху масовите<br>характеристики на двойния борд на кораба.....                                   | 72  |
| <b>Веселинова-Гутева, Биляна Димова</b><br>Комплексно изследване на заварени съединения с<br>вградени нецялостности.....                                                        | 80  |
| <b>Никола Петров, Владимир Йорданов, Стефан<br/>Кюлевчелиев, Вели Велиев</b><br>Експериментално изследване на фотоволтаично<br>задвижване на съдове за развлечение и спорт..... | 85  |
| <b>Владимир Йорданов</b><br>Определяне специфичния разход на гориво за двигатели<br>MAN Diesel тип ”MC-C” и ”ME” при ограничен диапазон<br>на натоварването.....                | 90  |
| <b>Огнян Жеков, Димитър Ставрев</b><br>Влияние на въздействието с ултразвук върху<br>охлаждащата способност на среди за закаляване.....                                         | 95  |
| <b>Петър Георгиев</b><br>LNG като корабно гориво – възможности и проблеми.....                                                                                                  | 117 |

### ЕЛЕКТРОНИКА, АВТОМАТИКА, ЕНЕРГЕТИКА, ТРАНСПОРТ

Стр.

|                                                                                                                                                                                                                                      |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Росен Спиров, Желязко Николов, Любомир Алексиев</b><br>Определяне параметрите на динамични обекти и<br>адаптиране на ОЕП на стерео ТВИС .....                                                                                     | 16  |
| <b>Желязко Николов, Росен Спиров, Любомир Алексиев</b><br>FPGA Някои аспекти на сигурността при мобилни<br>АД НОС мрежи.....                                                                                                         | 21  |
| <b>Тодорка Георгиева, Петьо Рабиу</b><br>Изследване на говор и VoIP трафик в WIRELESS<br>тракт.....                                                                                                                                  | 30  |
| <b>Любомир Камбуров</b><br>Многокомпонентни Френелови антени.....                                                                                                                                                                    | 47  |
| <b>Любомир Камбуров</b><br>Конформни елиптични Френелови лещи.....                                                                                                                                                                   | 50  |
| <b>Тончо Папанчев</b><br>Модифициран подход за оценка на параметрите на<br>разпределението на Вейбул при изпитване с нула или<br>единични откази и интервални данни.....                                                             | 53  |
| <b>Пламен Манасиев, Цветомир Тодоров</b><br>Реостатно управление на асинхронен генератор с навит<br>ротор за ветроенергиен агрегат.....                                                                                              | 58  |
| <b>Христо Крачунов, Николай Корназов</b><br>Информационен модел за управление на екологичната<br>сигурност на индустриални заони.....                                                                                                | 76  |
| <b>Стоян Славов, Нино Симеонов</b><br>Приложение на САД/CAM софтуерни продукти за<br>създаване и програмиране на специфични<br>инструментални пътища за обработване на равнинни<br>повърхнини .....                                  | 100 |
| <b>Александър Минчев, Валери Йотов, Диана Петрова</b><br>Рентгенофлуорисцентен анализ на два печата/шампи<br>(V-I в. пр. Хр.) за изработка на накити от тракийски<br>култов център на нос св. Атанас край Бяла, област<br>Варна..... | 108 |
| <b>Владимир Овчаров</b><br>Критични бележки относно някои монетосечения<br>отдавани на добруджанските владетели.....                                                                                                                 | 112 |
| <b>Александър Александров</b><br>Някои характеристики на Българската морска<br>култура.....                                                                                                                                          | 124 |
| <b>Йото Валериев, Йордан Бояджиев</b><br>За така наречените „амулетни конници с мъжка глава”.....                                                                                                                                    | 131 |
| <b>Иван Иванов, Петър Георгиев</b><br>Мониторинг на усилията при укрепване на превозваните с<br>кораби товари.....                                                                                                                   | 135 |

### РЕДАКЦИОНЕН СЪВЕТ

проф. д.н. Боян Медникаров  
проф. д-р Овид Фархи  
проф. д.т.н. Руси Русев  
доц. д-р Иван Иванов  
гл.ас. д-р Любомир Камбуров

### РЕДАКЦИОННА КОЛЕГИЯ НА БРОЯ

проф. д-р Овид Фархи  
проф. д.т.н. Руси Русев  
доц. д-р Иван Иванов  
гл.ас. д-р Любомир Камбуров  
д-р Йордан Бояджиев

### СЪЮЗ НА УЧЕНИТЕ – ВАРНА

Пощенски адрес: гр.Варна 9000,  
ул. “Васил Друмев” № 73  
Съюз на учените -Варна  
тел:052/55-22-77

Авторите носят отговорност за своите материали .  
Текстовете, които се представят в редакцията,  
следва да са във форма на MS Word и  
придружени с разпечатка. Снимков материал се  
представя и с негативи. Ръкописи не се връщат.

### Предпечатна подготовка

Съюз на учените - Варна  
**Координатор на СУ-Варна:**  
гл.ас. д-р инж. Желязко Николов  
e-mail: zhelyazko\_nikolov@abv.bg

Настоящото издание е  
посветено на  
**Науката в служба на  
обществото**  
и се осъществява по  
проект, в рамките на  
присъщата на  
**Технически  
Университет - Варна**  
научноизследователска  
дейност, финансирана  
целено от държавния  
бюджет.

обновена лаборатория  
на  
**ТУ-ВАРНА по  
рентгенов спектрален  
анализ**



### ДЕЙНОСТ

Изследване, изпитване и сертифициране на  
структурата, състава,  
механичните и физико-  
химичните свойства на  
инженерни метални и  
неметални материали;  
Безразрушително  
изследване на древни метални археологически находки



СЕРИЯ  
“ТЕХНИЧЕСКИ НАУКИ”

1’2013



### КОНТАКТИ

ВАРНА-9010, ул.Студентска-1,ТУ-Варна  
Тел.: 052/383 631, 052/383 586  
Факс: 052/302 773  
E-mail: rusi.rusev@tu-varna.acad.bg

## ЛОГИКАТА НА НАУЧНОТО ПОЗНАНИЕ КАТО ИНТЕРДИСЦИПЛИНАРНА ОБЛАСТ

Борис Чендов

**Abstract:** The revealing of six steps of the historical process of formation of the Logic of Scientific Knowledge (LSK) since the ancient times leads to the conclusion that the task of elaboration of a conception about LSK is historically motivated.

The LSK as an Interdisciplinary Field is treated in the following way: LSK is a complex science of the logical inference as a complex subject of investigations, integrating in their mutual relationship the following four types (classes) of problems: (1) proper problems of logical systems in a volume and a form relevant to their applicability; (2) problems of the applicability of logical systems to various fields of scientific knowledge; (3) problems of treatment of the process of scientific investigation in its formal-logical aspect; (4) problems of their (of (1)-(3)) philosophico-methodological grounds. The basic distinction between Logic, treated as a science of logical inference in a pure form, and LSK is that the first takes a place in the system of canonical sciences, the second – in the system of complex sciences (as a part of the Methodology of Mathematical Modelling); this distinction determines their differences in content, role for scientific knowledge, way of research organisation, role in the University education.

**Key words:** Logic, interdisciplinarity, complex science, LSK

### 1. Процесът на формиране на логиката на научното познание

Логиката на научното познание е младо направление в научното познание - процесът на уточняване на нейната същност продължава и днес, при това има повече от вековна история на формиране и още подълга предистория, която ни отвежда далече в древността. С оглед да изясним ситуацията, в която тя се намира днес, ще фиксираме отделните стъпки на целия исторически процес на нейното формиране.

*Първата стъпка* – формирането на логиката в древна Гърция започва през IV в. пр.н.е. по независим начин в две школи: (1) школата на мегариците (от град Мегара) и (2) логиката на Аристотел в перипатетическата школа в Атина. Логическите изследвания на мегариците били доразвивани в школата на стоиците в Атина, поради което се говори за мегаро-стоическо направление в древно-гръцката логика.

За логиката на мегаро-стоическото направление е характерно, че предметът на нейното изследване е отношението на логически извод на едни твърдения, респ. изказвания или съждения, от други такива. При това, изказванията се делят на сложни, съставени от по-прости изказвания, свързани чрез съюзи, като „и” „или” „ако”... то ...” и

прости изказвания, които могат да влизат в състава на различни сложни изказвания, но самите те не се състоят от други по-прости изказвания. Характерно за нея е, че простите изказвания, които играят роля на атоми на мисълта, се третираат в тяхната цялост, като неразчленени на по-малки части. Като пример ще посочим логическия извод:

Ако  $p$ , то  $q$   
 $p$

-----  
Следователно:  $q$ ,

където „ $p$ ”, „ $q$ ” и „ако  $p$ , то  $q$ ” са изказвания – като първите две са прости, а третото е сложно изказване. Например: „Ако морето е бурно, то има опасност от корабокрушение”; „Морето е бурно”, следователно: „Има опасност от корабокрушение”.

Ядрото на логическите изследвания на Аристотел е силостиката. Нейният предмет на изследване е също отношението на логически извод на едни изказвания, респ. съждения, от други такива, но в отличие от мегаро-стоическото направление изказванията (съжденията), по-точно казано простите такива, се разглеждат в тяхната субектно-предикатна структура, т.е. като сложно съставени от понятия, свързани чрез връзки от рода на „е” или „не е”, при което

едното понятие се третира като субект, а другото като предикат, изразяващ свойство, признак на субекта; при това, субектът се квантифицира чрез кванторите „всички” и „някои”. Логическият извод на едни изказвания от други в силогистиката на Аристотел се основава на взаимоотношението между понятията в изказванията, които служат за предпоставки. Например:

Всички **M** са **P**  
Всички **S** са **M**

-----  
Следователно: Всички **S** са **P**,

където „**S**”, „**P**” и „**M**” са понятия. Например: „Всички рози са цветя” „Всички цветя са растения”, следователно „Всички рози са растения”.

В ожесточена борба между тези две направления като победител е излязла логиката на Аристотел, която е получила значително развитие през Средновековието, а логиката на мегаро-стоиците е била за дълго забравена.

*Втората стъпка* от предисторията на логиката на научното познание започва с логическите изследвания на Лайбниц през втората половина на XVII в. и началото на XVIII в., насочени към прилагане на математически идеи и методи в логиката, поради което той е смятан за родоначалник на математическата (символна) логика. Тези изследвания са били опит за реализация на неговата програмна, философско методологическа идея за създаване на универсално логическо изчисление, благодарение на което, когато възникне разногласие между двама души по даден въпрос, те да не се впускат в разгорещени спорове, както е било характерно за схоластическите диспути в Средновековието, а да вземат молив в ръце и да си кажат „Хайде да изчислим каква е истината!”. Непосредствено след Лайбниц редица математици са се стремели да осъществят в една или друга степен, по един или друг начин неговата програма, но техните опити остават безуспешни.

*Третата стъпка* от предисторията на логиката на научното познание започва с малкия по обем труд на Джордж Бул

„Математически анализ на логиката” (1847 г.), с който се поставя началото на разработването на основната логическа система - класическата логика на изказванията в алгебраическа форма – булева алгебра на изказванията. Тя в значителна степен е преоткриване на мегаро-стоическата логика, но е свързана с разработване и прилагане на математически идеи и методи.

*Четвъртата стъпка* от историческия процес на формиране на логиката на научното познание, която може да се характеризира всъщност като първа стъпка от собствената ѝ история, започва с трудовете на Готлоб Фреге в периода от 1879 г. до 1903 г., в които, докато при Лайбниц и Бул, както и при техните последователи, стремежът е бил насочен към прилагане на математически идеи и методи към логиката, вследствие на което тя се математизирала, то целта на Фреге е насочена в обратна посока: логиката като формализирана система да се приложи към основите на математиката, а именно към аритметиката на естествените числа.<sup>i</sup> Изследванията на Фреге върху логическите основи на аритметиката на естествените числа, т.е., съгласно току-що казаното - на математиката, в исторически план може да се третират като първо проявление на идеята за логика на научното познание, която, именно като първо проявление е в извънредно ограничени рамки. По-точно казано, Фреге дефинира основните понятия на аритметиката на естествените числа на езика на логиката, т.е. чрез логически понятия, като благодарение на този превод на аритметически понятия в логически той извежда основните твърдения на аритметиката на естествените числа от твърденията на логиката. Това той постига, като значително развива логиката по подходящ за целите му начин: **(1\*)** по същество въвежда в логическите изследвания метода на формализацията, **(2\*)** заедно с това поставя основите и на логическата семантика и **(3\*)** разработва основите на класическата логика на предикатите. В последната е налице съществено разширение на трактовката на предикатите в Аристотеловата силогистика като признаци, респ. като свойства на нещата – въвеждат се двуместни и многоместни

предикати, изразяващи съответно отношения между два и повече обекта. Ясно е, че такава логика на предикатите е необходима на Фреге за логическото обосноваване на математическа теория, каквато в случая е аритметиката на естествените числа, тъй като за математическите теории са характерни изказвания (твърдения) изразяващи отношения между два или повече обекти. Програмата на Фреге получава значително разширение и развитие в логическите изследвания на Бертран Ръсел и особено във фундаменталния тритомен труд, създаден от него съвместно с учителя му Уайтхед, „Principia Mathematica” (1910-1913 г.), в който намира израз по-импозантната програма за цялостното обосноваване на математиката върху основите на логиката, получила във философията на математиката названието „логицизъм”. От тук нататък в значителна степен логиката се развива във връзка с потребностите на математиката.

Началото на *петата стъпка* от историческия процес на формиране на логиката на научното познание, която всъщност е втора стъпка от собствената ѝ история, може с известна условност да се отнесе към 1904 г., когато Брауер започва последователна, настойчива критика на чистите теореми за съществуване в математиката, доказателството на които се основава на класическия закон на логиката за изключеното трето „А или не-А”, познат още от времето на Аристотел и играещ важна роля в модерната класическа логика на изказванията. Идейното задълбочаване на тази критика довежда до формирането на рязко противопоставящата се на логицизма на Фреге, Ръсел и Уайтхед интуициониска философия на математиката, отхвърляща редица важни твърдения на математиката. В нейните рамки Брауер разработва идейната основа на особена, интуициониска логика, която е по-строга от класическата логика на изказванията и предикатите в смисъл, че всички твърдения на интуиционистката логика са твърдения и на класическата логика, но не е в сила обратното: не всички твърдения на класическата логика са валидни в интуиционистката логика (например, споменатият вече закон за изключеното

трето). А.Н.Колмогоров през 1925 г. и Хайтинг през 1930 г. построяват формализирани интуиционистки изчисления. Най-големият математик след смъртта на Пуанкаре, Давид Хилберт, се заема от 1917 г. нататък да спаси класическата математика от интуиционистката критика чрез разработване на ново, трето направление във философията на математиката – формализъм, свързано с рязкото разграничение между **(1\*\*\*)** *формализирани математически системи*, в които се осъществява логическото извеждане на едни положения от други, а заедно с това и доказването на различни теореми, от една страна, и **(2\*\*\*)** *съдържателни математически системи*, които се получават от формализираните чрез *съществуено-съдържателната* им *интерпретация*, от друга страна. Борбата между тези три направления във философията на математиката, свързани с нейното обосноваване и по-нататъшно развитие – *логицизма, интуиционизма и формализма*, се оказва един от факторите за развитието на логическите изследвания през първата половина на ХХ-ия век. Паралелно с това, математиката получава все по-широки приложения в различни области на научното познание, особено като средство за моделиране на различни системи и процеси, при което се получава косвена връзка (чрез математическите теории) между логическите системи и изследванията в различни области на научното познание.

Освен това, от третото десетилетие на ХХ-тия век нататък все повече и повече се разкрива пряка връзка между логиката и различните области на естествознанието, хуманитариката, техниката, медицината, философията, вследствие на което логиката получава възможности за директни приложения към тях. За това особено способства възникването от второто десетилетие на ХХ-тия век нататък на различни неклассически логически системи, които именно, се оказват по-подходящи за съответните приложения: тризначни и многозначни логики, в които освен стойностите на изказванията „истина” и „лъжа” се въвеждат други стойности като например „неопределено”; модални логически

системи, в които наред с „истина” и „лъжа” се въвеждат модални стойности на изказванията като „възможно”, „невъзможно”, „необходимо” и т.н.; вероятностна логика, в която се въвеждат вероятностни оценки на изказванията; деонтическа логика, в която се въвеждат оценките „разрешено”, „забранено”, „задължително” и т.н.... ; ... и редица други неklasически логически системи, чрез което апаратът на логиката става много по-гъвкав, по-пригоден за различните форми на приложения. Нещо повече, във връзка с третирането на логически аспекти на дадена научна теория се разработват специални логически системи, намиращи приложения в тях. Например, двама измежду най-изтъкнатите математици на XX-тия век – Биркхоф и фон Нойман публикуват през 1936 г. особена неklasическа логическа система, наречена „квантова логика”, която има за предназначение да изрази на логическо равнище особеностите на квантовата механика, отличаващи я от класическата механика; Ханс Райхенбах разработва особена тризначна логика все с цел да се изразят на логическо равнище особеностите на квантовата механика; в значителна степен с оглед да се формализират разсъжденията в етиката и правото се осъществяват интензивни изследвания в областта на деонтическата логика, а с оглед потребностите на икономическата наука се разработва логиката на предпочитанията и т.н. През 20-те години на XX-тия век се разкрива съществена връзка между математическата (респ. символната) логика и философията, намерила израз във формирането на ново направление във философията – логически позитивизъм и още по-широкото направление – логически емпиризъм, съгласно които действителните (смислените) философски проблеми трябва да се третират със същественото приложение на апарата на математическата (символната) логика. Вследствие на това логическият емпиризъм във философията става важен фактор за провеждането на интензивни изследвания в областта на логиката и нейните приложения, включително и в областта на логическата семантика, която има особено значение за лингвистиката и медицината.

Интерпретацията на интуиционистката логика, предложена през 1932 г. от Колмогоров, съгласно която променливите в интуиционистското изчисление се третират не като изказвания, получаващи стойности „истина” и „лъжа”, а като задачи за построяване на обекти, при което то се оказва логика на проблеми, вследствие на което логиката се насочва към изследване на конструктивни процеси. Това води към установяване на тясна връзка между логиката и теорията на алгоритмите, която отчасти се разработва през 1936 г. като теория на идеалните машини на Пост и на Тюринг. Впоследствие теорията на алгоритмите, заедно с класическата логика на изказванията и класическата логиката на предикатите се превръща в теоретическа основа на компютърната техника. Като сме далеч от претенцията за изчерпателен обзор на приложенията на логиката, смятаме, че от казаното по-горе става ясно, че в течение на XX-ия век логиката с нарастващи темпове получава все по-голяма приложимост в различните сфери на научното познание.

Количественото натрупване на факти от този род довежда до качествен скок, изразяващ се в стремежа за формирането на обобщена концепция относно приложимостта на логическия извод в неговите разнообразни форми, а заедно с това на различни логически системи, в различни области на научното познание, получила названието „логика на научното познание”. С дейността насочена към реализация на този стремеж, при която се предлагат различни подходи към построяване на логиката на научното познание, се осъществява *шестата стъпка* в историческият процес на формирането на логиката на научното познание.

В конкуренцията между различните подходи в тази насока, чрез критерия на практиката, се очаква да се утвърди общоприета единна концепция за логиката на научното познание, което би представлявало следваща, *седма, последна стъпка* в историческият процес на нейното формиране.

В заключение на разглеждането на историческият процес на формирането на логиката на научното познание можем да формулираме: *разработването на цялостна*



концепция за логиката на научното познание е задача, която стъпка по стъпка се е формирала и наложила в процеса на развитието на науката и заслужава интерес от учениците от различни области, не само за целите на научно-изследователския процес, но така също и за целите на университетското образование.

След това заключение преминаваме към изложението в твърде общи черти на концепцията на автора на настоящия доклад за логиката на научното познание, в която (1\*\*\*\*) е направен опит да се осмислят реалните тенденции в развитието на научното познание на настоящия етап от неговата история, (2\*\*\*\*) взети са в предвид различни предложени схващания по темата, и която (3\*\*\*\*) е апробирана в заседания на международни научни форуми.

## 2. Концепцията за логиката на научното познание като комплексна наука

Главното в нашия подход към осмислянето на реалните тенденции за формиране на логиката на научното познание, които стъпка по стъпка разкрихме по-горе е, че вземаме в предвид съществената роля на *интердисциплинарния* подход на съвременния етап от историята на науката, който намира най-висш израз във формирането и развитието на комплексни науки и теории. Под *комплексна наука* (resp. *комплексна теория*) разбираме такава цялостна теория за даден сложен, комплексен обект, която обхваща различни негови аспекти, представляващи обект на изследване на различни канонически науки като математика, физика, химия, биология и т.н., третирани в тяхната взаимовръзка. От тук следва, че комплексните науки, чието формиране е резултат на *интердисциплинарни* изследвания, не могат да се разглеждат като прикачени към една или друга фундаментална наука от каноническата класификация на науките – математика, физика, химия и т.н., в качеството на тяхна разновидност, а следва да се третират като самостоятелни области на научното познание. При това на комплексните науки и теории не следва да се гледа като на нещо извънредно, екзотично – те са

равностойни на гореспоменатите фундаментални канонически науки.

Като изхождаме от такова разбиране за комплексните науки, докато редица автори разглеждат логиката на научното познание като особен, приложен раздел на логиката, ние я третираме не просто като раздел на логиката, а като особена, комплексна наука. Като вземаме в предвид емпирическият факт, че *в хода на своето развитие логиката се е оформила като наука, имаща за предмет на изучаване логическия извод в неговия чист, общ вид*, от една страна, и фактите на широки приложения на логиката в различни научни области, изтъкнати по-горе, от друга страна, идваме до извода, че *закономерният процес на формирането на логиката на научното познание е израз на факта, че то се е натъкнало на логическия извод като комплексен обект*, съчетаващ: (1) неговия абстрактен аспект, който е предмет на изучаване от страна на логиката, (2) аспекта на неговото по-конкретно проявление в различни области от действителността, с който са свързани изследванията насочени към приложения на логиката в съответни научни области, (3) аспекта на неговото проявление в общ вид в процеса на научните изследвания, и (4) аспект на дълбинно обосноваване и изясняване на посочените по-горе три момента, който е релевантен на проблемите на философията на науката.

В предвид на всичко това можем да предложим следното определение:

**Логиката на научното познание е комплексна наука за логическия извод, третиран като комплексен обект, интегрираща изследвания на (1\*) логически системи, (2\*) насоките на приложимостта им към различни области на научното познание, (3\*) трактовката на процеса на научното изследване в неговия формално-логически аспект, и (4\*) философско-методологическите им основания (на (1\*)-(3\*)), в тяхната (на (1\*) – (4\*)) взаимовръзка.**

Това определение трябва да се разбира в смисъл, че централно място в него заемат вторият и третият моменти, а първият и четвъртият моменти следва да се застъпват с

тези си елементи и в тази си форма, които са релевантни към втория и третия моменти.

Като изтъкваме в разрез с някои съвременни схващания, че логиката на научното познание, именно, като комплексна наука, е нещо отделно от логиката в нейния общ вид, при все и съществено свързана с нея, което е видно от приведеното по-горе определение, ние подчертаваме, че *тя е важна част от по-широката комплексна наука – методология на научното моделиране*, при което имаме в предвид **(1\*\*)** ролята на моделите в логическите системи, **(2\*\*)** ролята на логическите системи като средство за моделиране на други системи и процеси и **(3\*\*)** ролята на логическите системи за логическа обработка на информацията в даден модел - пряко, или косвено - чрез математическа теория, в чийто основи лежи дадената логическа система.

С оглед на по-пълното изясняване на особеностите на логиката на научното познание като комплексна наука ще се спрем накратко на нейното отличие от логиката, имаща за предмет на изследване абстрактната структура на логическия извод в чист вид и съответно третирана като заемаща определено място в системата на каноническите науки, в четири отношения.

### **1) Разликата между понятията „логика” и „логика на научното познание” по отношение на тяхното съдържание и място в системата на научното познание**

Както посочихме по-горе, логиката е наука, имаща за предмет на изучаване на абстрактната структура на логическия извод в неговия чист вид. При това, последният се характеризира със следните три аспекта: **(1)** синтаксически, или чисто формален, който е предмет на логическите изчисления, т.е. на формалните логически системи, **(2)** семантически, който намира израз в съдържателната интерпретация на формалните логически системи (чрез което се разкриват и възможните пътища за приложения в различни области на научното познание) и **(3)** металогически, намиращ израз в металогиката, описваща чрез използване на съдържателни средства формалните логически системи, т.е. логическите

изчисления и техните взаимоотношения помежду им, както и с техните интерпретации, респ. с техните семантически модели. Така че логиката, накратко казано, е наука за определен тип абстрактни структури, третиращи сами по себе си и по силата тъкмо на това обстоятелство заема определено място в каноническата класификация на науките. В отличие от нея, *логиката на научното познание има за главен обект на изучаване приложимостта на логическите системи към едни или други области на научното познание. Тази приложимост има обективни основания в реалната взаимовръзка между (1\*) абстрактните структури на логическия извод, които в техния чист вид са предмет на изучаване от логиката и (2\*) по-конкретни (в известен смисъл) структури, изучавани от дадена област на научното познание, по силата на която можем да говорим за логическия извод като за комплексен обект и, съответно, за логиката на научното познание като за комплексна наука.*

След това изясняване на разликата между логиката и логиката на научното познание намираме за нужно да изтъкнем наличието на съществена взаимовръзка между тях: **(1\*\*)** от една страна, логиката е област на научното познание, в която се формират и развиват различни логически системи, преминаващи в логиката на научното познание чрез разкриване на тяхната приложимост, **(2\*\*)** от друга страна, логиката на научното познание, чрез комплексната трактовка на логическия извод в различните логически системи, се оказва съществен фактор за преустройство на логиката.

### **2) Разликата между понятията „логика” и „логика на научното познание” по отношение на ролята им в научното познание**

Като вземем предвид, че по определение научното познание се характеризира на първо място като такова познание, което се основава по някакъв начин на опита и *логиката*, става ясно, че логиката на научното познание има за предмет на изучаване един *формообразуващ фактор за всяка област на научното познание*. Именно това я прави (а не логиката

в нейния чист вид) *пряко значима за всяка област на научното познание*. При това, логиката в нейния чист вид придобива косвена значимост за различните области на научното познание, в частност чрез включване на нейни системи по подходящ начин в логиката на научното познание.

### **3) Разликата между понятията „логика” и „логика на научното познание” по отношение на организацията на научните изследвания**

От казаното по-горе става ясно, че разработването на проблемите на логиката следва да се осъществява преди всичко от специалисти по логика, като за нейното развитие е наложително да се организират научни звена съставени от логици, както впрочем се прави. В отличие от това положение, разработването на проблемите на логиката на научното познание следва да се осъществява главно от интердисциплинарни колективи на две равнища: **(1)** на по-специализирано равнище – колективи, обединяващи логици и специалисти от някоя тясна област на научното познание, изследващи по-специализирани проблеми, свързани с приложенията на логиката в дадената област; **(2)** на по-широко равнище, обединяващо логици със специалисти от повече фундаментални области на научното познание, изследващи по-общите и принципи проблеми на логиката на научното познание.

### **4) Разликата между понятията „логика” и „логика на научното познание” по отношение на ролята им в университетското образование**

От казаното по-горе относно разликата между понятията „логика” и „логика на научното познание” става ясно, че логиката в нейния чист вид, като каноническа наука, следва да се изучава профилирано предимно във философски и математически факултети, както впрочем се прави, а логиката на научното познание, като интердисциплинарна област, изследваща един от основните формообразуващи фактори за всяка област на научното познание, следва да се изучава във всички факултети, на две равнища: **(1)** на по-общо равнище, запознаващо студентите в по-

общ план със всички по-важни логически системи и техните принципни възможности за приложения, **(2)** на по-специализирано равнище, свързано с по-детайлно и по-фундаментално запознаване на студентите със щателно отбрани логически системи, проявили приложна значимост в дадената област на научна област, както и с начините на тяхното прилагане в дадената област. Това би имало значение преди всичко за подготовката на висококвалифицирани и перспективни специалисти.

### **Бележки**

Както е известно, през XVIII-я и XIX-ия век главният математически инструмент за изследвания в областта на механиката и физиката е бил математическият анализ, който в трудовете на Коши през 20-те години на XIX-ия век е получил обоснование чрез прилагане на теорията на границите върху основите на теорията на реалните числа, вследствие на което проблемът за обосноваемостта на математическия анализ е бил редуциран до проблема за обосноваемостта на теорията на реалните числа; впоследствие, в течение на XIX-ия век, чрез доста остроумни конструкции, стъпка по стъпка проблемът за обосноваемостта на теорията на реалните числа е бил сведен до проблема за обосноваемостта на аритметиката на естествените числа, обикновено считана за най-елементарната и същевременно най-сигурната математическа теория, но в противоположност на такова широко разпространено схващане Фреге се заел да я обоснове чрез логиката.

<sup>2</sup> Cf. Chendov Boris, *Logic of Science 0 – in “Logic and Applications”*, vol. III, Sofia, 1992, pp. 5-72; B. Chendov, *On Tiesing of Logic of Science – in „Проблеми викладання логіки та дисциплін логічного циклу”*, Kiev, 1910, p. 49.

### **За контакти:**

проф. д.ф.н. Борис Чендов  
borischendov@yahoo.com

## ПРОБЛЕМИ И ВЪЗМОЖНОСТИ ЗА УСТОЙЧИВОТО РАЗВИТИЕ НА ИНДУСТРИАЛНИТЕ ЗОНИ КАТО ТЕРИТОРИИ С МИНИМАЛНИ ЕКОЛОГИЧНИ РИСКОВЕ

Христо Крачунов

**Abstract:** The article presents the main features of the existing industrial areas and industrial zones, which are most often: built assets in production areas, urban indicators, types of ownership, branch specialization and engineering and technical infrastructure. The prevailing environmental situation is shown in industrial zones components affecting air, surface water, construction wastes, industrial wastes, hazardous industrial waste. Some major challenges are presented for sustainable development of industrial zones and production systems. Finally that priorities for sustainable development of industrial zones are alleged as areas with potential environmental risks.

**Key words:** industrial zones, environmental risks, sustainable development.

### 1. Въведение

В Националната програма за развитие на Република България „България 2020” е заложен приоритет: „Подкрепа за развитие на високопроизводителна индустриална база и модерна иновативна инфраструктура, стимулиране на иновативната активност и научните изследвания” [6]. През последните няколко години в България се наблюдава възобновяване на съществуващите и създаване на нови индустриални зони. Липсата на обособени складови и производствени сгради, с изградена инфраструктура, в които компаниите да могат още със стъпването си на пазара да започнат ефективна дейност, провокира създаването и развитието на множество индустриални и производствени зони, както и логистични центрове.

На правителствено заседание през 2008 г. се взема решение за създаване на 16 нови индустриални зони през 2009г., като мярка от експортната политика на страната до 2013г. и като част от Антикризисния план. Целта на създаването на нови индустриални зони е да се насърчат инвестициите в страната, да се подпомогне изпълнението на проекти със значителен икономически интерес, като и да се подпомогне развитието на отделни икономически райони.

Условията и редът за създаване на новите индустриални зони на територията на

Р. България са уредени със Закона за индустриалните зони [4]. Законът дефинира индустриалните зони като обособени части на територията на страната, в които се подпомагат инвестиционните проекти на български и чуждестранни физически и юридически лица, чрез предоставяне на облекчения и стимули.

### 2. Състояние и проблеми на индустриалните зони в България

Във връзка с изграждането на новите индустриални зони през февруари 2009 г. е създадена Национална компания "Индустриални зони". Компанията е дружество от холдингов тип със 100 % държавно участие в капитала, специализирано в изграждането, маркетинга и управлението на индустриални зони. Дружеството има за задача да контролира инвестициите в индустриалните зони, заложи в Правителствената антикризисна програма и Стратегията за развитие на износа. Дружеството действа като строителен предприемач - то контролира изграждането и поддръжката на индустриалните зони и подготвя информационна кампания, чрез която да рекламира индустриалните обекти в България и чужбина. Желанието на правителството е да улесни чуждестранните и българските инвеститори, като им предложи готови терени за започване на производства.

Очакванията са компанията да допринесе значително за стабилното икономическо развитие на страната чрез насърчаване на инвестициите, тъй като подобряването на инфраструктурата за инвеститорите е фундаментално условие за привличане на чуждестранни и местни инвестиции.

Целите на дружеството са да подпомага изпълнението на проекти на български и чуждестранни инвеститори в страната, да насърчава инвестициите в страната с акцент към сектори с висока добавена стойност и преработващата промишленост, да стимулира мерки, водещи до положителен търговски баланс и да подпомага развитието на отделни икономически райони в страната и създава предпоставки за дългосрочна трудова заетост. НКИЗ предлага на компании от индустриалния сектор, „изнасяне” на бизнеса си в дестинация с по-добра бизнес среда, по-ниски разходи, включително, целящи достъп до единния европейски пазар.

В момента се работи по изграждането на нови индустриални зони. Това са: Русе, Видин, Свиленград, Варна-Запад, Карлово, Плевен-Запад, Пловдив, София-Божурище.

Проблемите на преструктурирането на производствените системи в България като основни юридически субекти в индустриалните зони са разработени подробно от автора в монографията в [2].

### **3. Основни характеристики на съществуващите индустриални зони на гр.Варна**

Анализът показва, че на територията на Община Варна общият размер на производствените територии е 1 316 ха, в т.ч. в град Варна – 1 005 ха. Те са организирани в девет производствени зони и 5 линейни съсредоточия около транспортни артерии. Успоредно с това се наблюдава и друга дисперсно разположена активност в различни части на града, основно микро и малки предприятия. Бруто площта на 9-те индустриални зони в град Варна е 1 175 ха. Нето производствените терени са 87.1% от общата брутна територията или 1 000 (999.32) ха. Останалата част от зоните е

заета от улици, озеленяване, инфраструктурни терени и др.

Освен компактно организирани индустриални зони съществуват около 30ха производствени терени, които са разположени по основни магистрални направления (бул. Христо Смирненски, Каменарски път, Винашки път и др.), формирани съсредоточия предимно от строително-складови, транспортно-складови и др. предприятия.

В Интегрирания План За Градско Възстановяване и Развитие на гр. Варна са определени три типа целеви Зони за въздействие, върху които се очаква приоритетно да се осъществи пространствената проекция на Визията за развитие на града и цялостната стратегическа рамка на Интегрираният план за градско възстановяване и развитие на гр. Варна през периода 2014-2020г.[8].

Състоянието на индустриалните зони в гр.Варна може да се характеризира по следния начин:

#### **По отношение на изградеността на активите**

Наличие на значителен процент физически и морално изхабени материални активи е характерно не само за оборудването, но и за сградите, както и за общата производствена и инфраструктурна съоръженост на съществуващите производствени зони и производствена среда.

#### **По отношение ефективното използване на територията**

Данните показват, че в съществуващите зони около 27 % от бруто територията и 31 % от нето територията им е свободна или определени регулирани терени не са застроени. Това е характерно за всички производствени зони, с изключение на „Триъгълника”.

#### **По отношение градоустройствените показатели**

Те са изключително ниски в сравнение с допустимите по СПН 99. Плътността на застрояване общо за производствените територии е 0.19, а интензивността на застрояване е 0.23.

#### **По отношение на собствеността**

Собствеността на фирмите може да се определи като представена във всичките й форми – частна, частна общинска, частна държавна или с определено участие на последните, като представителство в акционерни фирми. Над 90% от собствеността в производствените зони е частна, което предопределя преструктурирането им да става на пазарен принцип. Изключение прави южната производствена зона, където преобладава държавната собственост. Това се обяснява с големия дял на територии за транспортна инфраструктура. Промените които се очакват в южната зона до голяма степен се инициират с решения на държавно ниво.

#### **По отношение на отрасловата специализация**

И при деветте типични зони, трудно може да се говори за отраслова специализация. Те имат силно мозаечна структура. Въпреки това могат да се направят следните изводи: Относителна стабилност се наблюдава в териториите обслужващи третичния сектор – търговия и складиране, услуги. Най-уязвими са предприятията от промишленото производство, което е застъпено предимно в Западна и Южна индустриални зони. Там се очаква динамика в посока преструктуриране и конверсия.

#### **По отношение съоръжеността на индустриалните зони с елементи на инженерната и техническа инфраструктура**

Компактните производствени територии са снабдени с довеждаща инженерна и техническа инфраструктура, отговаряща на потребностите на времето, в което са създадени. Сериозен благоустройствен проблем се отбелязва в Южна производствена зона, където близо половината от терените (49%) са без канализация, както и в „Триъгълника“ (20%). Без канализация са и 75% от производствените терените, локализирани по бул. Христо Смирненски, които нямат траен градоустройствен статут.

Теоретично оценено съществуващият потенциал на града и общината от производствени терени създава възможност за развитие на икономиката. На практика обаче това е възпрепятствано от остарялата

инфраструктура, негоден сграден фонд, проблемите на собствеността и плановата схема на съществуващите индустриални зони. Налага се да се преосмисли концепцията за организиране на индустриалните зони и да се създадат устройствени предпоставки за локализация на нови перспективни активности в духа на Стратегията за интелигентен, устойчив и приобщаващ растеж [7].

#### **4. Екологична обстановка в индустриалните зони на гр. Варна**

##### **4.1. Повърхностни води**

Акваторията около ЮПЗ “Острова” и Пристанище “Варна-Изток, обхващаща двата канала, свързващи Варненско езеро с Черно море, акваторията на пристанище Варна-Изток, както и водните площи около Южната производствена зона “Острова”, е изложена на изключително силно антропогенно влияние. Като най-вътрешна част от залива, тя изпитва най-силно влиянието на замърсените водните маси, постъпващи от езерото в морето през двата канала. Зоната е изложена и на прякото въздействие на всички брегови източници на замърсители, разположени в този район.

Районът по северния бряг на Варненското езеро, Пристанище Леспорт - ЮПЗ “Острова” е най-силно замърсената от всички акватории, прилежащи към община Варна. Решаваща роля за състоянието на водите тук има Девненският промишлен комплекс.

Съставът на повърхностните води при Южния бряг на Варненското езеро в пределите на община Варна е малко по-добър, в сравнение с предходната зона, съдържанието на биогенни елементи и на нефтопродукти остава високо. Това се дължи най-вече на обстоятелството, че вливащите се в Белославското езеро реки Девненска и Провадийска формират повърхностно течение насочено към Варненския залив. То осъществява и преноса на замърсителите от химическите производства.

##### **4.2. Строителни отпадъци**

Основното количество строителни отпадъци се генерира от фирми, занимаващи се със строителна и ремонтна дейност. Строителни отпадъци генерират и редица частни фирми -

еднолични търговци и юридически лица. Те отделят отпадъци от този тип основно при ремонт на офисите си, а не при пълномащабни строителни дейности. Делът на физическите лица, отделящи строителни отпадъци главно при ремонт на жилища, е незначителен спрямо другите количества. Въпросите за извозване на строителните отпадъци са регламентирани със Заповеди на Кмета на Общината. Инертните по своя характер строителни отпадъци трябва да се извозват на специално определени площадки, на които се извършва техническа рекултивация. Голямо количество строителни отпадъци във вилните зони и новите селищни образувания се изхвърлят от гражданите в контейнерите за битови отпадъци (където ги има) или сред природата.

#### **4.3. Производствени отпадъци**

Анализът на наличната информация за производствените отпадъци, генерирани на територията на Община Варна, показва, че около 75 % от тях се предават за оползотворяване и по-нататъшна преработка.

На територията на Община Варна няма специално отредено депо за производствени отпадъци, поради което подлежащите на депониране количества се съхраняват в предприятията, които ги формират, друга - значителна част от тях се оползотворяват, а част се изхвърлят на депото за битови отпадъци.

Въпреки наложената отчетност не може да се счита, че наличната информация относно генерираните производствени отпадъци на територията на общината се покрива напълно с реалното състояние – тя е недостатъчно пълна и ясна.

Екологите на предприятията (там където ги има) не са достатъчно подготвени за всички аспекти на управлението на дейностите по отпадъците в тях и за попълване на отчетните карти за отпадъците.

#### **4.4. Драгажни маси**

Специфичен за Община Варна вид отпадък представляват драгажните маси. Те се формират при периодичното почистване (драгиране) от затлачващите ги наноси и утайки на пристанищата “Варна-Изток”, “Варна-Запад”, Фериботно, ТЕЦ “Варна”, “Трансстрой”, “Леспорт”, “Терем” ЕАД (бивш

“Флотски арсенал”) и др., утайтеля във Белославското езеро, а също и плавателните канали и фарватера във Варненското и в Белославското езеро и Варненския залив, с цел гарантиране на нормално корабоплаване в тях и възможност за преминаване на голямотонажни кораби. Местата, подлежащи на драгиране, са не само на територията на Община Варна, но и върху тези на общини Белослав и Девня, като в случая е целесъобразно общото разглеждане на проблема.

Управлението на драгажната дейност е свързано обаче с редица проблеми:

➤ **Засега няма достатъчна информация за класифициране на драгажните маси като опасни отпадъци, но независимо от това, има основания да се смята, че е възможно част от тях да се окажат такива, което изисква отделно хранилище.**

➤ **Изчерпаният капацитет на съществуващите депа за драгажни маси поражда остра нужда от дългосрочно решение за третиране на драгираните маси от района на Пристанище Варна, навигационните канали и Варненското езеро.**

➤ **В района на Община Варна няма перспективни възможности за изграждане на нови депа за драгажни маси.**

С общи усилия и финансиране от държавата е необходимо да се разработи дългосрочна стратегия за управление на драгажните маси, включваща:

- регионален план за драгажни депа;
- програма за мониторинг на депата;
- програма за рехабилитация на дъното на Варненското езеро;
- въвеждане на стандарти за третиране на драгажните маси, и др.

#### **4.5. Опасни производствени отпадъци**

С най-голям дял са следните опасни промишлени отпадъци: отпадъчен калциев хидрооксид - 386÷788 t/a; емулсии от маслено - водна сепарация - 13 342 t/a; отпадъци от почистване на резервоари, съдържащи масла - 12 442 t/a.

Анализът на подадената с отчетните карти информация за третирането на опасните отпадъци по видове показва, че само 0.03 %

от тях се оползотворяват (оползотворяване на енергията чрез изгаряне) и около 0.02 % се предават на фирми за по-нататъшно преработване (основно това са отпадъчни акумулатори). В незначително количество – 0.15 % са и оставащите за временно съхранение в предприятията до намиране на подходящ начин за преработване или крайно обезвреждане (главно луминесцентни и живачни лампи).

Оценката на съществуващото състояние по отношение на опасните производствени отпадъци води до следните основни изводи:

➤ Няма достатъчно информация за генерираните видове и количества опасни отпадъци на територията на Община Варна. Наличната информация пък не винаги е пълна - не са попълвани прецизно всички графи на отчетните карти.

➤ Не е достатъчна информираността на страните, участващи в дейностите, свързани с управлението и отчетността на опасните отпадъци, относно действащата нормативна уредба в тази област. Не във всички фирми, лицата, определени да се занимават с тази дейност са с необходимата квалификация и подготовка.

➤ На територията на общината не се извършва стриктно регистриране на отработените масла и отпадъчни нефтопродукти, а третирането им не отговаря на действащата Наредбата за изискванията за третирането и транспортирането им. Налице са условия за аварийно замърсяване на води и почви с отпадъчни нефтопродукти и незаконно изхвърляне на такива сред природата.

➤ Излезлите от употреба луминесцентни и др. лампи, съдържащи живак, се събират и съхраняват по предприятия и фирми, тъй като в рамките на общината не се извършва обезвреждане на този вид отпадъци.

➤ За отпадъчните акумулатори са представени данни с информационните отчетни карти. Обикновено те се предават на фирми с разрешително за дейност за вторична преработка.

## **5. Възможности за устойчиво развитие на индустриалните зони за намаляване на екологичните рискове**

### **5.1. Проблеми на устойчивото развитие на индустриалните зони**

Макар и със стабилна законова и политическа основа, устойчивото развитие на индустриалните райони в България към настоящия момент не е постигнато. Това се предполага от многобройните щети, които продължават да нанасят енергетиката, промишлеността и строителството върху околната среда и здравето на хората. От прегледа на националните стратегически и планови документи в областта на опазването на околната среда и устойчивото развитие са изведени следните главни проблеми пред успешната реализация на проектите за устойчивото развитие на индустриалните зони в страната [5,6]:

- Лошо качество на инфраструктурата за водоснабдяване и амортизирана и недостатъчна инфраструктура за събиране и третиране на отпадъчните води;
- Недостатъчно развити системи за управление на отпадъците и недостатъчно мерки за тяхното минимизиране, повторна употреба и оползотворяване;
- Въздушно и шумово замърсяване;
- Изчерпване и нерационално използване на възобновяеми и невъзобновяеми природни ресурси;
- Висока ресурсна зависимост на индустриалното производство;
- Загуба на биоразнообразие;
- Наличие на голям брой замърсени терени;
- Използване на амортизирани технологии в производството;
- Ниска енергийна ефективност;
- Ниска производителност на труда;
- Несъответствие в образователното ниво и професионалните умения на работната сила на изискванията на търсенето;
- Ниско ниво на средствата, ориентирани за



научноизследователска и развойна дейност, научните изследвания не отговарят на нуждите на бизнеса;

- Лошо техническо състояние на транспортната инфраструктура;
- Ограничени възможности на предприятията за предотвратяване на промишлени аварии (НПДОСЗ)
- Ниско развитие на иновациите и технологиите.

5.2. Възможности за решаване на проблемите пред реализацията на устойчиво развитие на индустриалните зони в България:

- 1) Внедряване на екологично чисти технологии или технологии, които имат за цел неутрализиране на замърсяването.
- 2) Използване на възобновяеми енергийни източници, които имат потенциал да намалят емисиите на парникови и киселинни газове и други замърсители, отделяни при производството на енергия.
- 3) Подобряване на структурата на използваните горива, подобряване ефективността на използването им и насърчаване икономията на енергия.
- 4) Подобряване на условията на труд в предприятията.
- 5) Въвеждане на ефективни мерки за намаляване образуването на отпадъци от промишлената дейност, повторно използване, рециклиране и екологосъобразно обезвреждане на отпадъците.
- 6) Въвеждане на иновации в производството.
- 7) Подмяна на твърди с течни или газообразни горива.
- 8) Използване на горива с по-ниско пепелно и сярно съдържание.
- 9) Закриване на морално остарели и физически износени енергийни мощности.

## 6. Изводи

Отчитайки Европейските и национални стратегии за устойчиво развитие е необходимо преосмисляне на приоритетите в устройственото планиране и изграждане на производствените зони. Тяхното развитие допринася за

териториално балансиран икономически растеж и повишаване на конкурентоспособността на местната икономика чрез осигуряване на благоприятна бизнес среда.

Прилагането на принципите за устойчиво развитие позволява да се минимизират рисковите състояния и да се гарантира екологичната сигурност и здравословна работна среда и живот.

Представеният доклад е разработен по проект НП27/2013г. „Екологична оценка на последствията от природни бедствия и производствени аварии в условията на индустриална зона Девня” на ТУ – Варна.

## Литература:

1. Апостолов, А., Разработване на проекти за устойчиво развитие, Проджекта, София, 2005.
2. Крачунов Хр. Устойчиво развитие на производствените системи. Колор Принт, Варна, 2010г.
3. Недева Ил., Хр. Крачунов. Индикатори за устойчиво развитие на индустриални зони. Международна Научна конференция УНИТЕХ, 19-20 ноем, 2010г. Габрово.
4. Закон за индустриалните зони, 2003г.
5. Национална стратегия за устойчиво развитие, 2007г.
6. Националната програма за развитие на Република България - „България 2020”.
7. ЕВРОПА 2020. Стратегия за интелигентен, устойчив и приобщаващ растеж. Брюксел, 3.3.2010 г. COM(2010).
8. [http://www.ipgvr-varna.bg/assets/files/viziq\\_za\\_razvitiie.pdf](http://www.ipgvr-varna.bg/assets/files/viziq_za_razvitiie.pdf).

За контакти:

Христо Атанасов Крачунов,  
доцент доктор инж., ръководител  
катедра „Екология и опазване на околната  
среда” при Факултет по морски науки и  
екология, Технически Университет – Варна,  
9010, ул. ”Студентска” №1, тел.: 0899 902 978,  
e-mail: [tipa\\_expert@abv.bg](mailto:tipa_expert@abv.bg)

# ОПРЕДЕЛЯНЕ ПАРАМЕТРИТЕ НА ДИНАМИЧНИ ОБЕКТИ И АДАПТИРАНЕ НА ОЕП НА СТЕРЕО ТВИС

## DETERMINATION OF PARAMETERS DYNAMICS OBJECTS AND ADAPTATION OF OPTICALELECTRONICS DEVICES OF STEREO TV MESURING SYSTEM

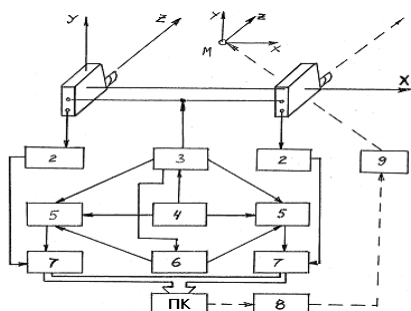
инж. Росен Спиров, Желязко Николов, Любомир Алексиев

**Резюме:** Статията представя методика за адаптиране на ОЕП за реализиране на адаптивна система за цифрова обработка на изображения и откриване на динамични обекти в реално време с FPGA.

**Ключови думи:** Обработка на Изображения, Откриване на обекти, Калманов филтър, FPGA

### I. ВЪВЕДЕНИЕ

Матрични фотопреобразователи със зарядна връзка са предпоставка за създаване на високоточни измерителни прибори и системи от телевизионен тип, предназначени за определяне на пространствената ориентация на динамичните обекти. ТВ системата с един датчик посредством адресация на развиващия лъч дава информация за разположението на даден обект в равнина успоредна на ТВ растера от предавателната ТВ-камера. Получените изображения от две видеокамери се различават по разположението на обектите върху техните растри и са обусловени от различните точки на наблюдение. Чрез несложни операции на базата на едноименните координати се изчислява третата координата. Системите от този тип чрез въвеждане на обратна връзка се превръщат в системи за автоматично регулиране и насочване. На фиг.1 е показана блок схемата на системата.



Фиг.1. Блокова схема на следяща система с автоматично регулиране и насочване

Обозначенията са: 1- ТВ камери, 2- Блок за формиране на сигнала, 3- синхрогенератор, 4-дискретизиращ генератор, 5-адресни броячи, 6- блок за управление, 7-блок за регистрация, 8-управляващо устройство, 9-изпълнително устройство, 10-М наблюдаван обект, ПК-персонален компютър.

Методите и алгоритмите за определяне на параметрите на динамичните обекти при

динамични условия се базират на използване на параметри, еднозначно описващи обекта и неговото поведение в пространството. Следящата ТВИС може да определи координатите и скоростта на обекта чрез координатите на центъра на тежестта му  $x_u, y_u$  от сигнала на изображението  $U(x,y)$  [1]:

$$x_u = \frac{\iint U(x,y)x dx dy}{\iint U(x,y) dx dy}, \quad y_u = \frac{\iint U(x,y)y dx dy}{\iint U(x,y) dx dy} \quad (1)$$

Алгоритъмът изчислява моментната стойност на бинарно-квантов дискретен сигнал  $U(x,y)$  от твърдотелен фото приемник, като за елемента  $x$  от реда  $y$  той е 0, или 1 [2]:

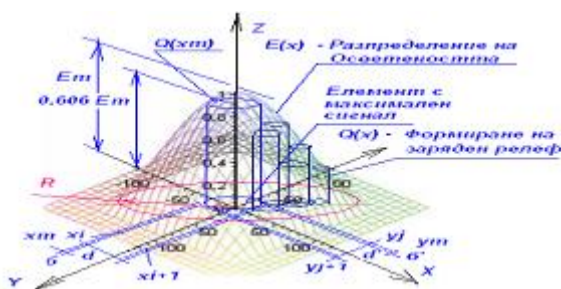
$$x_u = \frac{\sum_i \sum_j P_{ij} x}{\sum_i \sum_j P_{ij}}, \quad y_u = \frac{\sum_i \sum_j P_{ij} y}{\sum_i \sum_j P_{ij}} \quad (2)$$

Алгоритъмът съпоставя двойка изображения посредством еластично разтягане и свиване, което довежда до последователно съвпадане отначало на центровете на масите на целите изображения и така до съвпадане на отделните пиксели.

Под действието на светлината във всяка клетка се натрупва заряд, пропорционален на нейната осветеност и времето за натрупване. Ъгловите координати на безкрайно отдалечен точков източник еднозначно се привързват към линейните координати на изображението върху ПЗВ:

$$X = f \cdot \tan \psi \approx f \cdot \psi; \quad Y = f \cdot \tan \chi \approx f \cdot \chi \quad (3)$$

Тук  $\psi$  и  $\chi$  са ъгловите координати;  $X$  и  $Y$  са линейните координати на центъра на изображението в анализираната равнина;  $f$  е фокусното разстояние до обектива. Фиг.2 представя разпределение на осветеността по оста  $X$  от точков източник и формира *заряден релеф*  $Q(X_i)$  върху повърхността на ПЗВ като функция на пространствените координати и положението на елементите.



Фиг.2 Разпределение на осветеността и формиране на заряден релеф

Условията на работа на ОЕС налага бърза адаптация на МФПЗВ към изменението на външната осветеност така, че полезната част от видеосигнала винаги да се намира в работния участък от енергийната характеристика на МФПЗВ [2]. Както се вижда от графиката, ФЕП може да се разглежда като идеален, тъй като за широк динамичен диапазон експонирането може да се разглежда като адаптивно преместване, илюстрирано на фиг.3.



Фиг.3. Енергийна х-ка на ФЕП

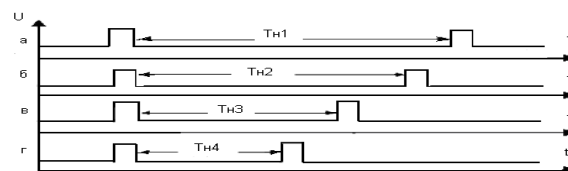
$U_{раб} = [U_{min}, U_{max}]$  е работния участък на енергийната характеристика на МФПЗВ, където  $U_{min}, U_{max}$  е допустимия диапазон на изходния сигнал, обезпечаващ зададено съотношение сигнал/шум  $K_{сш}$ , избрано за конкретната задача за разпознаване; а  $D\phi$  е динамичния диапазон на МФПЗВ; като  $D$  е динамичния диапазон на идеалния ФЕП.

Идеята се заключава в предположението, че режима на натрупване е способен да компресира част от смущенията  $N_{нат}$  и да пренастрои работата на МФПЗВ така, че динамичния диапазон  $D\phi$  да се премества по линията на енергийната характеристика на идеален ФЕП.

## II. ТЕОРЕТИЧНА ОБОСНОВКА

### 2.1. Автоматично регулиране на експозицията.

С регулиране на  $t_{нат}$  се стабилизира амплитудата на сигнала в изхода на МФПЗВ [3] чрез регулиране честотата на управляващата импулсна поредица /фиг.4/.



Фиг.4. Различни времена за натрупване  
За адаптацията на МФПЗВ може да се запише:

$$t_{нат} = \begin{cases} t_{нат-1} + \Delta t, & \text{ако } U_{изх} < U_{опт} \\ t_{нат-1} - \Delta t, & \text{ако } U_{изх} > U_{опт} \end{cases} \quad (4)$$

$t_{нат-1}$  е предходна стойност на  $t_{нат}$ ;  $\Delta t$  е промяна във времето;  $U_{опт}$  е оптималното напрежение, при което  $K_{сш} \Rightarrow \max$  и може да се определи :  $U_{опт} = \frac{U_{max} - U_{min}}{2}$  (5)

Величината  $\Delta t$  се определя от условията на работа на устройството във външната околна среда и зависи от скоростта на изменение външната осветеност  $\frac{\partial E}{\partial t}$  и ширината на работния участък  $U_{раб}$  от енергийната характеристика на МФПЗВ.

В предложения алгоритъм времето за натрупване  $t_{нат} \in [t_{min}, t_{max}]$  се разбива на  $N$  интервала. На всеки интервал се съпоставя диапазон напрежения  $\Delta U_N \in [U_i, U_{i+1}]$ ,  $i = 1, N+1$

Така при попадане на  $U_{изх}$  в диапазона  $\Delta U_N$  се избира съответстващо време за натрупване такова, че  $U_{изх}$  да е в диапазона на  $U_{раб}$

Ако  $U_{изх} \in [U_{min}, U_{max}]$ , то адаптацията ще протича в съответствие с уравнение (5). При промяна на амплитудата на изходния видеосигнал, АРЕ с последователно приближение формира поредици импулси до минимизиране на грешката при отклонението на амплитудата на изходния видеосигнал от зададената стойност. При промяна на амплитудата на изходния видео сигнал, АРЕ с мигновено приближение веднага формира времева поредица съответстваща на минималната грешка на отклонение на амплитудата на изходния видеосигнал от зададената стойност.

### 2.2. Определяне пределните граници на отдалеченост и скоростта на динамичния обект.

Относителната отдалеченост, отчитайки ъгъла на наблюдение на ОЕП може да се представи с изрази [4]:

$$W_0 = 2L - tg\alpha \quad (5)$$

Тук  $W_0$  е линейния размер на обекта по хоризонтала в равнината на изображението;  $L$  е разстоянието до обекта;  $\alpha$  – ъгъл на наблюдение на

обекта, който се характеризира с величината:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{W_m^0}{2f} \quad (6)$$

Тук  $W_m^0$  е размера на оптическата проекция на наблюдавания обект върху повърхността на МФПЗВ. От изразите (5) и (6) следва, че може да се запише:

$$L = \frac{W_0 f}{W_m^0} \quad (7)$$

За определяне на пределите на измерване на минимално и максимално разстояния може да се използва:

$$\frac{W_m^0}{W_m} = \frac{W_p^0}{W_p} \quad (8)$$

Тук  $W_m$  е размера на работната повърхност на МФПЗВ;  $W_p^0$  е размера на пиксела;  $W_p$  е размера на пиксела в кадъра на изображението. Замества се  $W_m^0$  в (7):

$$L = \frac{W_0 f W_p}{W_m W_p^0} \quad (9)$$

Вижда се, че минималното възможно разстояние до обекта ще е при  $W_p^0 = W_p$ , така  $\frac{W_p}{W_p^0} = 1$ , тогава

минималната стойност се получава при  $W_p^0 = 1$ . Тогава минималното и максимално възможни разстояния:

$$L_{\min} = \frac{W_0 f}{W_m}; \quad L_{\max} = \frac{W_0 f W_p}{W_m} \quad (10)$$

Максималната стойност на скоростта на обекта може да се определи:

$$v_{\max} = \frac{W_k}{T_c} \quad (11)$$

Тук  $W_k = \frac{W_m L}{f}$  е ширината на равнината на кадъра; а  $T_c$  е времето между две следващи кадрови изображения. От формули (10) и (11) става възможно определянето на границите на отдалеченост и скоростта на даден динамичен обект и неговото отделяне в сцената на изображението.

### 2.3. Отделяне на динамичния обект в сцената на наблюдение.

Качеството на процеса на отделяне на динамичните обекти може да бъде определено с изчисляване на съотношението на нивото на сигнала от обекта към нивото на сигнала от фоновия шум [5]. Обозначенията са:  $n(i,j)$  - цифрово изображение на обекта,  $m(i,j)$ -цифрово изображение на шума. Тогава за съотношението сигнал/шум [169,170]:

$$K_{cш} = \frac{\sum \sum n(i,j)}{\sum \sum m(i,j)} \quad (12)$$

Измерването на координатите на обекта по оста  $X$  в присъствие на фонов шум [139]:

$$X = \frac{X_{об} K_{cш}}{1 + K_{cш}} + \frac{X_{ш}}{1 + K_{cш}} \quad (13)$$

където  $X_{об}$ ,  $X_{ш}$  са координатите на обекта и шума. Изразът (13) показва, че резултите от измерването представляват сумарно претеглени координатите на обекта и шума. Специфичното тегло на шумовата съставна намалява с увеличаване на величината  $K_{cш}$ , а при  $K_{cш} < 1$  резултата от измерването съвпада с координатите на шума, което означава срив на процеса на следене.

## III. МЕТОДИКА

При реализирането на представената идея се взима в предвид направените съображения, че режима на натрупване е способен да компесира част от смущенията  $N_{нат}$  и пренастройва работата на МФПЗВ така, че динамичния диапазон  $D_f$  се премества по линията на енергийната характеристика на идеалния ФЕП. За определяне на  $K_{cш}$  в процеса на отделяне на динамични обекти се възможно да се приложи следната методика:

**1. Изпълнява се поелементно сумиране** на стойностите на пикселите съответно по редове и стълбове:

$$\sum_{i=1}^m S_Y^i = \sum_{j=1}^n \hat{x}_{ij}; \quad \sum_{i=1}^m S_X^i = \sum_{j=1}^n \hat{x}_{ij} \quad (14)$$

**2. Построяват се отделни интервали**, разбиващи целия интервал с промяна в последователността. Интервалите са с еднаква дължина:  $[z_i, z_j + h)$ ,  $i=1,2,...,q$ , (15)

Тук  $q$  е броя на интервалите. Дължината  $h$  следва да се избере така, че построената поредица да не бъде тромава, но в същото време това позволява да се открият характерните промени в случайните величини. За  $h$  [4]:

$$h = \frac{S_{\max} - S_{\min}}{1 + 3.222 \lg n} \quad (16)$$

Където  $S_{\max}$ ,  $S_{\min}$  е най-голямата и най-малката стойности във видеопоредиците  $S_Y$  или  $S_X$ . За  $S_Y$ ,  $n = 640$ , за  $S_X$   $n = 480$ , тогава от (16):

$$h_Y = \frac{S_{\max}^Y - S_{\min}^Y}{10}; \quad h_X = \frac{S_{\max}^X - S_{\min}^X}{9.6} \quad (17)$$

Ако  $h$  е дробно число, то за продължителността на интервала се приема най-близката проста дроб или цяла стойност:

$$z_1 \leq S_{\min}; \quad z_m + h \geq S_{\max} \quad (18)$$

**3. Определя се прагова стойност за  $S_n$ .**

Ако полученото  $q$  е нечетно, то  $S_n = z_i + \frac{z_{i+1} - z_i}{2}$

, където  $i$  е равно на най-малкото цяло, но по-голямо от  $q/2$  число. Ако  $q$  е четно, то  $S_n = z_i$ , където  $i$  е равно на  $q/2$ .

**4. Определят се средните стойности на сигнала и шума:**

$$S_{\text{сигнал}}^X = \frac{1}{K} \sum_{i=1}^K S^X \geq S_N, S_{\text{шум}}^X = \frac{1}{K} \sum_{i=1}^K S^X \geq S_{\text{ш}} \quad (19)$$

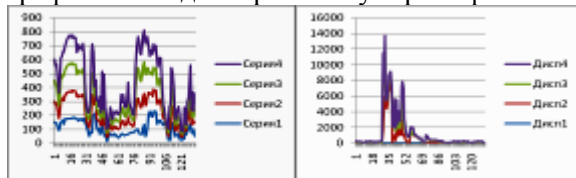
Тук  $K$  е количеството ненулеви стойности  $S^X$ , по-големи или по-малки от  $S_n$ . Аналогично се определят стойностите  $S_{\text{шум}}^Y$  и  $S_{\text{сигнал}}^Y$ .

**5. Определя се стойността на  $K_{\text{сш}}$  :**

$$K_{\text{сш}} = \frac{K_{\text{сш}}^X + K_{\text{сш}}^Y}{2} = \frac{1}{2} \left[ \frac{S_{\text{сигнал}}^X}{S_{\text{шум}}^X} + \frac{S_{\text{сигнал}}^Y}{S_{\text{шум}}^Y} \right] \quad (20)$$

За увеличаване на стойността на  $K_{\text{сш}}$  би могло да се използват различни филтрации. Известно е, че филтъра на Калман дава най-добрите минимални средно квадратични отклонения в оценка на параметрите в сравнение с всички други линейни филтри, в това число и за негаусови шумове.

За всяка извадка от експерименталната поредица след статистическа обработка отчетливо се наблюдава наличие на динамичния обект в графиките на дисперсиите сумарно /фиг. 5б/.



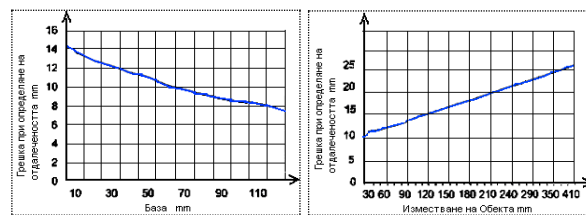
Фиг.5. Яркостта  $E(n)$  и дисперсията  $\sigma(n)$  на пикселите за всеки ред

Анализът показва има насищане с пикове, съответстващи на пикселите в контрастната област от изображението, но за разлика от тези на динамичния обект, те са разположени в една и съща локалност. Тяхното положение не се променя във времето и това може да бъде взето под внимание при последващо отделяне на динамичния обект. Аналогични са пиковите в дисперсията, неизменящи своето положение в изображенията, които съответстват на наличие на динамичен фон. Той е периодичен и с неголяма амплитуда на колебания. Ширината на лентата на дисперсионните максимуми е  $\delta_x > \delta_k^{\text{доп}}$  и при такива пикове тя е равна на амплитудата на колебанията на фона. За откриването на динамичен обект, дисперсията  $\sigma_x$  за пикселите от реда ширината на лентата на дисперсионните максимуми  $\sigma_x > \sigma_k^{\text{доп}}$  остава практически една и съща и тя съответства на ширината на динамичния обект.

## IV. ЕКСПЕРИМЕНТАЛНИ РЕЗУЛТАТИ

### 4.1. Експерименталното определяне и анализиране на пространствените координати на обекта.

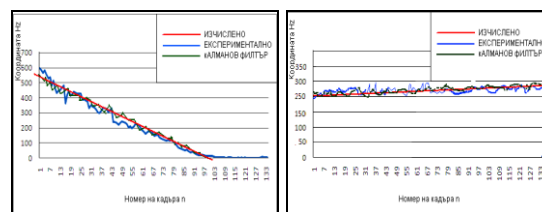
Извършва се с две изображения [5], където  $p_i$  и  $p_i^*$  са положенията на ОЕП по лъча ОХ така, че  $p = Op_i = Op_i^*$  и базата е  $B = 2p$ .



Фиг.6. Грешка при определяне на отдалечеността на обекта от базата (а), и от отместването  $\Delta x$  му (б)

Грешката при определянето на отдалечеността до обекта в зависимост от големината на базата  $B$  е показана на фиг. 6а, и в зависимост от отместването  $\Delta x$  на двата обекта относно оста ОХ имаме фиг.6б.

**4.2. Определяне на координатите на относителния център на динамичния обект и вероятността за откриване на динамични обекти в поредици изображения, се извършва с отделяне на динамичен обект и определяне координатите на неговия относителен център.**



Фиг.7. Резултати от определяне на координатите на обекта по посока на оста ОХ (а); и по оста ОУ(б)

Получените експериментални данни се обработват с рекурентен Калманов филтър и сравнителните резултати при определяне на координатите в графична форма са показани на фиг.7. Отклонението на експерименталните резултатите от изчислените стойности по ОХ:

$$\Delta x = \frac{1}{K} \sum_{i=1}^K |x_{\text{експер}} - x_{\text{расч}}| \quad (21)$$

$K$  е броя измервания. Аналогично се определя отклонението по оста ОУ-  $\Delta y$ . Зависимостта на грешката при определяне на координатите на центъра на обекта от размерите му е показана на графиката:



Фиг. 8. Грешка при определяне на координатите на центъра на обекта

След обработката с филтъра на Калман грешката при определяне на координатите на центъра на обекта е по-малка от 7%. Оценката на вероятността за лъжлива тревога се определя като съотношение на количеството появявания на лъжливи обекти към общото количество кадри в

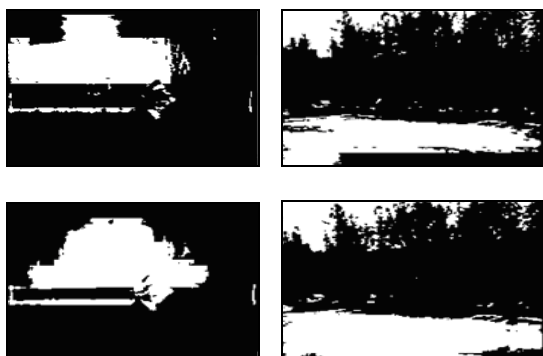


последователността, съдържаща динамичния обект.

Таблица 1. Експериментални резултати

| Вероятност за откриване |               | Вероятност за лъжлива тревога |               |
|-------------------------|---------------|-------------------------------|---------------|
| статичен фон            | динамичен фон | статичен фон                  | Динамичен фон |
| 0,98                    | 0,98          | 0,06                          | 0,26          |

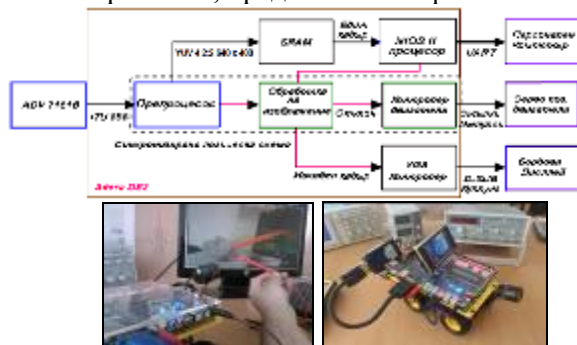
Използвани са кадри от стари записани касети по стандарта VHS, за да се осигури необходимото възможно и достатъчно ниско качество на изображението. Така се пресъздава качеството на изображението при усложнени реални условия на експлоатация и наличие на фрагменти, съдържащи динамични обекти, както илюстрира фиг.9.



Фиг.9. Тестови поредни изображения

Видеопоредиците на изображенията се записват в оперативната памет с честота 25 кадъра/sec. Поредиците изображения се състоят от 100 кадъра които постъпват за цифрова обработка. За всяко получено бинарно изображение по предложената методика, се изчислява стойността на  $K_{сш}$ . От таблица 1 се вижда, че разработената методика дава сходни резултати с известни методи при статичен, но превъзхожда при динамичен фон.

Базовите компоненти на системата трансформират борда Altera DE2 в специализирана система за цифрова обработка на ТВ изображения, представени на фиг.10.



Фиг.10. Експерименталната адаптивна система

### III. ИЗВОДИ

1. Постигнато е съществено разширяване на динамичния диапазон на работа на ОЕП чрез регулиране на времето за натрупване на заряд в МФПЗВ.
2. Методиката за откриване на динамични обекти превъзхожда известните методи в условията на динамичен фон и дава сходни резултати при статичен фон.
3. Използването на стереоскопични изображения позволява анализиране в дълбочина на сцената на наблюдение.
4. Представената методика за ЦОИ обединява възможностите на програмируемите прибори FPGA с бързодействието и точността на CCD сензорите за работа в реално време и приложение в системите за разширен обзор EVS в авиацията.

### ЛИТЕРАТУРА:

- [1] Altera “DE2 Development and Education Board” DE2 Package, or [available online at] <http://www.altera.com>
- [2] Advanced Microcontroller Final Projects, or: <http://people.ece.cornell.edu/land/courses/ece5760/FinalProjects/>
- [3] Alexander S.T. Adaptive Signal Processings Theory and Applications. Springer-Verlag, 2006.
- [4] Application Note AN-144, „Sync Dual-Ports for DSP & Comm Application. IDT Inc., 2000
- [5] Kato N, Median and paired fin controllers for biomimetic marine vehicles, *Journal of Applied Mechanics Reviews*, vol. 58, pp. 238–252, 2005.

За контакти:

Росен Спиров  
ТУ-Варна, “ОУЛ по Електроника”,  
9010, Варна, Ул. Студентска № 1, 606Е  
e-mail: rosexel@abv.bg

Желязко Николов, ВМУ „Никола Вапцаров”  
Варна, e-mail: zelyazko\_nikolov@abv.bg

Любомир Алексиев  
ТУ-Варна, „ОУЛ по Мехатроника”,  
9010, Варна, Ул. Студентска № 1, 523НУК  
e-mail: aleksiev.l.i@abv.bg

## НЯКОИ АСПЕКТИ НА СИГУРНОСТТА ПРИ МОБИЛНИ AD HOC МРЕЖИ

Желязко Николов, Росен Спиров, Любомир Алексиев

**Abstract:** Security has become a major concern in order to provide protected communication between mobile nodes in a hostile environment. In comparison with the traditional wire nets, the characteristics of mobile ad hoc networks pose a number of challenges to the security model, such as shared wireless medium and highly dynamic network topology. In this article some aspects of information security and routing in mobile ad hoc networks are overviewed.

**Keywords:** Mobile ad hoc networks, information security, routing.

### 1. Въведение.

Безжичните мобилни мрежи, които работят без централизиран контрол и стационарна инфраструктура са известни като ad hoc мрежи. Първоначално те са използвани единствено за военни цели, но днес се развиват и осигуряват както държавни структури и служби, така и широк кръг комерсиални приложения. Това развитие служи като катализатор за намиране на похвати за компрометиране на сигурността на мрежовия информационен обмен, особено във военната сфера.

Известно е, че мобилните ad hoc мрежи се отличават със сравнително висока устойчивост на преднамерени смущения, която се дължи основно на използваните широколентови сигнали. В съвременните условия при налагането на мрежовоцентричен модел за водене на военни операции, разглежданите мрежи имат водеща роля при комуникационно-информационната поддръжка на тактически действия. В тези случаи противодействието на мобилните ad hoc мрежи се извършва не само чрез използване на предаватели на преднамерени смущения, но и чрез създаване на условия за нарушаване на информационната сигурност. В настоящия доклад са разгледани някои аспекти на сигурността по отношение на информационния обмен и маршрутизиращите протоколи.

### 2. Основни компоненти на информационната сигурност при мобилни ad hoc мрежи.

Осигуряването на информационната сигурност при съвременните комуникационно-информационни системи, и в частност при мобилните ad hoc мрежи, може да бъде разглеждано като изпълнение на комплекс от мероприятия насочени към удовлетворяване на изискванията за: **достъпност, цялостност, автентификация, конфиденциалност и невъзможност за отказ** [1, 4, 5, 6].

**Достъпността** на една комуникационно-информационна мрежа гарантира нейната наличност и факта, че тя може да бъде използвана при поискване от оторизиран потребител. Достъпността се осигурява чрез контрол на потребителите, резервиране на записи и архивиране на информация.

**Цялостността** гарантира, че информацията не е била променена или унищожена по неоторизиран начин. Тя се постига чрез недопускане на изменение на информацията както по злонамерен начин, така и при използване на информация от ненадежден източник. Рискът от недостатъчна цялостност се минимизира чрез използване на надеждни източници на информация и цифрови подписи.

Чрез **автентификацията** се установява валидността на съобщение или източник, както и правото на потребителя за получаване на специфични категории информация. Автентификацията се гарантира чрез използване на персонални атрибути за сигурност, асиметрично криптиране и цифрови подписи. Тя гарантира, че източниците на информация се проверяват за валидност при получаване на информацията или при първоначален достъп до нея.

Автентификацията е от особена важност за установяването на източника на нова или променена маршрутизираща информация при ad hoc мрежите. Ако този компонент на сигурността не е гарантиран, е възможно да се допусне нарушаване на маршрутизацията или отклоняване на трафика в произволни направления. Това би довело до невъзможност за комуникация. Автентификацията и цялостността обикновено се осигуряват паралелно, тъй-като цифровите подписи се прилагат както за потвърждаване на произхода на информацията, така и за недопускане на изменение по неоторизиран начин. При неадекватна защита на цялостността е възможно да се допусне злонамерено унищожаване на съобщения или да се генерира лъжлив трафик, като тези действия може да бъдат приети за грешки при обмяна.

**Конфиденциалността** гарантира, че информацията е защитена по начин, който позволява достъп до нея само на оторизирани потребители. Конфиденциалността се постига чрез прилагане на процедури за сигурност и криптиране.

Нарушаването на конфиденциалността на маршрутизиращата информация при разглежданите комуникационни структури може да даде възможност на неоторизиран потребител да установи местоположението на устройствата и да ги разпознава. Подобен пробив повишава уязвимостта на мрежата, като създава условия и за други действия за нарушаване на сигурността.

**Невъзможността за отказ** гарантира, че подателят на информацията разполага с доказателство за доставката ѝ, а получателят е уверен в идентичността на подателя. По този начин и двете страни не могат да отрекат, че

са обработвали данните. При обмен на съобщения в системата се генерират съответните записи.

### **3. Действия за компрометиране на сигурността на мобилни ad hoc мрежи и механизми за защита.**

Съществуват две основни направления за защитата от действия за компрометиране на информационната сигурност [5]:

- превантивна дейност - прилагане на механизми за защита от компрометиращо действие;
- установяване на компрометиращото действие и предприемане на мерки за неговото неутрализиране.

От своя страна действията за компрометиране на сигурността на мобилни ad hoc мрежи могат да бъдат разделени в две категории: пасивни и активни [2].

При пасивните действия извлечената информация се употребява, без да бъде променяна и въвеждана отново в мрежовия трафик. В този случай се нарушава конфиденциалността. Поради факта, че тези действия не водят до прекъсване на комуникацията, те се установяват сравнително трудно. Противодействието се осигурява посредством подходящо криптиране и контрол на достъпа.

Активните действия водят до нарушаване на нормалната работа на ad hoc мрежата. При тях се извършва злонамерено модифициране на информацията или въвеждане на грешни данни. Резултатът може да бъде нарушаване на маршрутизиращите процедури и понижаване на производителността на мрежата. Активните действия за компрометиране на информационната сигурност могат да бъдат разделени на външни и вътрешни.

Външните активни действия се извършват с помощта на устройства, които не са легитимна част от ad hoc мрежата. Адекватно противодействие може да бъде осигурено при използването на процедури за автентификация.

Вътрешните активни действия за компрометиране на сигурността се



осъществяват чрез вече оторизирани устройства, част от мрежата. По тази причина тези действия са сравнително трудни за откриване.

Два от ключовите механизми за защита на мобилните ad hoc мрежи от действия за компрометиране на сигурността са криптиране на съобщенията и използване на специални кодове за удостоверяване на идентичността на подателя. Те осигуряват цялостност на информацията и автентификация.

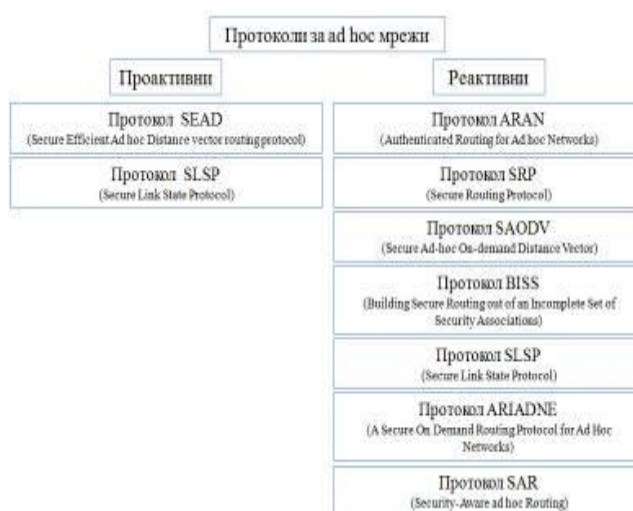
При мобилните ad hoc мрежи се използват основно два начина за криптиране на данни – симетрично и асиметрично. Системите със симетрично криптиране използват един ключ за криптиране и декриптиране на съобщенията, докато асиметричните – по един за всяко действие. Във втория случай рискът от компрометиране на сигурността на информацията е по-нисък и по тази причина асиметричното криптиране намира приложение при мобилните ad hoc мрежи с военно предназначение.

По отношение на кодовете за удостоверяване на идентичността на подателя, при мобилните ad hoc мрежи се използва специален код за автентификация на съобщението. Той представлява хеширано представяне на съобщението и е криптографска чексума, която се определя от ключа за криптиране и декриптиране. При обратното преобразуване и евентуално съвпадение на кода в приемната страна се потвърждава фактът на недопускане на промяна на съобщението и се гарантира цялостността на информацията.

Използваните протоколи при мобилните ad hoc мрежи са уязвими от гледна точка на сигурност на информацията [2]. Една от основните причини за този недостатък е факта, че топологията на разглежданите структури се променя динамично. Това създава трудности при определянето на причината за промяна на маршрутизиращата информация, която може да е резултат както от изменение на броя или метоположението на устройствата, така и от въвеждане на лъжлив трафик [3].

#### 4. Маршрутизиращи протоколи за осигуряване на информационната сигурност.

Особеностите на мобилните ad hoc структури, в сравнение с традиционните проводни мрежи, налагат необходимостта от използването на специфични маршрутизиращи протоколи. Те могат да бъдат разделени на две основни групи: проактивни и реактивни. На фиг. 1 са посочени най-често използваните маршрутизиращи протоколи, които предлагат съвременни решения за осигуряване на сигурността [3].



Фиг. 1. Маршрутизиращи протоколи, предназначени за осигуряване на информационната сигурност на мобилни ad hoc мрежи.

Характерно при проактивните протоколи е, че те поддържат информация за маршрута между кои да е две устройства в мрежата. Поради факта, че данните за използваните пътища обикновено се съхраняват в таблици те се наричат още table-driven протоколи. Друга тяхна особеност е, че позволяват на всяко устройство непрекъснато да актуализира информацията си за топологията на мрежата.

При реактивните маршрутизиращи протоколи се изграждат път между две устройства само при необходимост. След първоначалното му определяне, маршрута се пази докато е наличен и докато се използва.

Предимство на проактивните маршрутизиращи протоколи е времето за използване на маршрута, тъй като той е наличен и може да се използва веднага.

Всеки от посочените на фиг. 1 маршрутизиращи протоколи притежава предимства и недостатъци, които го правят подходящ за определени условия на работа. Те притежават и определени възможности за адаптиране към динамично променящата се топология на мрежата, но в същото време несъвършенствата им, от гледна точка на сигурността, могат да бъдат използвани за компрометиращи действия [3].

### 5. Заключение.

Въпреки използваните механизми за защита мобилните ad hoc мрежи са уязвими по отношение на сигурността на информацията. Една от причините за това е динамично променящата се топология, която е предизвикателство при адаптирането и подбора на маршрутизиращи протоколи.

Широкият кръг от приложения и условия за работа на мобилните ad hoc мрежи не позволява да се посочи универсален подход при създаването и усъвършенстването на протоколи, които са в състояние да удовлетворят съвременните изисквания за сигурност на информацията. Предвид факта, че хибридните маршрутизиращи протоколи съчетават предимствата на проактивния и реактивния подход, би могло да се търси компромисно решение в тази посока.

### Използвана литература:

1. Доктрина на въоръжените сили на Република България – НП 01. Министерство на отбраната на Република България, София, 2011.
2. Mohapatra, P., S. Krishnamurthy. Ad Hoc Networks Technologies and Protocols. Springer, 2005. ISBN 0-387-22690-7.
3. Singh, K., R. S. Yadav, Ranvijay. A Review Paper on Ad Hoc Network Security. International Journal of Computer Science and Security. Volume 1, Issue 1, pp 52-69, 2007.
4. Wang, X. Mobile Ad-Hoc Networks: Protocol Design. InTech Chapters, 2011. ISBN 978-953-307-402-3.

5. <http://seminarprojects.com/Thread-security-in-ad-hoc-wireless-networks-full-report> 20.09.2013.

6. [https://www.cs.tcd.ie/hitesh.tewari/papers/netsec00\\_manet\\_sec.pdf](https://www.cs.tcd.ie/hitesh.tewari/papers/netsec00_manet_sec.pdf) 20.09.2013.

### За контакти:

Желязко Николов  
ВВМУ „Н. Й. Вапцаров”, кат. „Електроника”  
9026, Варна, ул. Васил Друмев №73  
e-mail: zhelyazko\_nikolov@abv.bg

Росен Спиров  
ТУ-Варна, “ОУЛ по Електроника”,  
9010, Варна, Ул. Студентска № 1, 606Е  
e-mail: rosexel@abv.bg

Любомир Алексиев  
ТУ-Варна, „ОУЛ по Мехатроника”,  
9010, Варна, Ул. Студентска № 1, 523НУК  
e-mail: aleksiev.l.i@abv.bg

## СИМУЛАЦИОНЕН МОДЕЛ ЗА ПРОГНОЗИРАНЕ ЕФЕКТИВНОСТТА НА АДАПТИВНОТО УПРАВЛЕНИЕ ПО ТОЧНОСТ ПРИ ММ С ЦПУ

Илия Четров

**Abstract:** Presented in this writing is a computer simulation mathematical and statistical model of the dimensions generating in CNC turning. Using output data of actual processes virtual diagrams illustrating the effect of random and systematic factors are generated as the number of processed parts function. Specialized software is applied for generating diagrams of complex adaptive control and active control. This computer simulation model allows predicting of the potentials of the various accuracy control procedures, and selecting appropriate variants.

**Keywords:** Mechanical engineering, adaptive control, active control, computer simulation, CNC lathe

### 1. Въведение

В резултат на различни смущаващи фактори машиностроителните изделия се получават с различно качество. Това явление е известно, като разсейване на качествените показатели.

Прилагането на управление на технологичния процес цели да се намали разсейването на качествените показатели. От гледна точка на точността на получаваните размери, това се изразява в намаляване на тяхното разсейване.

Адаптивното управление (АУ) на точността е свързано с намаляване на грешките от силови деформации, които доминират при първите преходи на обработване. Приложението на този метод най-често води до намаляване на разсейването на размерите при грубо обработване [1].

Активният контрол (АК) се реализира по информация за стойността на качествен показател. Характерно е че управлението се води по изходящите параметри на детайлите (размери и други качествени показатели) [2].

При реализации на системи за автоматично управление (САУ) управление на точността на технологичния процес се прилага обединяване на системите, като двуконтурна САУ [3]. Обединението на двата метода за работа в единна система води до значително намаляване на разсейването на качествените показатели при механично обработване на детайли.

Прилагането на компютърна симулация на технологичния процес и на методите за

управление на точността, дава възможност за прогнозиране на възможностите за приложението на тези методи и тяхната ефективност при зададени изисквания към точността на детайлите [7].

В настоящата работа се разглежда възможността да се генерират компютърно диаграми на точността на процеса механично обработване, като се разглежда работа на АУ и АК и се извърши сравнение на разсейването на качествените показатели при съвместната им работа и без прилагане на АУТ.

### 2. Разсейване на размерите

Познанието за характера на разсейването, като случаен процес е в основата на управлението на точността. Възможно е аналитично описание на разсейването, чрез теорията на случайните величини и случайните функции.

Представянето на дискретен технологичен процес се извършва, чрез диаграма на точността, която представя разсейването на определен качествен показател, като функция на времето на работа [8].

Стойностите, получавани за определен качествен показател се разсейват в границите на вероятното поле на разсейване  $\omega_{\Sigma}$ . За даден момент от процеса определен с времето  $\tau_s$ , разсейването притежава поле на разсейване  $\omega_{MS}$ , наречено мигновено поле на разсейване.

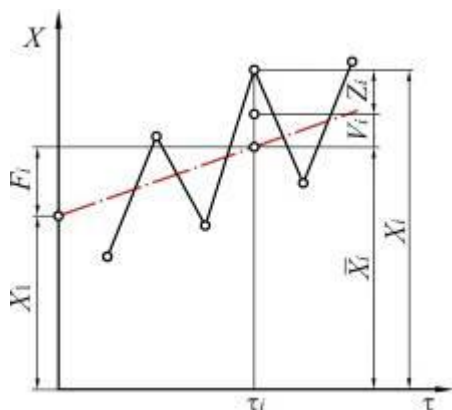
То се определя от следната сума:

$$\omega_{MS} = \sqrt{\omega_H^2 + \omega_{CS}^2 + \omega_{3S}^2} \quad (1)$$

където  $\omega_H$  е полето на разсейване на грешката от размерното настройване;

$\omega_{CS}$  - полето на разсейване на случайните грешки в момента  $\tau_S$ ;

$\omega_{3S}$  - полето на разсейване на систематичните грешки в момента  $\tau_S$ ;



Фиг.1. Промяна на качествения показател  $X$  спрямо номиналната стойност в момент от време  $t$

При моделирането на процеса с теорията на случайните функции [5] отклонението на качествения показател спрямо номиналната стойност в даден момент от времето може да се представи чрез фиг. 1.

Според фигурата, размерът  $X_i$ , получен при цикъла  $\tau_i$ , може да се представи с формулата:

$$X_i = \bar{X}_1 + F_i + V_i + Z_i = \bar{X}_i + F_i + Z_i, \quad (2)$$

където  $\bar{X}_1$  е настроенния размер в началото на работа;

$F_i$  – средната стойност на детерминираната систематична съставляваща на изместването на настройката;

$V_i$  - случайната съставляваща на изместването на настройката, явяваща се корелирана функция на аргумента  $\tau$ ;

$Z_i$  - случайна некорелирана функция на аргумента  $\tau$ , характеризираща собствено случайното (мигновено) разсейване.

На базата на тези модели може да се генерира точкова диаграма, която представя технологичния процес.

## 2. Генериране на диаграма на точността на процеса

Генерирането на диаграма на точността на процеса, чрез компютърна симулация може да се извърши по разгледаните модели. Вероятната стойност на параметъра на качеството  $X_n$  за изделието с пореден номер  $n$  от партидата се определя от сумата:

$$X_n = \bar{X}_n + x_n, \quad (3)$$

където  $\bar{X}_n$  е средната стойност на качествения показател определена от уравнението на регресия:

$$\bar{X}_n = \tilde{a} + \tilde{b}n, \quad (4)$$

$x_n$  – вероятното отклонение на качествения показател от средната стойност.

Определянето на  $\bar{X}_n$  се извършва по зададени коефициенти  $\tilde{a}$  и  $\tilde{b}$  на уравнението на регресия.

Определянето на  $x_n$  се извършва чрез генериране на случайни числа от закона на разпределението на Гаус със зададено средно квадратично отклонение, съответстващо на зададено мигновено поле на разсейване.

По такъв начин, като се изменят началните условия на процеса, може да се генерират различни диаграми, които по-нататък да се изследват за приложимост и ефективност на автоматичното управление на точността.

### 2.1. Адаптивно управление на точността

За експериментиране на модела и алгоритъма за адаптивно управление е приложено моделиране на силовите деформации в технологичната система [4]. Получен е модел за силовите деформации при разстъргване на цилиндрични отвори с конзолно закрепен инструмент и е определено разсейването на размерите за изследвания диапазон от входящи фактори при моделирането (дълбочина на рязане  $a$  и подаване  $f$ ).  $a_{min}=0,25\text{mm}$ ;  $a_{max}=0,75\text{mm}$ ;  $f_{min}=0,1\text{mm/об}$ ;  $f_{max}=0,5\text{mm/об}$

Уравнението на регресия за модела в натурални координати е:

$$y(a, f) = 8 + 71,4a + 8,1f + 925af - 120,4a^2 - 219,3f^2 \quad (5)$$

От получения математически модел е възможно да се определи разсейването на размерите без АУТ

$$\omega_{\Sigma y} = \Delta y + \omega_y$$

където  $\Delta y$  е нарастването на деформацията при вариране на променливите фактори в границите на модела от минималното до максималното им ниво;

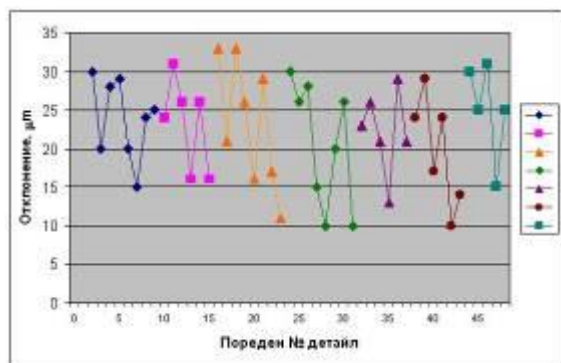
$\omega_y$  - поле на разсейване около уравнението на регресия.

При прилагане на алгоритмите за адаптивно управление на точността (АУТ) се използва математическият модел на процеса и за всеки детайл в зависимост от, получаващата се дълбочина на рязане се генерира съответно изречение в управляващата програма на ММ с ЦПУ.

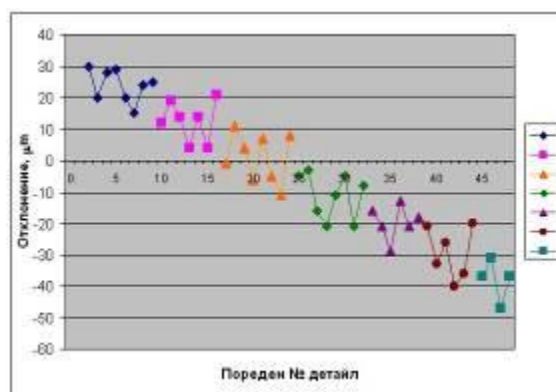
## 2.2. Експериментално изследване на АК с АУ

За добиване на представа за възможностите на компютърната симулация ще бъдат представени резултати от експериментално изследване на работата на АУ и АК.

Грубото разстъргване се извършва при условия, аналогични на тези, при които е снет модела за силовите деформации. Разстъргва се партида от 50 заготовки с вариране на дълбочината на рязане от 0,25 до 0,75mm. За всяка заготовка подаването се определя от компютърната система в съответствие с алгоритъма за АУ. Чистото обработване е осъществено с прилагане на алгоритми за активен контрол след обработването (АКСО) [6]. За експерименталното изследване са използвани специализиран софтуер за АУ и за АКСО. На фиг. 2 е представена точкова диаграма на изследвания процес.



Фиг.2. Експериментална диаграма на разстъргване с АУТ и АКСО,  $T=50\mu m$ .



Фиг.3. Генерирана диаграма на разстъргване без АКСО.

Ефекта от прилагането на АУТ и АКСО, може да бъде представен чрез сравнение получената диаграма и представената на Фиг3 компютърно генерирана диаграма на процеса без прилагането на АКСО.

## 3. Генериране на диаграми на точността на процеса за прогнозиране на ефективността на адаптивното управление.

С помощта на компютърна симулация се изследват процеси на обработване с прилагане на АУТ и АКСО и процеси при които не е приложено АУТ при грубото разстъргване. За целта се генерират размери на заготовките и детайлите, подчиняващи се на нормалния закон на разпределение.

От математическия модел за грубо разстъргване, от статистическите характеристики за изследваните реални процеси и получените резултати за уточняването е възможно да се генерират диаграми на точността по зададени характеристики.

1. Генерират се случайни числа с нормално разпределение по закона на разпределението на Гаус със зададено средно квадратично отклонение, съответстващо на зададено мигновено поле на разсейване. За мигновеното поле на разсейване се задават стойности, които съответстват на обработване с АУТ или без АУТ.
2. Генерират се стойности съответстващи на чисто разстъргване, като се използват получените резултати от генерираните стойности на размерите



за грубо разстъргване и известните коефициенти на уточняване.

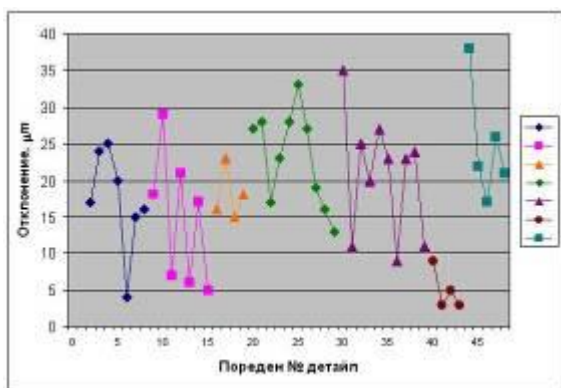
- Получените стойности се въвеждат в специализирания софтуер за АКСО. Получават се съответните стойности за поднастроечните импулси и се получава генерираната диаграма на точността на процеса.

За да се оцени ефективността на АУТ са генерирани диаграми с прилагане на АУТ и без прилагане на АУТ.

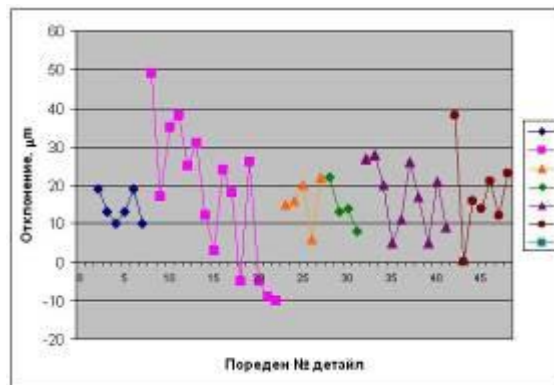
Изискванията към точността на обработването ще са в два варианта:

- $T = 50 \mu m$ ;  $EI = 0 \mu m$ ;  $ES = 50 \mu m$  ( $\omega/T = 0,74$  без АУ,  $\omega/T = 0,52$  с АУ);
- $T = 70 \mu m$ ;  $EI = 0 \mu m$ ;  $ES = 70 \mu m$  ( $\omega/T = 0,53$  без АУ,  $\omega/T = 0,37$  с АУ);

За първия вариант на точност и прилагане на АУТ при грубото разстъргване симулацията на активния контрол е представена на фиг.4. Вижда се, че размерите на обработените детайли са в границите на допусковото поле. Системата за активен контрол осигурява постигане на зададената точност. При симулацията за този вариант без прилагане на АУТ фиг. 5. се вижда, че размерите на обработените детайли излизат извън границите на допусковото поле. В този случай системата за активен контрол не осигурява зададената точност.

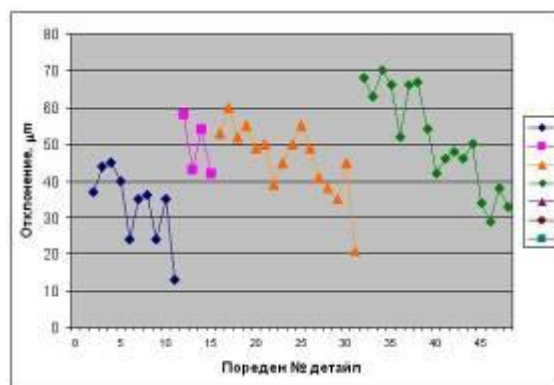


Фиг.4. Генерирана диаграма на разстъргване с АУТ,  $T=50\mu m$ .

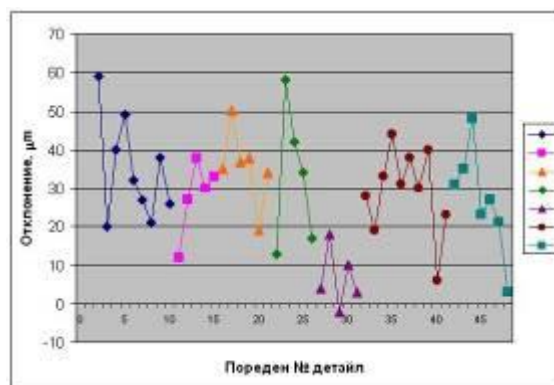


Фиг.5. Генерирана диаграма на разстъргване без АУТ,  $T=50\mu m$ .

При втория вариант на точност се наблюдават аналогични случаи. При работа с АУТ за грубото разстъргване фиг.6., активния контрол осигурява постигане на зададената точност. Когато не се приложи АУТ фиг.7. се наблюдава детайл, който е с размери извън допусковото поле, т.е. активния контрол не осигурява постигане на зададената точност.



Фиг.6. Генерирана диаграма на разстъргване с АУТ,  $T=50\mu m$ .



Фиг.7. Генерирана диаграма на разстъргване без АУТ,  $T=70\mu m$ .

Причина активният контрол да не е в състояние да осигури зададената точност при работа без АУТ за изследваните случаи е, че мигновеното поле на разсейване се различава незначимо по големина от допусковото поле. Сравняването на симулираните диаграмите очевидно показва разликата при съвместна работа на системата за АК и прилагането на АУ.

#### Изводи и заключение

Проведените изследвания доказват, че прилагането на компютърна симулация на адаптивно управление и активен контрол е подходяща за прогнозиране на възможността за прилагане на тези методи за управление на технологични процеси и ефективността от прилагане на адаптивното управление за постигане на зададена точност при обработване на детайли.

#### Литература

- [1] Адаптивное управление станками, под ред. Балакшина Б.С., Москва, Машиностроение, 1973
- [2] Волосов С. Активный контроль размеров. Москва, Машиностроение, 1984.
- [3] Георгиев В, С. Салапатева, И. Четроков, С. Лилов. Системи за осигуряване точността на размерите на детайли в машиностроенето изработвани на металорежещи машини с цифрово програмно управление. Международна конференция “Автоматика и информатика`08”, София, 1-4 октомври 2008, стр. V16 – V18
- [4] Георгиев В., И. Четроков. Моделиране на деформационното поведение на технологичната система при механично обработване АМТЕСН 2005, Русе, 2005, стр.375-380.
- [5] Невельсон М. С. Автоматическо управление точностью маталообработки. Ленинград, Машиностроение, 1973.
- [6] Салапатева С. Технологични изследвания за активен контрол при струговане с ЦПУ. Дисертация за присъждане на образователна и научна степен „доктор”. Пловдив, 2005.
- [7] Салапатева С, И. Четроков, В. Георгиев. Изследване характеристиките на технологичния процес при ММ с ЦПУ чрез компютърна симулация за интелигентно

компютърно управление на точността. Международна конференция “Автоматика и информатика`07”, София, 3-6 октомври 2007, том II, стр. V29 – V32.

[8] Солонин И. С. Математическая статистика в технологии машиностроения. Москва, 1972

#### За контакти:

п.к.8010, Бургас,  
бул. „проф. Якимов” № 1 ,  
Университет „проф. д-р Асен  
Златаров” , Технически колеж,  
главен асистент, доктор  
Илия Четроков  
e-mail: il\_chetrokov@abv.bg

## ИЗСЛЕДВАНЕ НА ГОВОР И VoIP ТРАФИК В WIRELESS ТРАКТ THE STUDY OF VOIP TRAFFIC IN A WIRELESS NETWORK

Тодорка Георгиева, Петьо Рабиу

**Abstract :** *In this article, we present the basic ways of expanding and configuring wireless networks, creating a VoIP track and also, the achieved results from various successful scenarios of the research. In present paper analysis of VoIP telephone calls made within a wireless local area network. Some experimental results are presented: simulation of the built-in WLAN network, flow graph of the calls made with Wireshark, captured packets, length of packets, latency of packets and the distribution of the traffic.*

**Key words:** *wireless, VoIP, packet, signalizations, traffic, wireless.*

### I. ВЪВЕДЕНИЕ

Нарастващата нужда от максимална свобода и удобство за достъп до мрежовите ресурси води до еволюиране на мрежите и използването на безжично свързване на потребителите към една опорна кабелна мрежа. Този подход се използва и е изключително успешен не само в компютърните мрежи, но и в клетъчните системи за връзка на мобилни телефони и PDA устройства. Така разликата между двете комуникационни мрежи е все по-незабележима и все по-често устройствата работят съвместно. Става възможно едновременно използване на предимствата на wireless достъпа като: мобилност на абонатите, лесно включване на допълнителни терминални устройства към мрежата, значително по-ниски разходи за изграждане на безжичната инфраструктура [1]. Предимствата на жичните мрежи като високи и често независещи от разстоянието скорости, и по-висока мрежова сигурност са напълно изпълними и за wireless мрежата.

В настоящата работа са реализирани различни сценарии за разширяване и конфигуриране на VoIP тракт при съвместната работа с Wireless мрежа.

В изследването се наблюдава на практика SIP сигнализацията, като за целта се изследват медийни потоци през безжичната мрежа. Получената информацията включва джитер, закъснения на пакетите, ширина на

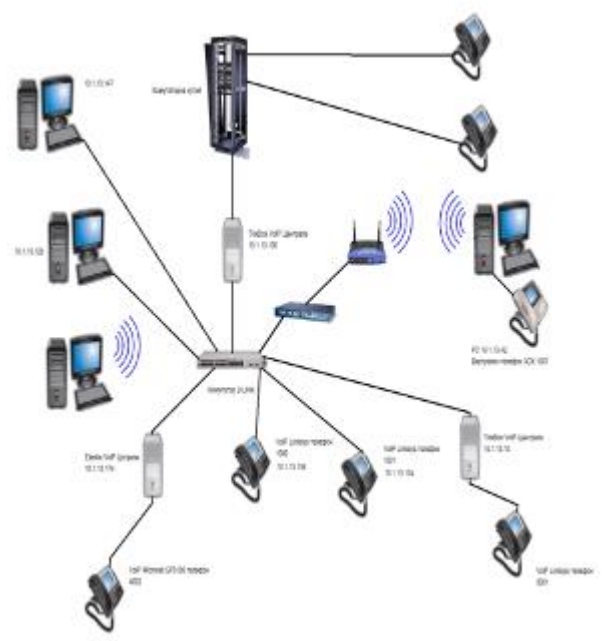
лентата, брой предадени пакети за изследвания интервал, закъсненията свързани със сигнализацията, разпределение на пакетите по протоколи и относителни оценки за QoS.

### II. АНАЛИЗ

Реализирани и са изследвани два сценария за връзка към VoIP тракт (фиг.1):

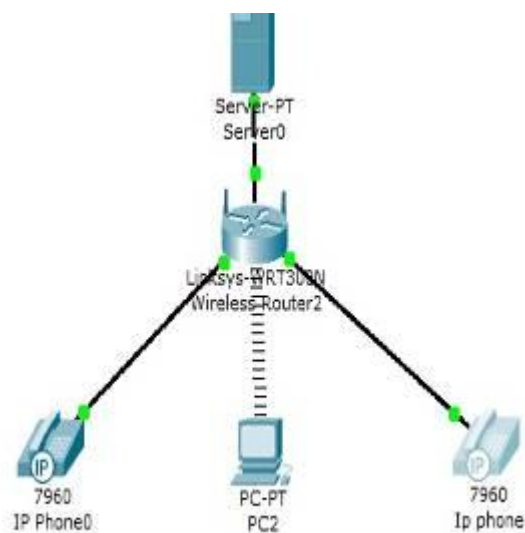
виртуален телефон X-Lite осъществява връзка и провежда разговор с реален VoIP телефон хардуерен телефон Micronet осъществява връзка и провежда разговор с виртуален телефон от софтуерна централа 3CX [2].





Фиг.1. Схема на изследваната мрежата

Симулационният модел на изследваната мрежата се състои от сървър, безжичен рутер, компютър притежаващ PCI карта за wireless и IP телефони [3].



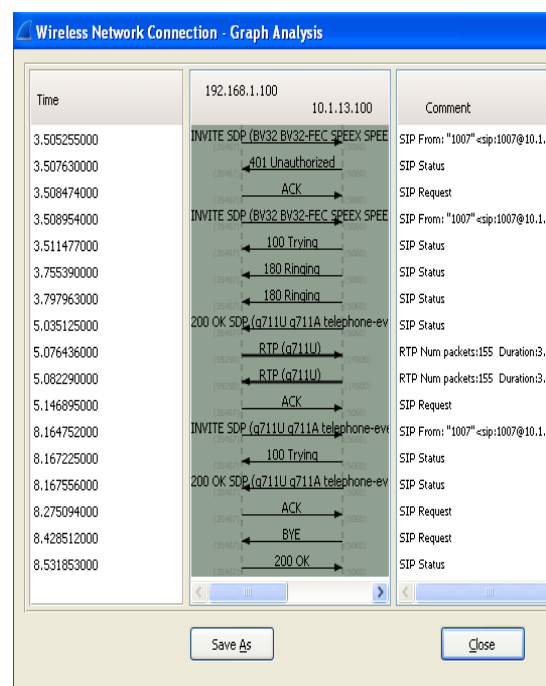
Фиг.2. Симулация на изградената мрежа

На фиг.2 е показан симулационен модел на изграждане на връзките в реална и виртуална среда:

**1.Реален телефон →→ Виртуален телефон (Trixbox)**

**2.Виртуален телефон →→ Реален телефон (Trixbox)**

Етапите на извършване на сигнализация при провеждане на разговор са представени на фиг.3.



Фиг.3 Flow Graph (Сигнализация при провеждане на разговор)

Абонат с IP 192.168.1.100 пуска заявка за обаждане:

100 Trying - INVITE е бил приет.

80 Ringing- позвъняване на телефона на викания абонат.

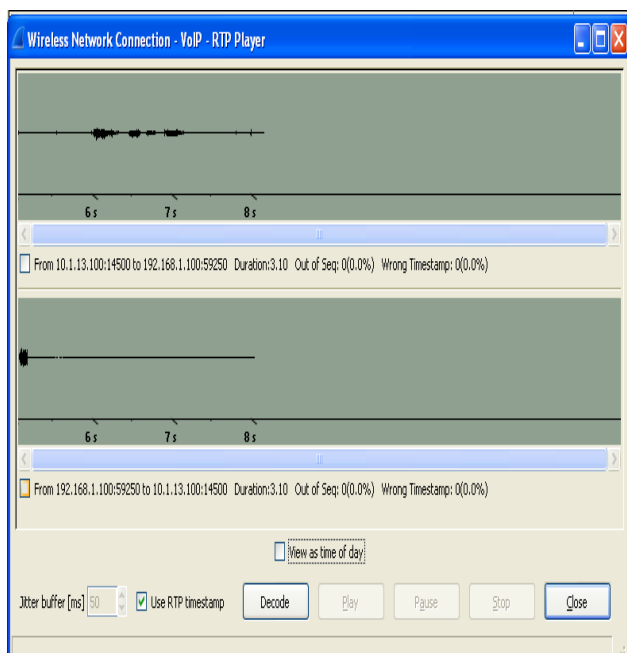
200 OK- повикването е прието

ACK Request - комуникацията може да започне.

RTP Audio Data - пакети с RTP аудио информация, които се предават между потребителите.

BYE Request- заявка за приключване на сесията от един от двамата потребители, или прекратяване на повикването в процеса на изграждане.

BYE OK 200 - потвърждава приемането на BYE Request, с което сесията е приключила.

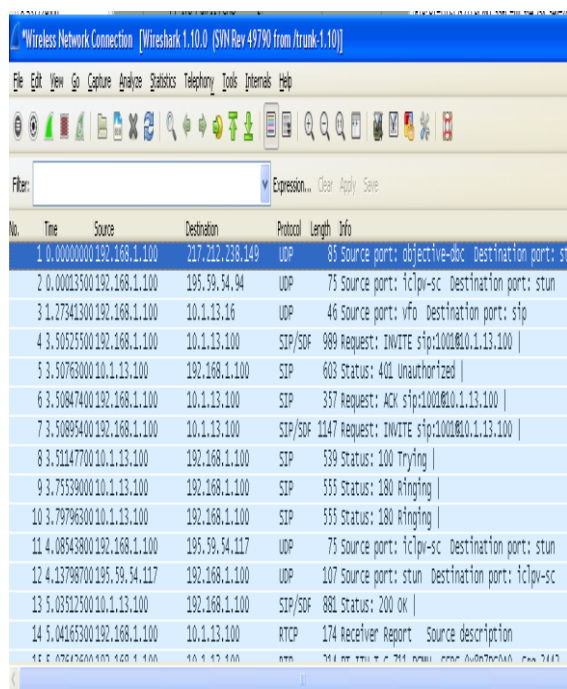


Фиг.4. VoIP Player

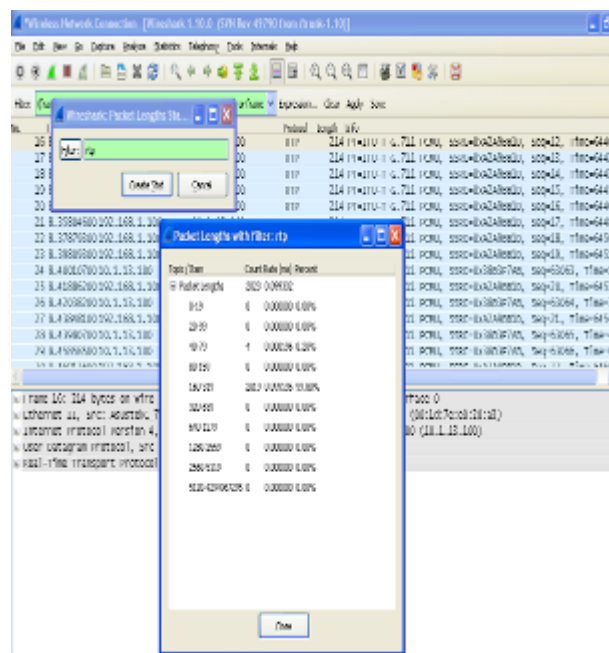
Чрез VoIP Player се прослушва разговора, между викация и викания абонат, като се следи неговото времетраене (Фиг.4).

### Прихванати пакети

Изследване се извършва чрез виртуален телефон, който е абонат на телефонна централа TrixBox (фиг.5)



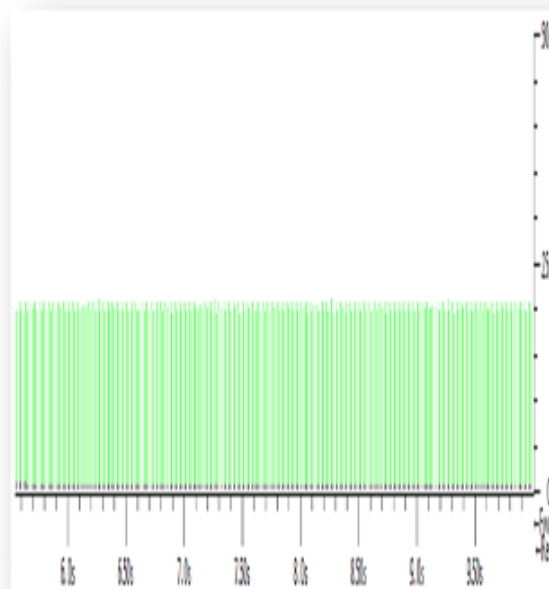
Фиг.5. Прихванати пакети



Фиг.6. Дължина на пакетите

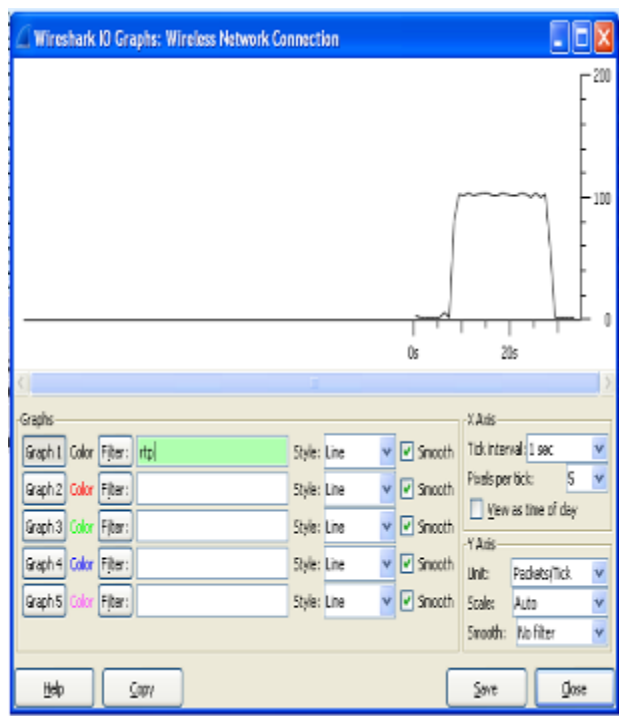
Изследването е проведено като е използван RTP филтър (фиг.6).

Дължината на изследваните пакетите е 160-319 байта, скоростта на предаване - 0,100449мс, като са предадени 100%.

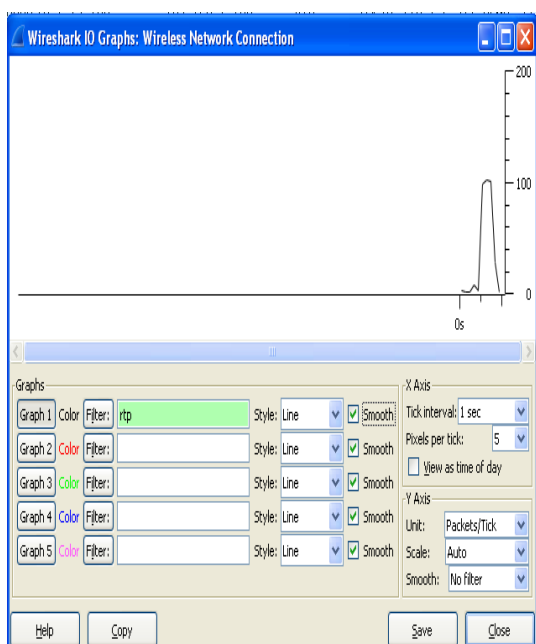


Фиг.7. Закъснение на пакетите

На фиг.7 е показано времето за начало и край на изследването при използвания интерфейс. Общо прехванатите пакети са 2064, средния размер на пакета е 214,271 байта, а средната скорост на предаване е 0,106 Mbit/s.



Фиг.8. Разпределение на трафика



Фиг.9. Разпределения на трафика по времето на прихващане на пакетите

На фиг. 8 и фиг.9 е представено разпредението на трафика и прихванатите пакети за времето на започване и прекъсване на изследването. Общо прихванатите пакети са 339 като средният

размер на пакета е 238,578 байта, а средната скорост на предаване е 0,069Mbit/s.

### III. ИЗВОДИ

Основната теза, която е застъпена в настоящата работата е, че VoIP реализиран върху 802.11 стандарт има пълните възможности да замести изцяло телефонните системи като PSTN и да добави много нови услуги към вече предоставените. В процеса на работа става ясно, че е напълно изпълнима задачата за имплементация на Vo802.11 [4].

При направените тестове на Vo802.11 мрежата, става очевидна пълната ѝ съвместимост с PSTN и доминирато над нея при съпоставими условия.

VoFi дава възможност за бързото изграждане на стабилни и надеждни системи, предоставящи качествени и надеждни услуги на крайните потребители.

### Литература:

- [1] “Switching to VoIP” – Theodore Wallingford 2008
- [2] “Voice Over 802.11”, Frank Orthman, Artech House 2009
- [3] “Capacity of an IEEE 802.11b Wireless LAN supporting VoIP – David P. Hole 2009
- [4] Тодорка Георгиева, Красен Банков, Изследване на параметрите на wireless мрежа, Годишник на Технически Университет – Варна 2011г.

#### За контакти

Технически университет-Варна,  
Катедра КТТ, 9010 Варна,  
ул. “Студентска”1  
тел.:052/383-304,  
email:tedi\_ng@mail.bg  
email: p.rabiu@yahoo.com

## ЧИСЛЕНО МОДЕЛИРАНЕ НА РАБОТАТА НА ЦЕНТРОСТРЕМИТЕЛНА ТУРБИНА

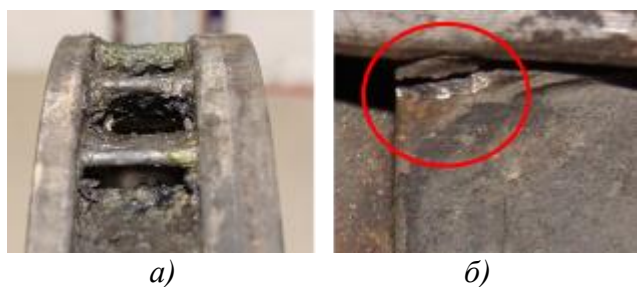
Анастас Янговозов

**Abstract:** CFD software as CFX helps the designer to increase efficiency of ship auxiliary machinery, which is important direction to the future company development strategies. The paper describes the main stages, features and difficulties during the modeling process of a gas turbine. The main stages are as follows: geometry generation, fluid domain definition, mesh generation, CFX pre-processing, solving the system of equations using Finite Volume Method, CFX post-processing and at the end result analysis. In the paper are described water flow movement into gas turbine flow path

**Key words:** Gas turbine efficiency, Numerical modeling, CFD, ANSYS CFX

## 1. Въведение

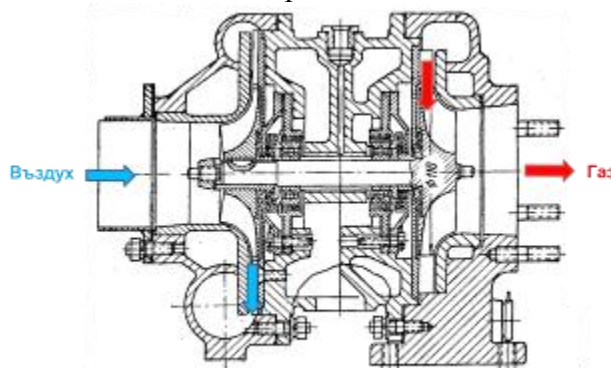
В корабните двигатели с ниска честота на въртене и големи диаметри на цилиндрите средното ефективно налягане достига или надвишава 10-12bar при цилиндрова мощност примерно 3000-4000kW. При четиритактовите дизелови двигатели ефективното налягане достига 15-18bar вследствие прилагането на високонапорни системи за принудително пълнене. Турбокомпресорите, снабдяващи двигателя с въздух, са единна част от двигателя с вътрешно горене. Тяхната ефективност и надеждност в голяма степен определят технико-икономическите показатели и надеждната работа на цялата енергетична уредба [1].



Фиг. 1. Отлагания (а) и пукнатина (б) в лопатката на направляващия апарат

На фиг.1,а е показана снимка, на която се виждат отлагания по стените на направляващ апарат на центроостремителна турбина на дизелгенератор. Причината е тежкото гориво, което изгаря в цилиндрите на дизеловия двигател. Отлаганията водят до

намаляване на проходната площ на гърловината. Абсолютната скорост на изтичане на димните газове се увеличава, деформира се скоростният триъгълник и като резултат потокът постъпва с ъгъл на атака в работното колело. Наблюдава се откъсване от стената на лопатката, загубите нарастват и намалява КПД на газовата турбина. На фиг.1,б е представена снимка с пукнатина в околност на изходящия ръб на направляващия апарат. Софтуерният продукт ANSYS съдържа модули, с помощта на които може да се открият зони от турбокомпресорния агрегат с повишени напрежения. Подобен вид изследване и моделиране имат отношение към



Фиг. 2. Турбокомпресорен агрегат ТКР-11

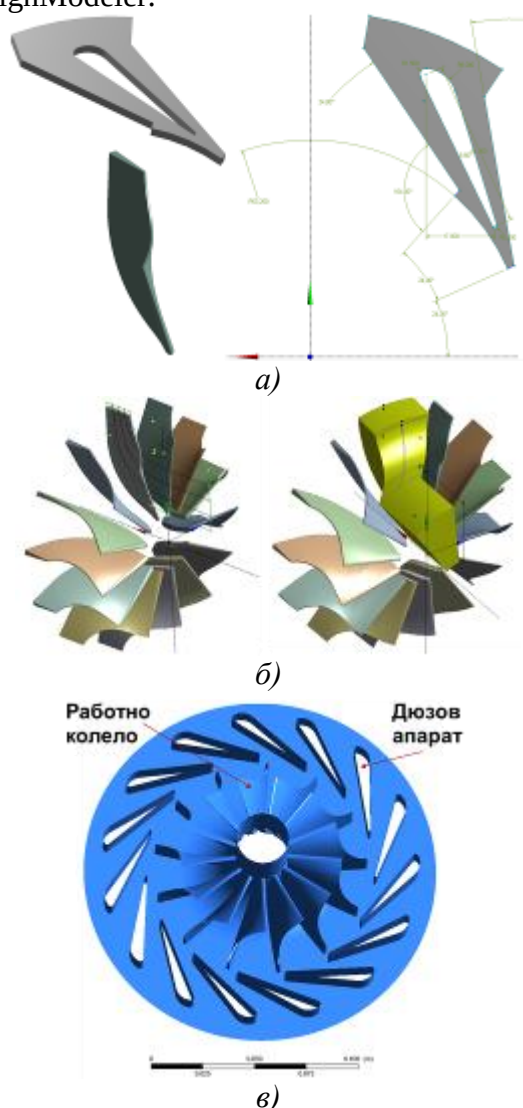
експлоатацията на съоръжението. За да се направи изчисление на термонапрегнатото състояние на агрегата е необходимо да се определи температурното поле и коефициентите на конвективен топлообмен за канала през който изтича газа. Температурата



на последния намалява т.к в газовата турбина протича процес на разширение. В настоящия доклад се разглеждат етапите на построяване на центростремителна турбина, която е част от агрегата ТКР-11 (фиг.2). Авторът се концентрира само върху флуидната задача.

## 2. Формиране на геометричната форма на направляващия апарат, лопатките на работното колело и отделяне на флуидната област

Построяването на геометричния модел на газовата турбина се извършва в модула DesignModeler.



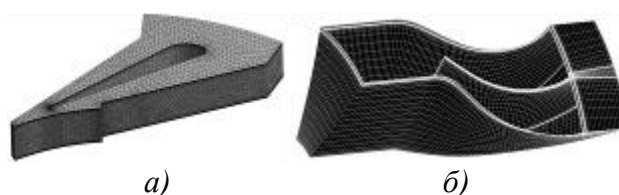
**Фиг. 3. Построяване на геометричния модел**

В този модул на ANSYS се построява равнинен чертеж на направляващия апарат. Използват се данни за съществуващия агрегат ТКР-11. Диаметърът на работното колело е

103mm, диаметърът на изхода на направляващия апарат е 110mm (фиг.3,а). При построяването на работните лопатки се дефинира меридианна равнина (фиг.3,б), отчита се радиалната хлабина в периферията, както и входящият и изходящият “метален” ъгъл  $\beta$ . След това трябва да се отдели “металната” част и да остане само флуидната (фиг.3,б). Резултат е моделът, представен на фиг.3,в (показани са само стените).

## 3. Формиране на мрежите на флуидните области

Мрежите на флуидните области се генерират в модул Meshing. При флуидната област на направляващия апарат се използва неструктурирана мрежа, а за въртящата се флуидна област-структурирана (фиг.4). Преди замрежването се задават имена на всяка равнина и повърхнина от модела.



**Фиг. 4. Мрежа на флуидната област на направляващия апарат (а) и на работния лопатъчен канал (б)**

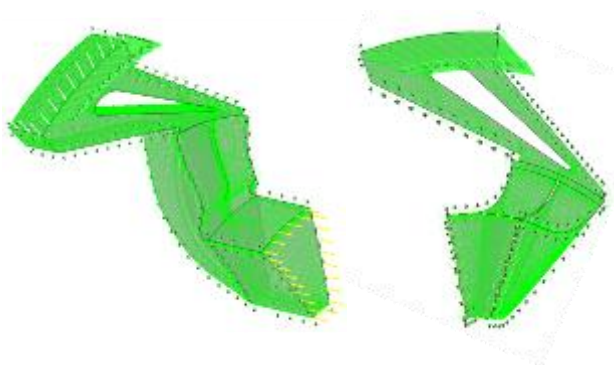
Неструктурираната мрежа на направляващия апарат се състои от 43894 възела и 147087 елемента (фиг.4,а), от които 108887 са тетраедри и 38200-призми, на въртящата се флуидна област 136486 възела и 124580 елемента (фиг.4,б), от които 124580 са шестостени. При формиране на мрежата както на неподвижната флуидна област, така и на въртящата се трябва да се следи да няма отрицателни обеми, силно разтеглени елементи или такива с много големи или малки ъгли. Точните стойности и изисквания са указани в инструкцията [2]. Има особеност при генерирането на мрежа в околност на стените. За да функционира адекватно SST турбулентният модел е

необходимо в О-мрежата да има повече от 10 елемента с оглед осигуряване на висока резолюция в областта на граничния слой. При формиране на мрежата на работното колело в

хлабината в периферията е добре да се дефинират повече от четири елемента, за да се развие и опише вторичното течение (фиг.8).

#### 4. Дефиниране на работно тяло, задаване на гранични условия

След замрежването на неподвижната и въртяща се област на газовата турбина се стартира модула CFX-Pre. В него се внасят двете флуидни области. Турбулентният модел е SST (Shear Stress Transport). Той се прилага от множество специалисти в областта на турбомашиностроенето. Турбулентният модел е двуслоен и е валиден за пресмятането на параметрите на течението в цялата разглеждана област, като заедно с това се поставя условието за повишена резолюция на мрежата в областта на граничния слой със задействане на Automatic wall function. При използването на SST турбулентен модел с автоматична пристенна функция се отстранява влиянието на мрежата върху получените резултати. Моделира се работно тяло идеален газ въздух. Ъгловата скорост е 6702rad/s. Задават се граничните условия: на входа-налягане по пълни параметри 0.232MPa, температура по пълни параметри 1025K; на изхода-налягане 0.13MPa.



Фиг. 5. Задаване на гранични условия

По повърхнината на входа се задава турбулентна интензивност 5%. Съгласно инструкцията за работа със софтуерния продукт, модул CFX-Pre трябва да се избере типа интерфейс между въртящата и неподвижната област. В случая е избран Stage интерфейс (фиг.5).

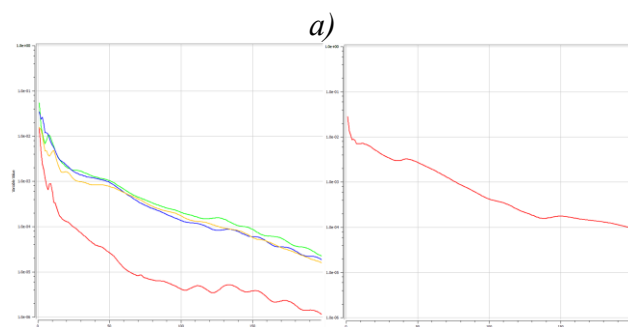
Както за неподвижната флуидна област, така и за въртящата се дефинират

периодични повърхнини, които позволяват да се моделира само един канал и изменението на параметрите на потока при обтичането да се повтарят от канал в канал в окръжно направление. Това е ососиметрична постановка, характерна за турбомашините. Следва задаване на параметрите на изчислителния процес в модул CFX-Solver. Системата уравнения се пресмята чрез метод на крайния обем. В модула CFX-Pre се задават настройки на изчислителя (Solver). Схемата е High Resolution, брой итерации 200, критерий за сходимост  $1.10^{-4}$ . Генерира се дефиниционен файл, който се прехвърля в изчислителя на CFX-Solver.

#### 5. Пресмятане

В хода на пресмятане се следи за сходимостта на уравненията на непрекъснатостта, на импулса, също така уравненията на турбулентния модел SST-уравнение на турбулентната кинетична енергия, уравнение на турбулентната вихрова честота и уравнение за пристенния мащаб.

| OUTER LOOP ITERATION = 18 CPU SECONDS = 1.719E+02 |      |         |         |                 |            |
|---------------------------------------------------|------|---------|---------|-----------------|------------|
| Equation                                          | Rate | RMS Res | Max Res | Linear Solution |            |
| U-Mom                                             | 0.99 | 2.4E-03 | 9.6E-02 | 2.2E-03         | OK         |
| V-Mom                                             | 0.95 | 2.6E-03 | 1.0E-01 | 2.2E-03         | OK         |
| W-Mom                                             | 1.02 | 1.6E-03 | 6.1E-02 | 6.5E-03         | OK         |
| P-Mass                                            | 0.94 | 1.4E-04 | 5.0E-03 | 14.7            | 5.7E-02 OK |
| K-Energy                                          | 0.95 | 5.8E-03 | 1.7E-01 | 5.8             | 3.1E-02 OK |
| K-TurbKE                                          | 0.92 | 3.3E-03 | 1.2E-01 | 5.8             | 4.0E-02 OK |
| Omega-TurbFreq                                    | 0.92 | 1.2E-03 | 8.7E-02 | 18.0            | 1.2E-03 OK |



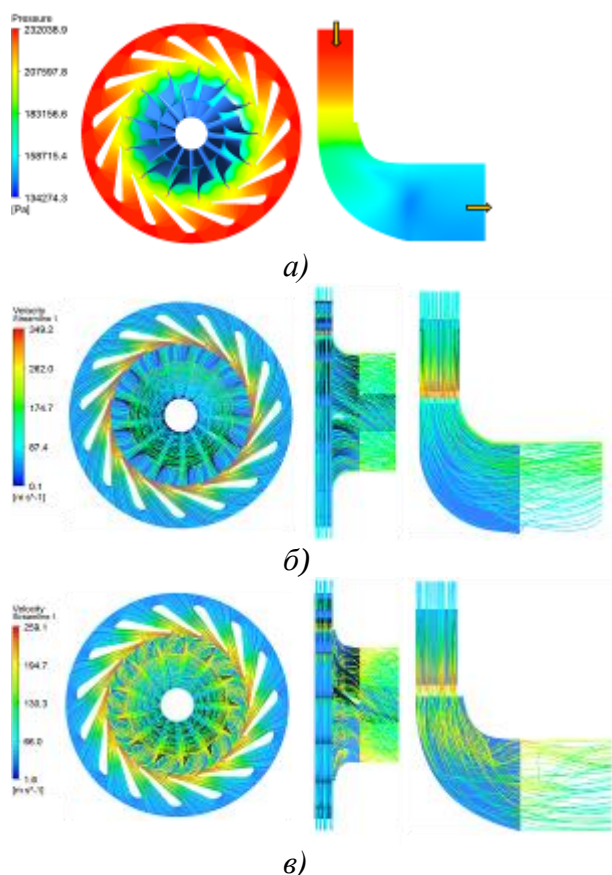
Фиг. 6. Сходимост на изчислителния процес

Модулът CFX-Solver не регистрира никакви забележки и изчислителният процес е сходящ (фиг.6). Времето за пресмятане на един

вариант на 64-битов компютър с процесор Intel Core i3 3.30GHz и RAM 8GB е 31min 29s.

## 6. Обработка на получените резултати

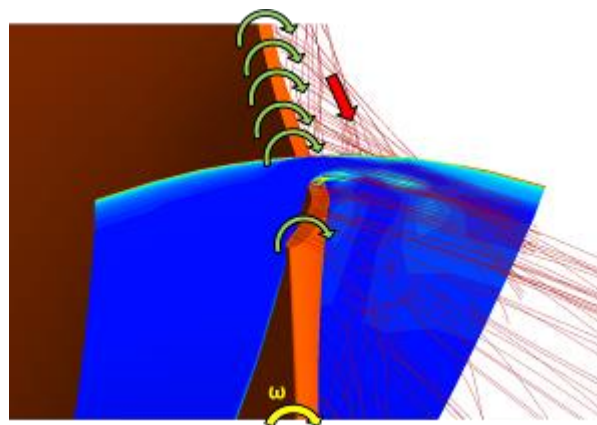
Последният етап е визуализация на получените резултати в модул CFX-Post. В последния се обработват огромно количество числени стойности за скорости-абсолютна и относителна, налягане, които са получени в модула CFX-Solver.



**Фиг. 7. Изменение на налягането в проточната част (а), токови линии при номинален (б) и при частичен (в) режим**

На фиг.7,а са показани контури на налягането в проточната част на газовата турбина. Със стрелки е указано движението на потока. Вижда се, че при движението на газа в междуплатъчните канали налягането намалява. Процесът на разширение започва в направляващия апарат и продължава в работното колело. В междуплатъчните канали на последното се извършва трансформация на кинетична енергия в механична. На фиг.7,б са показани

триизмерни токови линии и е включена визуализация на скоростта на потока. В неподвижния направляващ апарат потокът се ускорява и се показва изменението на абсолютната скорост. При въртящото се работно колело, токовите линии показват изменението на относителната скорост. В страничния изглед се забелязва ясно извиването на потока в окръжно направление. Това е пресмятане на номинален режим. Коефициентът на полезно действие е 81.3%. Той е пресметнат по времето на проектиране на агрегата ТКР-11. В средата на CFX, прилагайки осредняване по разхода се пресмята изоентропийният КПД по пълни параметри. Той е 76%. Причината за тази разлика е, че при пресмятането в ANSYS се моделира радиалната хлабина при върха на работната лопатка, освен това системата уравнения се затваря със турбулентен модел и са приложени изчислителни модели, които не са били реализирани през миналия век. На фиг.7,в са представени резултати от модела, но при смяна на граничните условия. Симулира се промяна в режима на работа на газовата турбина. Забелязва се ъгъл на атака при постъпването на потока в междуплатъчните канали. Това откъсване на газа от стените на работните лопатки е причина за намаляване на изоентропийния КПД по пълни параметри до 61%. Ясно се забелязва силното завихряне на газа в меридианната равнина от фиг.7,в.



**Фиг. 8. Вторично течение в периферията на работната лопатка**

На фиг.8 е представено течението в периферията в хлабината между работната лопатка и неподвижната стена на турбината.

С помощта на триизмерни токови линии се визуализира вторичното течение. То е добре известно в областта на турбомашиностроенето. Наблюдава се и в осовите турбинни стъпала. При това паразитно движение се губи част от потока, който се премества от зоната с по-високо налягане (корема на лопатката) към зоната с относително по-ниско (гърба на лопатката). В последната версия на ANSYS има възможност да се наблюдават зони с интензивно вихрообразуване. Хлабината при върха на работното колело е точно такава област. Тези инструменти в CFX-Post използват данните, получени в CFX-Solver и с тяхна помощ се изчисляват градиентите на скоростите по оси X, Y и Z. След това потребителят трябва да дефинира равнина, на фиг.8 тя е перпендикулярна на оста на въртене, и да използва инструмента Vortex Core Region: Vorticity. На фиг.8 е показана зона от периферията със силно извит поток. Това изостря вниманието на потребителя и има възможност да се предвидят конструктивни мерки за намаляване на загубите от вторични течения и загубите за работно тяло през хлабината.

## 7. Изводи и заключение

С помощта на изчислителата механика на флуидите могат да се открият скрити резерви за повишаване ефективността на преобразуване на енергията в проточната част на газовата турбина. Откриват се и възможности за повишаване КПД на агрегата. В турбокомпресорния агрегат присъства и центробежен компресор. Той също може да се моделира в средата на ANSYS. В бъдеще авторът възнамерява да моделира триизмерни лопатки с цел намаляване на загубите от вторични течения както в направляващия апарат, така и в работното колело. Представлява особен интерес прилагането на саблевидни, саблевидно-сърповидни и други лопатки със сложна форма.

## Литература:

- [1] Йосифов Р, Лазаровски Н. Корабни турбомашини. Раздел II. Профили и решетки на топлинните турбомашини; Теория на реалното стъпало в турбомашините; Група стъпала и турбоагрегати; Турбокомпресорни агрегати. Варна, Малео-63, 2006.
- [2] ANSYS CFX-Solver Modeling Guide. ANSYS CFX Release 11.0, December 2006.

## За контакти:

9010 Варна, ул. “Студентска”1  
Технически университет -Варна

д-р инж. Анастас Янговозов,  
e-mail: anastasyangyozov@gmail.com  
site: ansysturbomarine.com



## ЧИСЛЕНО МОДЕЛИРАНЕ НА ПАРОТУРБИННО СЪПАЛО С ЛАБИРИНТНИ УПЛЪТНЕНИЯ

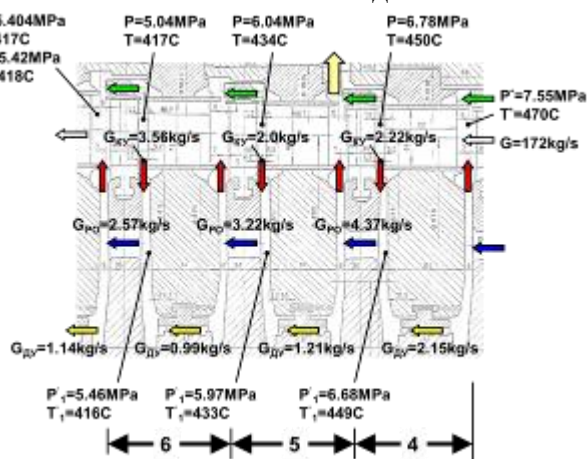
Анастас Янгъзов

**Abstract:** A high-efficiency three dimensional nozzle with different types of seals is proposed. The paper presents some features of modeling process with ANSYS. Turbine stages combining sabersickle nozzles and an advanced seal design are discussed into this project. Some authors model turbine flow path without root leakage modeling. The paper shows the differences between models with and without leakage modeling at hub as well as at shroud. It is discussed calculated internal efficiency of group steam turbine stages. It is explained the differences of the values. In the paper are described steam flow movement in radial clearances of diaphragm seal and axial clearance between stationary and rotating walls

**Key words:** Steam turbine stage efficiency, Steam turbine K-210-130LMZ, High efficient sabersickle nozzle.

### 1. Въведение

Повишаването на икономичността винаги е била и днес остава една от важните задачи, която стои пред конструкторите и изследователите на турбомашини. Всякакви конструктивни и технологични изменения, ако те не намаляват надеждността на работа на агрегата, са оправдани дори при минимално повишаване на КПД.



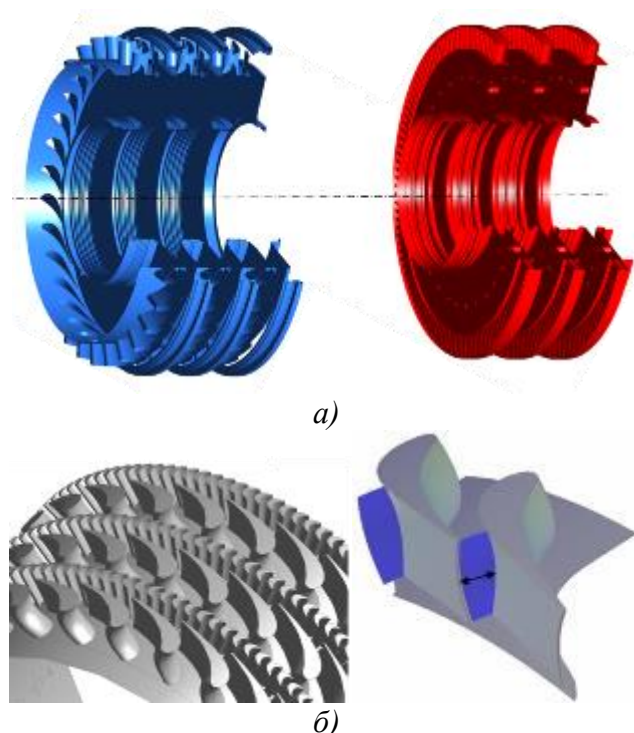
Фиг. 1. Три паротурбинни съпала от проточната част на паротурбинен агрегат К-210-130ЛМЗ

Прилагането на по-съвършени в аеродинамично отношение компоненти [2], [3], съвременни методики за триизмерно пресмятане, съвременна технология за изработване и внедряването им в турбомашините води до повишаване на КПД на паротурбинния агрегат с 5%.

В настоящия доклад се разглеждат турбинни съпала с относително къси лопатки. Моделират се три турбинни съпала (фиг.1) от турбина високо налягане на агрегата К-210-130ЛМЗ. Проточната част е от активен тип (степен на реактивност 18%). Работното тяло е прегрята пара. Налягането и температура по пълни параметри на входа на четвърто турбинно съпало са 7.5MPa и 467°C, статичното налягане на изхода на шесто турбинно съпало е 5.4MPa. Четвърто турбинно съпало е обект на разглеждане в [4], по-интересна е задачата какво се наблюдава в проточната част когато в модела се включат лабиринтните и диафрагмени уплътнения. Дюзовите апарати са т.нар. саблевидно-сърповидни SBSP5, а работните лопатки са цилиндрични.

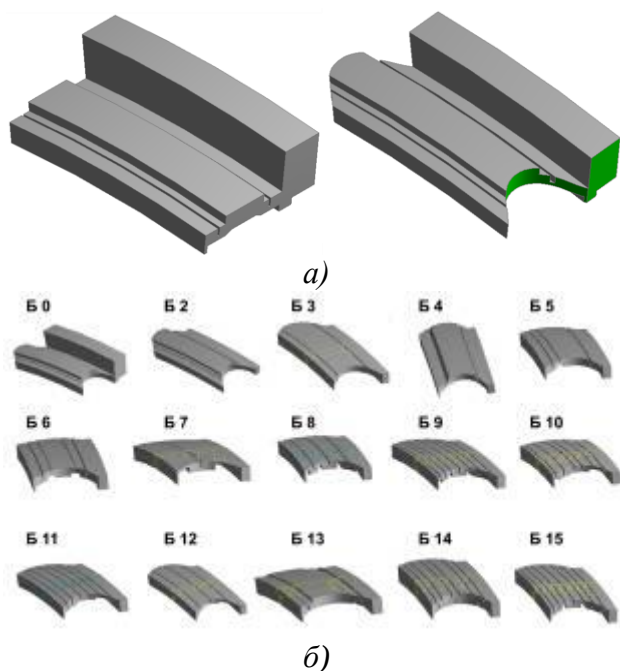
### 2. Формиране на геометричната форма

Първият етап е създаване на триизмерната геометрична форма на дюзовите и работни лопатки (фиг.2). Това се извършва в модулите от ANSYS: DesignModeler и BladeModeler. Така формирана геометричната форма не може да се възприеме от модула CFX, в който се пресмята флуидната задача. Затова се отделя “металната” част от канала. За да започне замрежването, е нужно флуидната част, наречена междуплощачен канал на дюзовия и работен апарати, да се обработи в замрежващия модул на ANSYS.



**Фиг. 2. Неподвижни и въртящи се компоненти на модела (а) и саблевидно-сърповидни SBSP5 дюзови лопатки (б)**

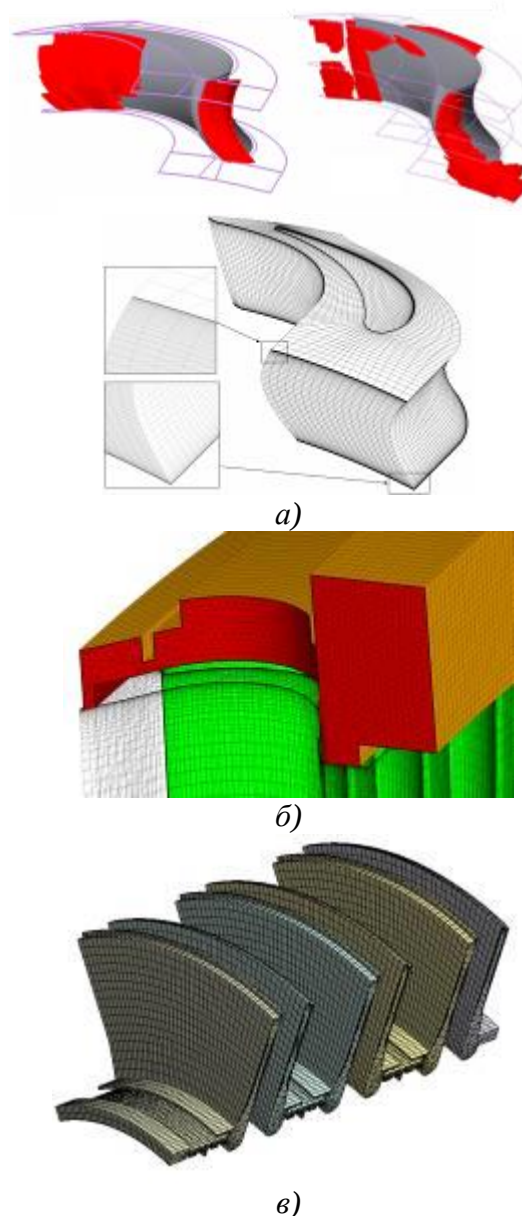
В последната версия на ANSYS Workbench има възможност да се прехвърли геометричен модел от турбомодула BladeModeler в DesignModeler и в последния да се зададе параметър от потребителя, например ъгъл на



**Фиг. 3. Формиране на геометрични модели на лабиринтните уплътнения**

поставяне на профила за средното сечение. Това е удобно при решаването на оптимизационни задачи. След това се пристъпва към формиране на геометричната форма на флуидната област на лабиринтните уплътнения (фиг.3) в модула DesignModeler. В последния се създават и диафрагмените уплътнения.

### 3. Формиране на мрежите на флуидните области



**Фиг. 4. Мрежи на флуидните области**

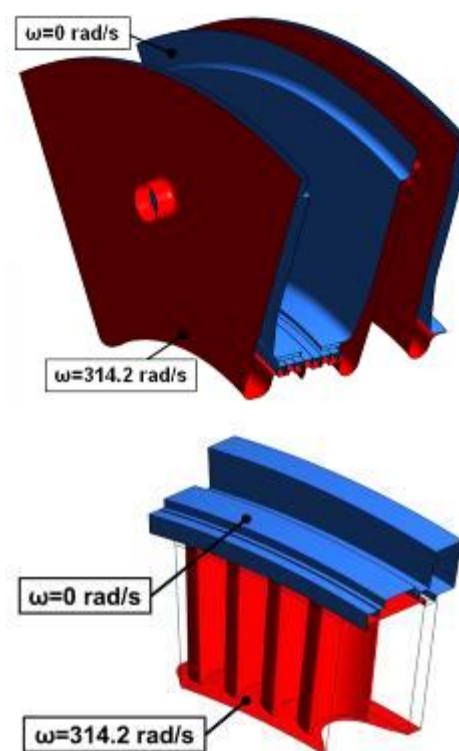
Вторият етап е формиране на мрежите на флуидните области. Работи се в модулите Meshing и TurboGrid. Генерирането на качествена структурирана мрежа (фиг.4,а) в

TurboGrid изисква повече знания и умения от страна на потребителя. Генерирането на неструктурирана мрежа (фиг.4,б) е автоматизирано и позволява бързо и лесно да се запълни с елементи флуидна област с произволно сложна триизмерна форма в периферията на работния апарат (фиг.3,б). Формирането на структурираната мрежа за дюзовия апарат е придружено от редица трудности, например наличие на отрицателни обеми (фиг.4,а). При това положение внасянето в CFX-Pre е безсмислено т.к няма да се реши системата уравнения в CFX-Solver. Потребителят трябва да “разплете” мрежата. Затова се налага въвеждане на контролни точки и “ръчна” корекция на мрежата. “Разплитането” на деформираната мрежа може да отнеме 30-40 минути до един час само за една флуидна област. При невъзможност да се отстранят отрицателните обеми се дефинира нова виртуална топология и корекцията се извършва отново. В настоящия модел се използват и двата типа мрежи (фиг.4,а,б,в) и те се съединяват в следващия модул. Мрежата е съставена от 2.5 милиона елемента, като включва призми, пирамиди и тетраедри.

#### 4. Дефиниране на работно тяло, задаване на гранични условия

Четвъртият етап е събиране на мрежите в CFX-Pre. За да няма проблеми при строежа на модела е необходимо да се отчете прецизно разстоянието между отделните флуидни области и да се дефинират интерфейсни повърхнини. Особено внимание трябва да се обърне на това коя стена е подвижна и от коя област е. Затова е добре да се именуват по схема, удобна за потребителя. В CFD-моделирането на турбомашинни компоненти се наблюдава аномалия, която се проявява в изкуственото производство на турбулентна кинетична енергия в околност на точката на заприщване на турбинния профил [4]. За да се избегне внасянето в модела на тази грешка се прилага SST (Shear Stress Transport) турбулентен модел с автоматична пристенна функция (automatic wall function) [8], [9]. Особеност е, че k-epsilon моделът надценява характеристиките на

турбомашината. В CFX-Pre се моделира работно тяло водна пара IAPWS-IF97. Отделно се моделира и се извършва и пресмятане с идеален газ. Интерфейсът между неподвижна и подвижна области е от тип Frozen Rotor. Ъгловата скорост на флуидната област на работния апарат и стените от диска на ротора е 314.2rad/s.



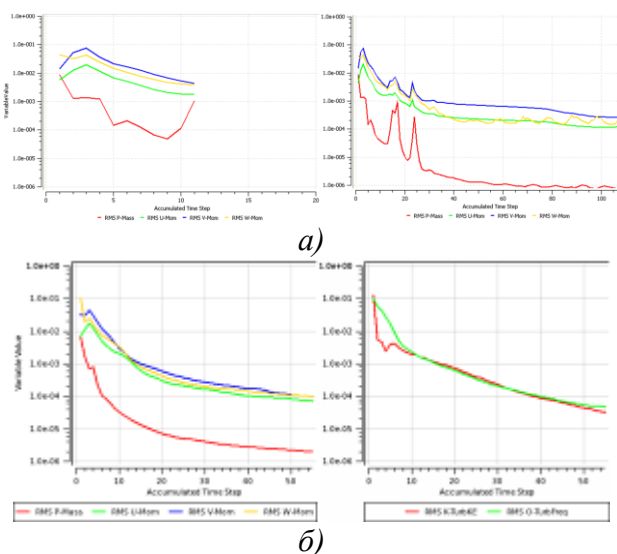
Фиг. 5. Моделиране на въртящи се стени от флуидните области

На фиг.5 са показани въртящите се и неподвижни стени от модела. Задаването на тези гранични условия е много специфично и се коментира в специализираната литература.

#### 5. Пресмятане

Пети етап се развива в модул CFX-Solver. Задават се схемата на пресмятане High Resolution, брой итерации 5000, остатък  $1.10^{-4}$ . Първоначалното пресмятане се проваля. Причината, е че в първите 10-20 итерации в солвера процесът на пресмятане се “разлюлява” и не може да се снимат данни от библиотеката IAPWS-IF97, дефинирана в областта по подразбиране. Появяват се съобщения, че солверът не открива данни за налягане и температура, следва забележка и спиране на пресмятането без да се създаде резултатен файл (фиг.6,а). Оказва се, че



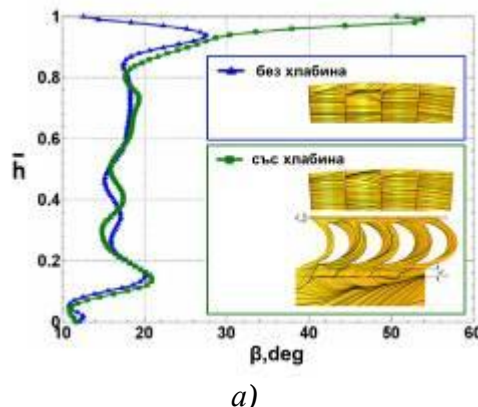


Фиг. 6. Пресмятане на задачата

дефинираната област по подразбиране не включва данни за тези първи итерации. Този проблем се отстранява с разширяване на областта от потребителя. Прави се пресмятане-проба с работно тяло идеален газ въздух (фиг.6,а). След като се отстранят всички забележки на CFX-Solver се пуска модела с работно тяло водна пара и пресмятането е със сходимост (фиг.6,б). Времето за пресмятане е 19h 24min и 11s. Изчисленията се извършват на клъстерна станция в TU-Wien.

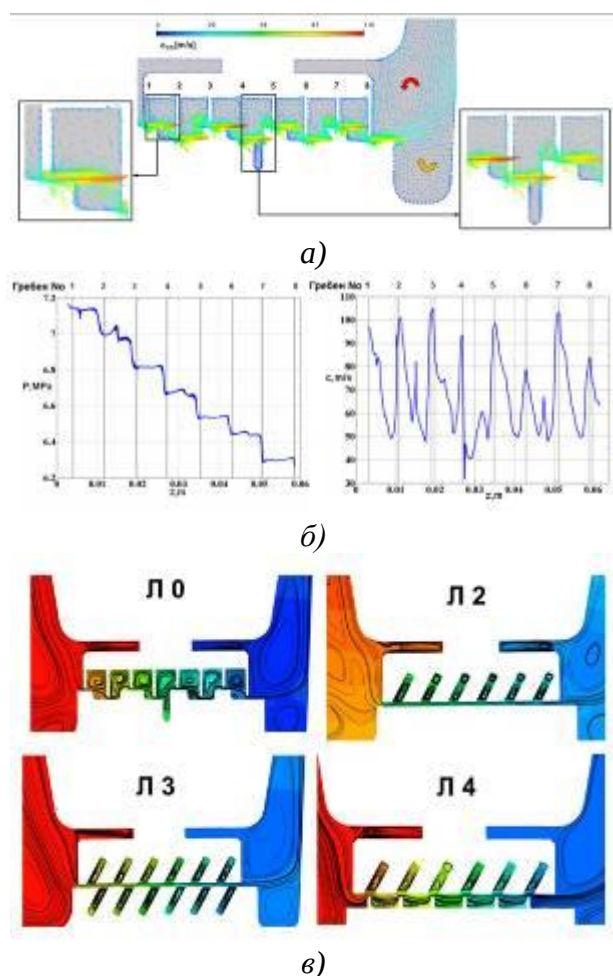
## 6. Обработка на получените резултати

Последният шести етап се реализира в модула CFX-Post. В него се пресмята вътрешният КПД на стъпалата, сравняват се конструкциите с различни лабиринтни и диафрагмени уплътнения и се търси най-ефективната конфигурация елементи за модернизация на проточната част на турбина високо налягане на паротурбинния агрегат К-210-130ЛМЗ. В разгледания модел непроменен е само работният апарат. След като потребителят разполага с резултатния файл е добре да се направи проверка на повърхнините коя е неподвижна и коя въртяща се. Решаването на подобен вид задачи не е лесно поради факта, че е трудно моделирането на канали, едната от стените на които е неподвижна, а другата въртяща се. Затова се използват препоръките в специализираната литература и инструкцията за работа със софтуерния продукт [5],[6],[7].



Фиг. 7. Разпределение на изходящия ъгъл на потока на изхода на работните лопатки и скоростта в лабиринтни уплътнения

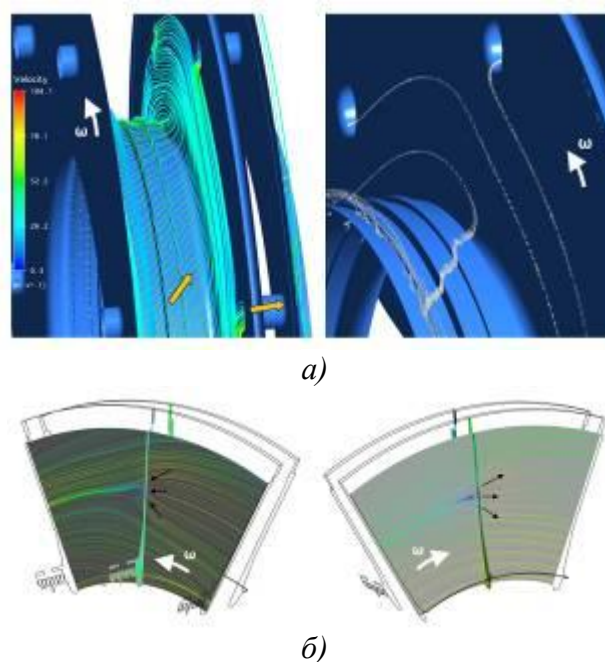
Сравнение на два модела, с и без отчитане на изтичането на пара през хлабината при върха на работните лопатки, е показано на фиг.7,а. Както може да се види от фигурата интензивността на вторичните течения е различна в двата модела. При отчитане на загубите на работно тяло в периферията се намалява разходът на пара, която преминава през проточната част, това означава че при една и съща проходна площ на работния апарат скоростите в периферията и в корена са по-ниски от тези, получени с модела без хлабина. Този ефект се визуализира чрез повърхностните токови линии по стените на работните лопатки на фиг.7,а. Вижда се по-голямото радиално преместване в периферията. По-ниската скорост на парата, изтичаща през работния апарат води до по-малка разлика в наляганията по гърба и корема в граничния слой при периферията в долната част на бандажната лента. На фиг.7,б е показана най-ефективната конструкция на бандажно уплътнение Б9 с уплътнение тип корона. За сравнение са показани контурите на скоростта за базовия вариант Б0 и варианти Б13 и Б15.



**Фиг. 8. Токови линии, вектори на скоростта и контури на налягането в диафрагмени уплътнения**

На фиг.8 са показани различните модификации на диафрагменото уплътнение-Л2, Л3 и Л4. Вариант Л2 е с наклонени неподвижни гребени по посока на движението на парния поток. Диафрагменото уплътнение Л3 е с наклонени гребени както в неподвижната част, така и в ротора на турбината. При вариант Л4 са моделирани прави гребени в ротора. Оказва се, че използваната конструкция в момента вариант Л0, е по-ефективна от вариантите Л2, Л3 и Л4.

Много малък е броят на статиите, в които се разглежда движението на работно тяло-пара или газ в осовата хлабина между неподвижната стена на диафрагмата и въртящата се стена на диска на ротора. Измерването на параметрите е затруднено поради факта, че не може да се монтират сонди или други измервателни уреди в пространство с осова хлабина 8-10mm.

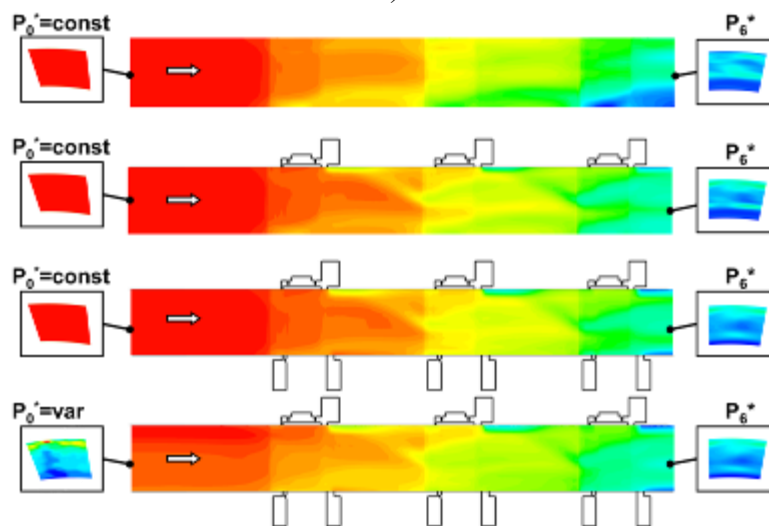


**Фиг. 9. Триизмерни токови линии в камера от диафрагмено уплътнение и изтичане през разтоварващите отвори**

Затова за специалистите в областта на турбомашиностроенето представлява интерес качествената картина на изтичането на парата в камерите на диафрагмените уплътнения. Парата преминава през радиални хлабини 0.7-1.1mm (фиг.9,а) и постъпва в пространство, в което има една неподвижна стена и една въртяща се. Разпределението на налягането на газа в осовата хлабина между въртящата и неподвижна стена зависи от “помпения ефект” и “ежекционния ефект”. Парният поток се увеличава в окръжно направление (фиг.9,а) и под действието на центробежната сила се премества в радиално направление към разтоварващите отвори (фиг.9,а,б). Интересно явление се наблюдава в първата четвърт от разтоварващия отвор, част от парата влиза с определен ъгъл в отвора, че среща вътрешната стена на канала с диаметър 30mm, след което се връща обратно към входа. Задачата е изключително сложна поради факта, че се изисква много време за моделиране на камери, гребени на уплътнението, хлабини, разтоварващи отвори със закръгленията, както и формирането на висококачествена мрежа, за да се опишат коректно граничният слой и явленията, свързани с него.

| Модификация                                          | SPSP6                              | SPST18                             | SPST12                             | SBSB4                              | SBSB3                              | SBSB148GA                          | SBSB5                              |
|------------------------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| Дюзови лопатки                                       |                                    |                                    |                                    |                                    |                                    |                                    |                                    |
| Форма на изходния и изходния ръб                     |                                    |                                    |                                    |                                    |                                    |                                    |                                    |
| Влияние на триизмерната форма върху кпд на стъпалото | $\Delta\eta_{\text{из}} = -0.74\%$ | $\Delta\eta_{\text{из}} = -0.70\%$ | $\Delta\eta_{\text{из}} = -0.30\%$ | $\Delta\eta_{\text{из}} = +0.07\%$ | $\Delta\eta_{\text{из}} = +0.64\%$ | $\Delta\eta_{\text{из}} = +0.74\%$ | $\Delta\eta_{\text{из}} = +1.00\%$ |
|                                                      |                                    |                                    |                                    |                                    |                                    |                                    |                                    |

а)



б)

| Конфигурация за пресмятане на параметрите на парата в проточната част на групата стъпала |  | Дюзови лопатки | Работни лопатки |
|------------------------------------------------------------------------------------------|--|----------------|-----------------|
|                                                                                          |  |                |                 |
| Схема I-1                                                                                |  | 84.44%         | +0.45%*         |
| Схема II-1*                                                                              |  |                |                 |
| Схема I-2                                                                                |  |                | +2.07%*         |
| Схема II-2*                                                                              |  | 81.32%         |                 |
| Схема I-3                                                                                |  |                | +1.69%*         |
| Схема II-3*                                                                              |  | 80.64%         |                 |

в)

Фиг.10. Влияние на триизмерната форма на лопатките и утечките върху изентропийния кпд (а), функцията на ентропията в меридианната равнина (б) и вътрешния кпд (в)

На фиг.10,а са представени резултатите от сравнително изследване на над двеста симулации, разработени за точно тези стъпала от турбина високо налягане с малка относителна височина  $h/c=0.45$ . Отделно още над 150 симулации на турбинното стъпало са реализирани при оптимизация с помощта на генетичен алгоритъм на триизмерна дюзова лопатка със саблевиден входящ ръб (ВхР) и изправен изходящ ръб (ИзхР)-модификация SBSB148GA, показана на фиг.10,а.

В модул CFX-Post има възможност да се оперира с данните и да се пресмятат характеристики на парния поток, които не са заложени като инструменти в ANSYS. Например потребителят може да дефинира отношението на изменението на ентропията и газовата константа за пара  $\Delta s/R$ . След това може да се построят от CFX-Post контурите на тази безразмерна характеристика, извършва се осредняване и представяне на проекция в меридианната равнина (фиг.10,б). Пресмятанията се извършват за две основни групи турбинни стъпала (фиг.10,в): I-цилиндрични дюзови лопатки и цилиндрични работни лопатки; II-саблевидно-сърповидни SBSP5 дюзови лопатки и цилиндрични работни лопатки. При пресмятанията на турбинните стъпала от I и II група се прилагат различни гранични условия при входа и изхода на групата турбинни стъпала. Залага се на входа постоянно налягане и отделно променливо. Тази процедура се повтаря за трите конфигурации стъпала: без отчитане на утечките в проточната част, с отчитане на утечките само в периферията на работния апарат, с отчитане на утечките в периферията на работния апарат и при корена (фиг.10,б). След това се изчислява вътрешният кпд. Действителната мощност може да се пресметне, като се снимат данни, чрез инструментите в CFX-Post. Тези инструменти използват полученото разпределение на налягането по стените на работните лопатки. Теоретичната мощност може да се изчисли, като се използват параметрите на парата на входа на групата стъпала, определяне на ентропията на входа и изоентропийния енталпиен пад в трите стъпала. Последната характеристика лесно може да се намери т.к. се знае статичното налягане на изхода на

третия работен апарат. В края на шести етап се прави анализ и се сравняват всички конфигурации и групи турбинни стъпала.

## 7. Изводи и заключение

В доклада са разгледани паротурбинни стъпала с различни конструкции дюзови апарати, лабиринтни и диафрагмени уплътнения. По отношение на дюзовите лопатки модификацията саблевидно-сърповидни SBSP5 разпределя парния поток по височина, така че да се намали специфичния разход в корена и периферията и да се увеличи при средното сечение, където не се развиват вторични течения.

Диафрагмените уплътнения с наклонени гребени не са удачна конструкция не само поради по-сложната технология за изработване. При вариантите Л2, Л3 и Л4 разходът на пара не е по-нисък от този на базовия вариант Л0 (конструкцията, работеща в момента). Това означава, че варианти Л2, Л3 и Л4 не са перспективна уплътнения и няма смисъл да се изработват и изпитват.

От лабиринтните уплътнения най-перспективен вариант се явява конструкцията тип “корона”. При нея се реализира най-малък разход на пара, което прави конфигурация номер Б9 със седем неподвижни и четири въртящи се гребена най-ефективна от разглежданите на фиг.3 и 7. От резултатите, представени на фиг.10,в се вижда, че отчитането на утечките през осовата хлабина при корена не води до толкова оптимистични резултати. Потребителят, моделирайки само проточната част без хлабините, не отчита явленията, протичащи при инжектирането на потока пара през хлабините. При отчитането на загубите само в периферията вътрешния кпд е 81.3%, докато при отчитането и в корена и в периферията вътрешния кпд е 80.6%. Това означава че пресмятанията с опростени модели ни отдалечават от реалната газодинамична картина за базовия вариант, работещ в момента в топлоелектрическите централи. При прилагането на саблевидно-сърповидните SBSP5 лопатки с моделиране на утечките резултатът е много по-добър (кпд за схема II-3 е с 1.7% по-висок от базовия вариант със схема I-3). Моделирането на утечките при корена намалява вътрешния кпд



както на базовата конструкция, така и на модификацията със SBSP5 лопатки и “корона”-уплътнението, но като цяло се запазва тенденцията кпд на предлаганата от автора нова конфигурация SBSP5 да бъде по-ефективна. Тестването на новата конструкция продължава с още едно сравнение с базовия вариант. Авторът реализира още една последна симулация в ANSYS при която се задава неравномерно налягане както в окръжно, така и в радиално направление. Целта е да се провери какъв кпд ще се реализира с новата модификация при нехомогенно скоростно поле на входа на групата стъпала. Отново кпд на новата конструкция е по-висок, а увеличението на кпд е с 0.5% спрямо базовия вариант.

Анализът на конструкции продължава в софтуерния пакет ANSYS със якостно пресмятане и вибрационен анализ, които са в процес на развитие. Преди да се пристъпи към производството на тази сложна триизмерна форма на саблевидно-сърповидните лопатки трябва да се проведе експеримент [1], за да се верифицират направените пресмятания. За съжаление на този етап експеримент в България не може да се проведе. Изграждането на лаборатория в нашата страна с въздушна турбина на която може да се сменят лопатките за изследователски цели е скъпо начинание.

### Литература:

- [1] Дейч М., Ш. Делер. Экспериментальное исследование сопловой решетки с уменьшенными концевыми потерями. Теплоэнергетика бр. 10, 1994.
- [2] Зарянкин А., В. Грибин. Использование нетрадиционных решений для повышения экономичности и надежности паровых турбин. Теплоэнергетика бр. 4, 2005.
- [3] Коршунов Б., Тищенко А. и др. Влияние относительной высоты лопаток на потери в турбинных сопловых решетках. Теплоэнергетика бр.6, 2005.
- [4] Янгъзов А. Влияние на геометричната форма на дюзов апарат върху ефективността на преобразуване на енергията в паротурбинно стъпало. Автореферат, 2009.

[5] ANSYS CFX Reference Guide. Best Practices Guide for Turbomachinery. ANSYS CFX Release 11.0, December, 2006.

[6] ANSYS CFX-Solver Modeling Guide. ANSYS CFX Release 11.0, December 2006.

[7] Hirsch C. Numerical Computation of Internal and External Flows. Second edition, Butterworth-Heinemann, 2007.

[8] Menter F. Improved Two-Equation  $k-\omega$  Turbulence Models for Aerodynamic Flows. NASA Technical Memorandum 103975, October 1992.

[9] Menter F. Turbulenzmodellierung für Aerodynamische Anwendungen. Aerodynamik und Turbulenzmodellierung. Turbulenzmodelle in der Praxis, 2003.

### За контакти:

9010 Варна, ул. “Студентска”1  
Технически университет -Варна

д-р инж. Анастас Янгъзов,  
e-mail: anastasyangyozov@gmail.com  
site: ansysturbomarine.com

## МНОГОКОМПОНЕНТНИ ФРЕНЕЛОВИ АНТЕНИ

Любомир Камбуров

**Abstract:** The present article presents Fresnel antennas with complicated multicomponent focusing surfaces. A mathematical model for measurement and analyzing of antennas construction with focusing system on conical and plate surface was suggested. The numerical experimental analyzes were carries out.

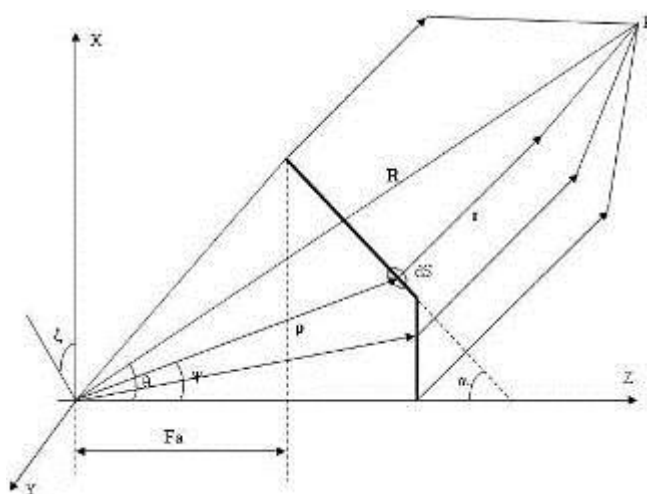
**Key words:** Fresnel zones, zone plate lenses and antennas, curved focusing systems

## 1. Въведение

Френелови антени се наричат антените, използващи фокусиращите свойства на зониранията пластинка (с пропускащи/непропускащи зони на Френел) [1]. При Френеловите антени с плоска фокусираща система, увеличаването на броя на зоните води до силно намаляване на тяхната ширина. Това затруднява практическата им реализация. Използването на криволинейни повърхности дава възможност за получаване на по-широки зони при равни други условия. Важен практически интерес имат осево симетричните фокусиращи системи, представляващи гладка повърхност от втори ред. Разглежда се случая източникът и фокусът на Френеловите лещи да се намират на оста на повърхнините. Предполага се също така, че антените работят като приемо/предавателни, където за разстоянието между приемника и предавателя се изпълнява условието за далечна зона.

## 2. Геометрия, оразмеряване и математичен модел

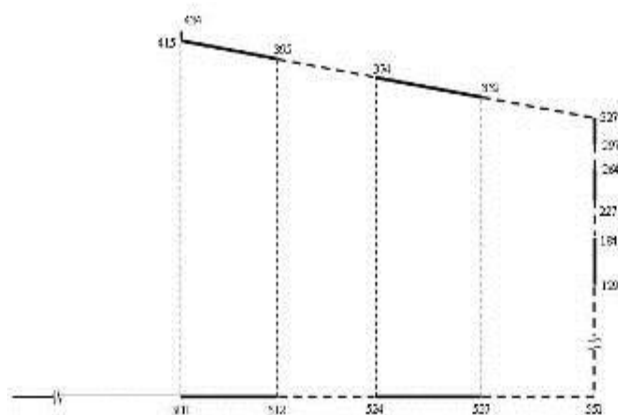
Конфигурацията на антенна система, състояща се от фокусираща система разположена върху плоска и конична повърхности е показана на фиг.1.



Фиг.1 Геометрия за определяне полето на излъчване на ФА с фокусираща система разположена на конична и плоска повърхност

Методика за оразмеряването на фокусиращата система за плоска повърхност и математичен модел за определяне на полето в далечната зона са предложени в [2], а за произволна криволинейна фокусираща повърхност с пропускащи/непропускащи зони в [3]. На базата на предложените методики е оразмерена многокомпонентна френелова антена с фокусираща система, разположена на конична повърхност и две плоски повърхности в основата и сечението на конуса (фиг. 2). Работната честота е 10 GHz. Коничната повърхност е с разтвор при върха на конуса  $\alpha = 60^\circ$ . Сечението на пресечения конус е избрано така, че плоската повърхност разположена в него да съдържа цяло число френелови зони. Основата на конуса е на разстояние 50 cm от облъчвателя. Общият брой зони разположени във фокусиращата

система са 11 (6 отворени и 5 затворени). Последната зона е отворена и разположена в плоскостта съдържаща основата на конуса. Тя е отворена и определя апертурата на антената. В сечението на конуса са разположени 6 зони (3 отворени и 3 затворени), като първата зона е отворена. На коничната повърхност са разположени 4 зони (2 отворени и 2 затворени), като първата зона от тях също е отворена. Облъчвателят е разположен на разстояние 50 cm от основата на конуса и е изчислен така, че да създава облъчване в края на апертурата с 10 dB по-малко от центъра ѝ. Той има коефициент на усилване  $G_f = 11.4$  dB.



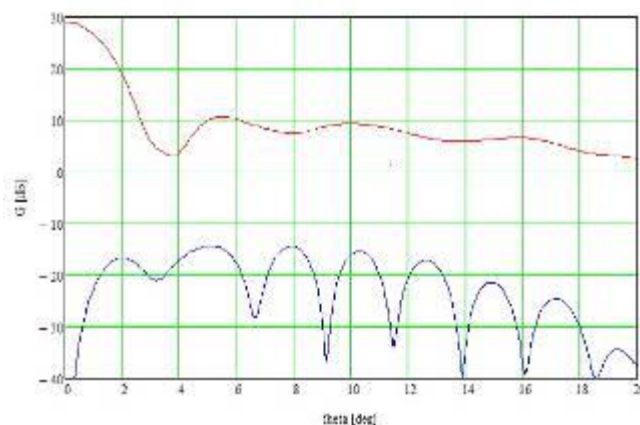
Фиг. 2 Размери на фокусиращата система в mm

За извеждане на изразите за електрическото поле в далечната зона се прилага методиката предложена в [3] за една криволинейна фокусираща система. За разлика от [4] при избрана обща координатна система за трите повърхности съдържащи френелови зони. Този избор позволява получаването на единен математичен запис.

### 3. Числен анализ на многокомпонентната френелова антена

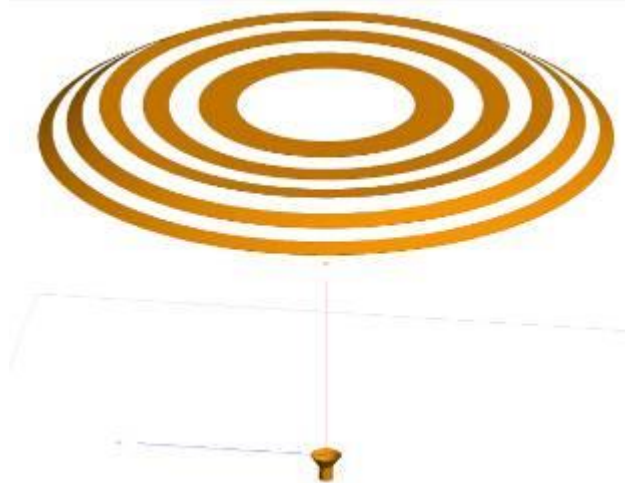
Направено е изследване на електрическите характеристики на антената на базата на аналитичния модел в рамките на  $\theta = 20^\circ$  в посока на максималното излъчване. Диаграмата на насоченост на антената за главната и кросполяризацията е представена на фиг. 3. Изчисленията са направени за ъгъл  $\varphi = 45^\circ$ , където кросполяризационната съставляща е най-

голяма. Ширината на главния лист е  $2.3^\circ$ , коефициентът на усилване на антената  $G = 29\text{dB}$ . Нивото на първия страничен лист е  $-18.3\text{dB}$  и той е разположен при  $\theta = 5.5^\circ$ .

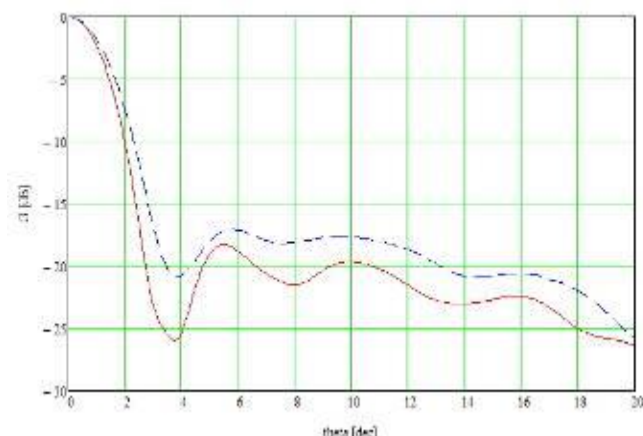


Фиг. 3 ДН за главна и крос-поляризация

Конструкцията на описаната по-горе многокомпонентна френелова антена моделирана в програмната среда за електродинамичен анализ FEKO е показана на фиг. 4. Съпоставка на резултатите за главната поляризация от аналитичния модел и числения експеримент могат да се видят на фиг. 5.

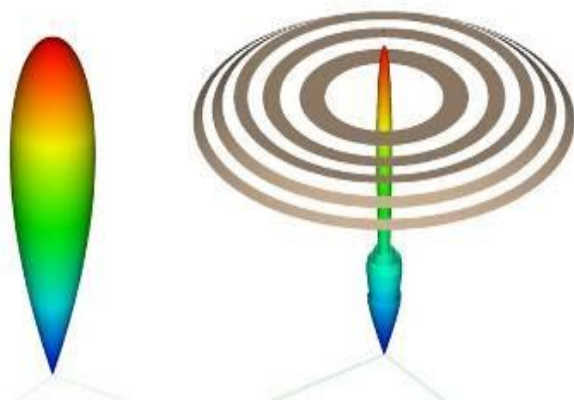


Фиг. 4 Конструкция на многокомпонентната френелова антена



Фиг. 5 ДН за главна поляризация от аналитичния модел (непрекъсната линия) и числения експеримент (пунктирна линия)

На фиг. 6 са показани пространствените диаграми на насоченост на облъчвателя и на многокомпонентната френелова антена с фокусиращата система в границите на  $\theta$  от  $-20^\circ$  до  $20^\circ$ .



Фиг. 6 Пространствени ДН на облъчвателя и ФА при  $\theta = -20^\circ \div 20^\circ$  до  $20^\circ$ .

#### Заклучение

Получените резултати дават възможност да се приеме валидността на модела. По предложената методика могат да се изследват различни конструкции на фокусиращи системи разположени на осевосиметрични повърхности. За по-сложни фокусиращи системи предложената методика може да се използва след доуточняване на конкретната конструкция.

Благодарност: Л.П. Камбуров благодари за получената помощ и подкрепа на Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”, съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз ПРОЕКТ BG051PO001—3.3.06.05 D01-89/19.03.2012

#### Литература

1. Hristo D. Hristov, “Fresnel Zones in Wireless Links, Zone Plate Lenses and Antennas”, Artech House, Boston, London, 2000
2. L. Leyten, “Fresnel Zone Plate Antenna Versus Parabolic Reflector Antenna”, Eindhoven University of Technology, Faculty of Electrical Engineering, Telecommunications Division Report, April 1991.
3. Л. П. Камбуров, Й. Р. Урумов и Х. Д. Христов. Френелови антени със сложни осево симетрични фокусиращи системи, Юбилейна Научна сесия с международно участие “120 години Морско училище”, Варна, Май 14-15, 2001, т. 2, стр. 124-130.
4. Hristov H.D., L.P. Kamburov and R. Feick. Microwave Antenna with Compound Fresnel Zone-Plate Lens Conformal to Truncated Conical Dome. Proc. of 4<sup>th</sup> European Workshop on Conformal Antennas (EWCA-05), May 23-24, 2005, Stockholm, Sweden, pp. 113-116.

#### За контакти:

9010 Варна, ул. “Студентска”1  
 Технически университет -Варна  
 ФЕ, кат. КТТ  
 гл. ас. д-р Любомир Петров Камбуров  
 e-mail:  
 lkamburov@mail.bg;  
 lkamburov@tu-varna.bg

# КОНФОРМНИ ЕЛИПТИЧНИ ФРЕНЕЛОВИ ЛЕЩИ

Любомир Камбуров

**Abstract:** The present article presents Fresnel antennas with complicated focusing surfaces on several plate panels. This gives possibility to these type antennas to be conformed with surfaces of a lot of various real objects. Their focusing system consists of elliptical, the general case not full Fresnel zones. A mathematical model for measurement and analyzing of such antennas construction was suggested. The numerical experimental analyzes were carries out.

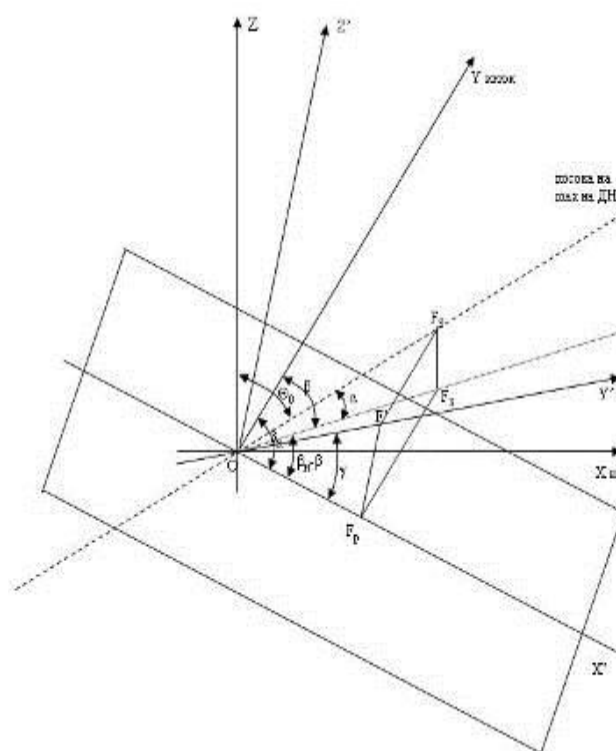
**Key words:** Fresnel zones, zone plate lenses and antennas, panel focusing systems.

## 1. Въведение

Все по-често в практиката се предпочита използването на конформни антени за осъществяване на комуникация между различни обекти [1]. Когато тези обекти са неподвижни, сравнително просто решение предлагат антените от френелов тип. Ако формата на тези обекти може да бъде разложена и представена като сума от определен брой плоски участъци с достатъчно големи размери, панелната конформна френелова антена ще представлява съвкупност от незавършени френелови зони върху „осветената” повърхност на обекта. При закриване на зони с определени номера (четни или нечетни), с абсорбиращ или отразяващ материал се подобряват насочените свойства на антената и се увеличава нивото на полезния сигнал в мястото на приемане.

## 2. Геометрия, оразмеряване и математичен модел

В практиката обикновено са известни положението на приемо- предавателя (фиг. 1), посоката на максимума на ДН на антената и положението на равнината на френеловата повърхност.



Фиг. 1 Геометрия за определяне границите на френеловите зони и полето на излъчване

Методиката за оразмеряване на Френелови зони на антени от тип „Конформни елиптични Френелови лещи” се състои [2] в определяне на началото О на локалната координатна система на панела, като пресечната точка с посоката на максималното излъчване, определяне на положението на проекцията на фокуса върху панела и осите на координатната система свързана с този панел и определяне на границите на френеловите зони. Посоката на максимално излъчване е зададена с ъгъла на

азимут  $\alpha$  и ъгъла на елевация  $\beta$ . Положението на повърхнината (върху която се определят френеловите зони), се задава с ъгъл  $\alpha_n$  между повърхнината и земната повърхност и ъгъл  $\beta_n$  между пресечната права на повърхнината със земната повърхност и географската посока изток (оста ОУ). Задават се и размерите на панела.

Определянето на френеловите зони в границите на панела се извършва в полярна координатна система:

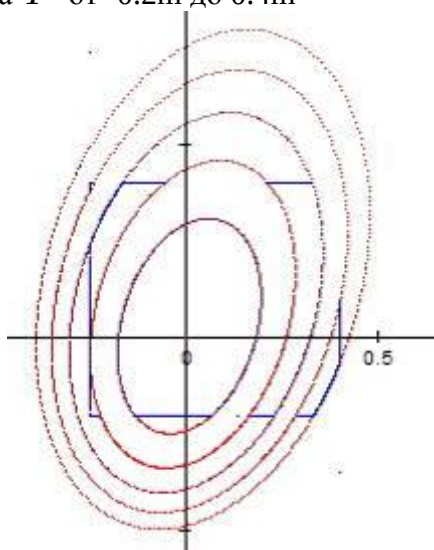
$$\rho_m = \frac{-\beta + \sqrt{\beta^2 - 4\alpha\gamma}}{2\alpha},$$

където  $\alpha = 1 - \sin^2(\theta_0)\cos^2(\varphi')$ ;

$$\beta = -m\lambda \sin(\theta_0)\cos(\varphi');$$

$\gamma = -(m\lambda/2)^2 - m\lambda F$  и ъгълът  $\varphi'$  се отчита от оста  $X'$  в равнината на панела.

На фиг. 2 са показани френеловите зони върху плоскост определена с ъглите  $\alpha_n = 70^\circ$ ,  $\beta_n = 120^\circ$  при посока на максимално излъчване  $\alpha = 30^\circ$ ,  $\beta = 45^\circ$ . Честотата на проектиране е  $10\text{GHz}$ , а фокусното разстояние  $F = 1\text{m}$ . На същата фигура са показани и частите от френеловите зони при размери на панела в координатната система  $X'Y'$  по оста  $X'$  от  $-0.25\text{m}$  до  $0.4\text{m}$  и по оста  $Y'$  от  $-0.2\text{m}$  до  $0.4\text{m}$



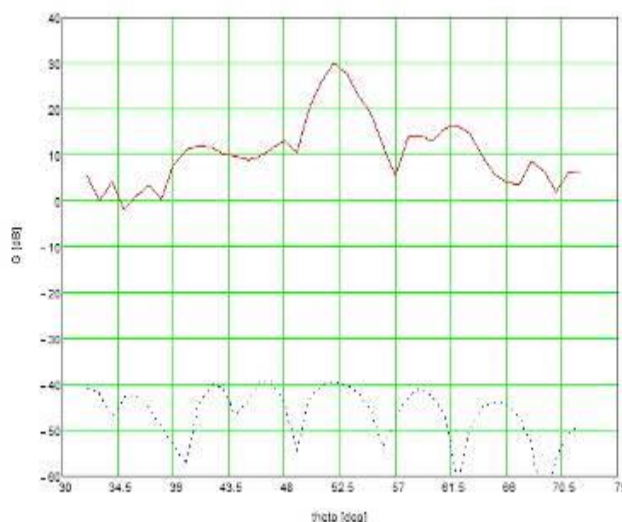
Фиг. 2 Граници на френеловите зони върху наклонен панел

Електрическото поле в далечната зона се определя съгласно методиката предложена

в [3] с отчитане на границите на интегриране на отворените части от френеловите зони разположени върху панела.

### 3. Числен анализ на конформни елиптични френелови лещи

Направено е изследване на електрическите характеристики на разгледаната антенна конструкция. Диаграмата на насоченост на антената за главната и кросполяризацията е представена на фиг. 3. Изчисленията са направени за ъгъл  $\varphi = 45^\circ$ , където кросполяризационната съставляща е най-голяма. Ширината на главния лист е  $2.1^\circ$ , коефициентът на усилване на антената  $G = 30\text{dB}$ . Нивото на първия страничен лист е  $-14.3\text{dB}$ . Посоката на главния лист е  $\theta_0 = 52^\circ$  и съвпада с ъгъла между избраната посока на максимално излъчване и плоскостта на панела. Известната несиметрия в ДН се дължи на несимитрията във фокусиращата система.



Фиг. 3 ДН за главна и крос-поляризация

Практически интерес представляват ФА с фокусираща система разположена върху две „осветени“ повърхности, включващи помежду си определен ъгъл. Изследвана е конформна ФА с панел 1 с ъгъл, определящ посоката на максимално излъчване на антената  $\alpha_1 = 30^\circ$ . За панел 2 ъгълът определящ посоката на максимално излъчване на антената е  $\alpha_2 = 120^\circ$ . Ъгълът между двата панела е  $90^\circ$ .



На фиг. 4 е показана френелова антена с конформна двупанелна фокусираща система и диаграмата на насоченост в резултат на числения експеримент.



Фиг. 4.3.11 Двупанелна ФА с 11 зони симулирана в FEKO

#### Заклучение

Предложената методика позволява построяването на френелови зони върху „осветените” плоски панели на конформни френелови лещи, при известна посока на максимума на ДН на антената и избрано положение на облъчвателя. Получените резултати дават възможност да се приеме валидността на модела.

Благодарност: Л.П. Камбуров благодари за получената помощ и подкрепа на Проект №НП-7/2013г.: Изследване на електродинамични и електроакустични антени в безехова камера, финансиран целево от държавния бюджет.

#### Литература

1. Hristo D. Hristov, “Fresnel Zones in Wireless Links, Zone Plate Lenses and Antennas”, Artech House, Boston, London, 2000.
2. Houten J.M. van – “Analysis of phase – correcting and elliptical Fresnel – zone plate antenna” – Eindhoven University of Technology, 1993 г.

З. Урумов Й., Камбуров Л., Христов Х. - “Панелни конформни френелови лещи “ - доклад, ТУ - Варна, 2005 г.

#### За контакти:

9010 Варна, ул. “Студентска”1  
Технически университет -Варна  
ФЕ, кат. КТТ  
гл. ас. д-р Любомир Петров Камбуров  
e-mail:  
lkamburov@mail.bg;  
lkamburov@tu-varna.bg

## МОДИФИЦИРАН ПОДХОД ЗА ОЦЕНКА НА ПАРАМЕТРИТЕ НА РАЗПРЕДЕЛЕНИЕТО НА ВЕЙБУЛ ПРИ ИЗПИТВАНЯ С НУЛА ИЛИ ЕДИНИЧНИ ОТКАЗИ И ИНТЕРВАЛНИ ДАННИ

Тончо Папанчев

**Abstract:** This report examines the problems arising in the evaluation of Weibull distribution parameters for interval data and zero or few failures. A modified approach is proposed combining inherently principles of the method "Weibayes" and the mathematical formalism of the method of maximum likelihood for interval data. Simulation studies have been performed, resulting in a comparative analysis of the presented modified approach and method "Weibayes" regarding the accuracy of the obtained results.

**Keywords:** interval data, parametric evaluation, reliability, Weibull distribution

### I. Въведение

Изследванията, извършвани по отношение на надеждността на електронните изделия, се основават на данни за вида и броя на регистрираните откази в рамките на даден период на проследяване на работата на изделията. Два от проблемите, водещи до понижаване на точността на получаваните оценки на изследваните надеждностни параметри, са: първо, трудностите, свързани с точното отчитане на моментите на възникване на отказите, и второ, възможната липса или малък брой регистрирани откази. Когато не е известен точния момент на възникване на отказите, данните се обобщават в групи и представляват ограничени (цензурирани) и интервални (групирани) данни. Такива са данните, събрани при извършване на изпитвания с последователни периодични проверки, при планови профилактични дейности или от гаранционно (извънгаранционно) обслужване. Липсата или минималният брой на регистрирани откази са обусловени от ограничения период на изпитвания, от една страна, и непрекъснатото нарастване на надеждността на електронните изделия и системи, от друга. Горните два проблема водят до затруднения при прилагането на обичайните методи за оценка на параметрите на закона за разпределение и получаването на резултати с голяма степен на неопределеност.

При изследването на надеждността на електронни елементи и изделия, основен избор на закон на разпределение е закона на Вейбул. Причините за това са няколко: а) той се използва при описването на разпределенията на случайните величини “време за безотказна работа”, “време на живот”, представляващи най-голям интерес при надеждностното проектиране [1,2]; б) чрез него могат да се изразят други основни закони на разпределение на времената на отказите, като експоненциалния закон и закона на Релей [1,2,3,4]; в) законът дава възможност да се анализират и отграничат трите основни периода в живота на електронните изделия – ранни откази, нормална експлоатация и старене; г) дава възможност за достоверно моделиране дори при непълни данни – ограничени (цензурирани) или интервални (групирани). Уравнения (1) и (2) представляват двете основни характеристики на разпределението на Вейбул – вероятностната плътност на разпределението и интегралния закон на разпределение:

$$f(t) = \beta \cdot \frac{t^{\beta-1}}{\alpha^{\beta}} \cdot e^{-\left(\frac{t}{\alpha}\right)^{\beta}}; \quad (1)$$

$$F(t) = 1 - e^{-\left(\frac{t}{\alpha}\right)^{\beta}}, \quad (2)$$

където  $\alpha$  и  $\beta$  са параметри на разпределението, с физически смисъл на  $\alpha$  като “характеристичен параметър” – 63,2-ия персентил на разпределението, измержан във

времева или друга мерна единица, определяща количеството изразходван технически ресурс. Параметърът  $\beta$  задава формата на кривата на плътността на разпределението, което и определя наименованието на параметъра, а именно “параметър на формата”, и е безразмерна величина.

В настоящата статия е извършен сравнителен анализ на метода „Вейбейс“ и на предложен от автора модифициран подход за оценка на параметрите на разпределението на Вейбул при изпитвания с периодични проверки и нула или ограничен брой откази. За целта са проведени симулационни изпитвания, данните от които са използвани за оценяване на точността на получаваните по двата начина надеждностни параметри. Направени са изводи, обобщаващи резултатите от извършения сравнителен анализ. Представен е начин за оценка на надеждностните параметри при ускорени изпитвания с няколко степени на натоварване, при който част от резултатите се приемат като „априорни“ данни и се използват в оценката на надеждностните параметри при изпитванията с нула откази.

II. Оценка на параметрите на разпределението на Вейбул за интервални данни при нула или единични откази по метода „вейбейс“

Методите, които се използват най-често в регресионния анализ на данни от надеждностни изпитвания, са методът на линейното преобразуване Median Rank Regression (MRR), представляващ оценка по метода на най-малките квадрати, и методът на максималното правдоподобие Maximum Likelihood (ML). При интервални данни единствено ML дава възможност за оценка на параметрите на разпределението на Вейбул [5], без да е необходимо да се извършва някакво преобразуване на данните. Използването на горните методи е невъзможно при нула откази, и с голяма неопределеност при регистрирани единични откази.

Повишаването на точността на получаваните параметрични оценки се постига чрез метод, при който се използват априорни данни, като исторически данни, инженерен опит, познания за естеството на отказите, за формиране на обосновано предположение за стойността на параметъра на формата  $\beta$ .

Методът е наречен „Вейбейс“ (Weibayes), и представлява подход за оценка на характеристичното време  $\alpha$  на разпределението на Вейбул при липса на регистрирани откази, или наличие на един или два отказа. В [6,7] е представен математическият израз за изчисляване на  $\alpha$ :

$$\hat{\alpha} = \left[ \frac{\sum_{i=1}^r t_i^{\hat{\beta}} + (n-r)T^{\hat{\beta}}}{r} \right]^{\frac{1}{\hat{\beta}}}, \quad (3)$$

където  $r$  е броят регистрирани откази,  $n$  е общият брой изпитвани изделия,  $T$  е продължителността на изпитванията, а  $t_i$  е времето до отказ на  $i$ -тия елемент,  $i=1 \div r$ .

Получената стойност  $\hat{\alpha}$  представлява оценка на истинското характеристично време  $\alpha$ , получена по метода ML.

При липса на откази се приема граничната хипотеза за възникване на един отказ в момента след приключване на изпитванията, или  $r=1$ . Тогава оценката придобива вида [6,7]:

$$\hat{\alpha} = \left[ \frac{nT^{\hat{\beta}}}{r} \right]^{\frac{1}{\hat{\beta}}}, \quad (4)$$

и представлява левия край на едностранен доверителен интервал с вероятност 63.2%. В разработената за симулационните изследвания изчислителна процедура е заложена стойност на  $r=2.3$ , с което се повишава до 90% вероятността истинската стойност на параметъра  $\alpha$  да се намира откъсно на получената по този начин оценка. Изследвани са резултатите при използването на метода „Вейбейс“ за 0 до 3 регистрирани откази, след преобразуване на данните за времената на възникване на отказите от интервални към точни стойности с разполагане в средата на интервала, при един отказ, или равномерно разпределяне в интервала, ако са повече от един.

III. МОДИФИЦИРАН ПОДХОД “ИНТЕРВАЛЕН ВЕЙБЕЙС”

В областта на малките извадки и малък брой откази – от 0 до 7, за интервални данни, е

предложен и изследван следният подход, комбиниращ идеите на стандартния метод „Вейбейс“ и метода на максималното правдоподобие (ML) за интервални данни. Стойността на параметъра на формата  $\beta$  се приема за известна, а оценката на характеристичното време  $\alpha$  се получава чрез функцията на правдоподобие от метода ML. Логаритмичната форма на функцията на правдоподобие  $f(t|\alpha, \beta)$  при ML и интервални данни е от вида [8]:

$$f(t|\alpha, \beta) = \ln(L(t|\alpha, \beta)) = n_1 \cdot \ln \left[ 1 - e^{-\left(\frac{t_{iH}}{\alpha}\right)^\beta} \right] + r \cdot \ln \left[ e^{-\left(\frac{t_{i+1L}}{\alpha}\right)^\beta} \right] + \sum_{i=2}^k n_i \cdot \ln \left[ e^{-\left(\frac{t_{iL}}{\alpha}\right)^\beta} - e^{-\left(\frac{t_{i+1L}}{\alpha}\right)^\beta} \right] \quad (5)$$

където  $n_i$  е броят регистрирани откази в  $i$ -тия интервал, с начало  $t_{iL}$  и край  $t_{iH}$ ,  $i=1 \div k$ ;  $k$  е броят на интервалите на отчитане, а  $k+1$  представя отворения откъс интервал след края на изпитванията  $[tk+1L, +\infty)$ ;  $r$  е броят неотказали изделия след края на изпитванията.

След съставяне на частните диференциални уравнения на  $f(t|\alpha, \beta)$  по  $\alpha$  и  $\beta$ , и приравнявайки десните части на уравненията на нула, е съставена система от две уравнения, която, след извършване на някои опроставяния и преобразувания, придобива формата [8]:

$$\begin{cases} \varphi_1 = n_1 \cdot \frac{t_{iH}^\beta}{B_1 - 1} - \sum_{i=2}^{k+1} n_i t_{iL}^\beta + \sum_{i=2}^k n_i \cdot \frac{t_{iH}^\beta - t_{iL}^\beta}{A_i - 1} = 0 \\ \varphi_2 = n_1 \cdot \frac{t_{iH}^\beta \cdot \ln\left(\frac{t_{iH}}{\alpha}\right)}{B_1 - 1} - \sum_{i=2}^{k+1} n_i t_{iL}^\beta \cdot \ln\left(\frac{t_{iL}}{\alpha}\right) + \sum_{i=2}^k n_i \cdot \frac{C_i}{A_i - 1} = 0 \end{cases} \quad (6)$$

,  $nk+1=r$ .

Приемайки  $\beta$  за дадено, след събиране на двете уравнения, се получава уравнение с едно неизвестно – характеристичното време  $\alpha$ :

$$\varphi_1 + \varphi_2 = \frac{n_1 t_{iH}^\beta}{B_1 - 1} \left( 1 + \ln\left(\frac{t_{iH}}{\alpha}\right) \right) - \sum_{i=2}^{k+1} n_i t_{iL}^\beta \left( 1 + \ln\left(\frac{t_{iL}}{\alpha}\right) \right) + \sum_{i=2}^k \frac{n_i}{A_i - 1} (t_{iH}^\beta - t_{iL}^\beta + C_i) = 0 \quad (7)$$

където

$$A_i = \exp \left( \left( \frac{t_{iH}}{\alpha} \right)^\beta - \left( \frac{t_{iL}}{\alpha} \right)^\beta \right),$$

$$B_1 = \exp \left( \left( \frac{t_{1H}}{\alpha} \right)^\beta \right),$$

$$C_i = \left[ t_{iH}^\beta \cdot \ln\left(\frac{t_{iH}}{\alpha}\right) - t_{iL}^\beta \cdot \ln\left(\frac{t_{iL}}{\alpha}\right) \right].$$

Решаването на уравнението може да се извърши по метода на Нютон-Рафсън [9], след намиране на производната на уравнението по  $\alpha$ :

$$\begin{aligned} \frac{\partial(\varphi_1 + \varphi_2)}{\partial \alpha} = & \frac{n_1 t_{iH}^\beta}{\alpha (B_1 - 1)} \cdot \left( \frac{\left( 1 + \ln\left(\frac{t_{iH}}{\alpha}\right) \right) \beta \left( \frac{t_{iH}}{\alpha} \right)^{\beta-1} B_1}{B_1 - 1} - 1 \right) + \sum_{i=2}^{k+1} \frac{n_i t_{iL}^\beta}{\alpha} + \\ & + \sum_{i=2}^k \frac{n_i (t_{iH}^\beta - t_{iL}^\beta)}{\alpha (A_i - 1)} \cdot \left( \frac{(t_{iH}^\beta - t_{iL}^\beta + C_i) \beta A_i}{\alpha^\beta (A_i - 1)} + 1 \right) \end{aligned} \quad (8)$$

Когато липсва регистриран отказ за целия период на изпитванията, по аналогия с метода „Вейбейс“, изчисленията се извършват след приемането на граничната възможност “възникване на един отказ в последния интервал на изпитванията”. Условно този подход е наречен “Интервален Вейбейс”.

#### IV. ПРИЛОЖЕНИЕ НА МЕТОДА “ВЕЙБЕЙС” И МОДИФИЦИРАНИЯ ПОДХОД “ИНТЕРВАЛЕН ВЕЙБЕЙС” ПРИ СИМУЛАЦИОННИ ДАННИ.

За целта на Вейбуловия надеждностен анализ, е приложен използвания в [8] пакет от изчислителни модули в среда на MATLAB, който позволява генерирането на псевдослучайни реализации по закона на Вейбул от типа точни, ограничени откъсно или интервални, подготовка на данните за представянето им в графичен вид, получаване на параметрични оценки на параметрите на надеждностното разпределение по няколко метода и допълнителна статистическа информация. С негова помощ са изследвани методът “Вейбейс” и модифицираният подход “Интервален Вейбейс” при работа с интервални данни с регистрирани нула до 7 откази. Средноаритметичната стойност на оценката на  $\beta$ , изчислена по метода ML за интервални данни [8], е приета за

предварително известната стойност на параметъра  $\beta$ .

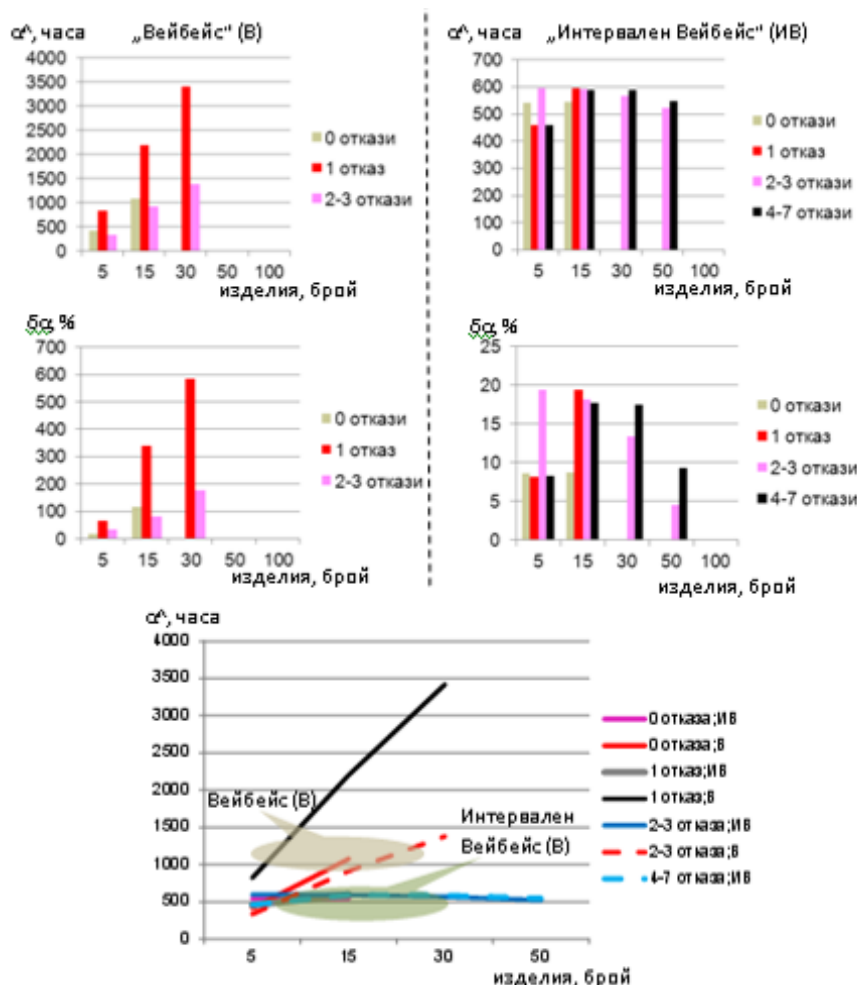
С цел опростяване на изчислителните процедури и ограничаване обема на изходните резултати, симулационните изследвания са проведени при следните ограничения: а) всички изделия от една извадка започват изпитванията си в един и същ момент; б) всички изделия са работоспособни в началото на изпитванията; в) известни са моментите на проверка за възникване на откази и те са в сила за всички изделия от извадката; г) данните са от типа „интервални“ или „ограничени отдясно“, като вторите се отнасят само за изделията, които са останали работоспособни след приключване на изпитванията. Въведените ограничения не оказват съществено влияние върху получаваните резултати и направените на тяхна база изводи.

Параметрите на генерираните псевдослучайни реализации са представени в таблица 1.

Таблица 1. Изходни параметри на псевдослучайните реализации.

| Серия №                               | 1   |    |    |    |     | 2   |    |    |    |     | 3    |    |    |    |     | 4    |    |    |    |     |
|---------------------------------------|-----|----|----|----|-----|-----|----|----|----|-----|------|----|----|----|-----|------|----|----|----|-----|
| Брой изделия в един тест              | 5   | 15 | 30 | 50 | 100 | 5   | 15 | 30 | 50 | 100 | 5    | 15 | 30 | 50 | 100 | 5    | 15 | 30 | 50 | 100 |
| Брой реализации, изделия              | 2   | 2  | 2  | 2  | 2   | 2   | 2  | 2  | 2  | 2   | 2    | 2  | 2  | 2  | 2   | 2    | 2  | 2  | 2  | 2   |
| Параметри на закона на Вейбул         | 500 |    |    |    |     | 500 |    |    |    |     | 1000 |    |    |    |     | 1000 |    |    |    |     |
|                                       | 1.2 |    |    |    |     | 3   |    |    |    |     | 2    |    |    |    |     | 5    |    |    |    |     |
| Продължителност на изпитванията, часа | 200 |    |    |    |     |     |    |    |    |     | 500  |    |    |    |     |      |    |    |    |     |
| Брой                                  | 5   |    |    |    |     | 5   |    |    |    |     | 10   |    |    |    |     | 10   |    |    |    |     |

Резултатите за получените оценки на характеристичното време  $\alpha$  за първата серия симулационни данни са представени на фигура 2. Изследванията са съсредоточени в симулациите с брой изделия до 50, тъй като за 100 изделия са регистрирани повече от 7 отказа в едно изпитване.



Фиг.2. Оценка на  $\alpha$  по двата начина при начални параметри на симулационните реализации:  
 $\alpha=500$  часа.  $\beta=1.2$ ;  $T=200$  часа;  $i=5$  интервала

## V. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

След анализ на получените резултати при прилагането на изследваните начини за оценка на параметрите на разпределението на Вейбул при интервални данни и липса или малък брой регистрирани откази, могат да бъдат формулирани следните изводи:

Методът “Вейбейс” при 0, 1 и 2 отказа е чувствителен към параметрите продължителност на изпитванията  $T$ , големина на  $\beta$  и обема на извадката. Затова резултатите могат да се различават значително от истинската стойност на характеристикното време  $\alpha$ .

При прилагането на подхода “Интервален Вейбейс”, в голяма част от случаите се получиха оценки, близки до истинските стойности на параметрите, независимо от обема на извадката, броя откази, продължителността на изпитванията, стойността на параметрите на разпределението. От 65% до 98% от резултатите са в границите на 20% от точната стойност на  $\alpha$ . Особено голяма е разликата с метода “Вейбейс” при симулационните резултати за извадки с малък обем и изпитвания с кратък срок, малък брой интервали и  $\beta \leq 1,5$ . При симулативните резултати с параметри  $\{\alpha=1000, \beta=5\}$  получихме сходни резултати по двата варианта.

Така посочените изводи дават основание за използването на модифицирания подход при работа с интервални данни, когато регистрираните откази са малък брой или липсват такива, при условие, че обосновано може да се приеме достоверна стойност за параметъра на формата  $\beta$ .

По своята същност ускорените изпитвания предполагат получаването на резултати с различен брой откази, в зависимост от степента на приложеното натоварване. Авторът предлага използването на различни начини на оценка на параметрите на разпределенията за отделните тестове. Първоначалното допускане за постоянна стойност на  $\beta$  [5] дава възможност да се процедира по следния начин: от тестовите с по-голям брой откази по метода ML се изчисляват стойностите на оценките  $\hat{\alpha}$  и  $\hat{\beta}$ . Така получената стойност на  $\beta$  се използва с

подхода “Интервален Вейбейс” за оценяване на параметъра  $\alpha$  при тестовите, завършили без отказ, или с единични откази. По този начин част от тестовите играят ролята на априорна информация, повишаващи точността на резултатите от изпитванията с по-ниска степен на натоварване. Като бъдещ резултат може да се посочи възможността за ограничаване на броя на тестовите и облекчени условия на натоварване при изпълняването им, при запазване на скъсения период на изпитване, характерен за ускорените изпитвания.

## ЛИТЕРАТУРА:

- [1] Е. Гиндев, Увод в теорията и практиката на надеждността. Част 1. Основи на приложната надеждност, Академично издателство “Проф. Марин Дринов”, София, България 2000
- [2] Х. Христов, В. Трифонов, Надеждност и сигурност в комуникациите, Издателство “Нови знания”, София, България 2005
- [3] Ямпурин Н., А. Баранова, Основы надежности электронных средств, Изд. Центр “Академия”, Москва, 2010, ISBN 978-5-7605-5908-2
- [4] Rinne H., The Weibull Distribution A Handbook, CRC Press, USA, 2010, ISBN 978-1-4200-8743-7.
- [5] Wayne Nelson, Accelerating Testing, Statistical Models, Test Plans, and Data Analysis, New Jersey, John Wiley and Sons, Inc., 1990
- [6] Abernethy R., The New Weibull Handbook, 4th edition, Florida, USA, 2000, ISBN 0-9653062-1-6
- [7] IEC 61649 Ed. 2.0: Weibull Analysis, UK, 2008
- [8] Папанчев Т., А. Георгиев, Г.Тодоринов, Анализ на методи за оценка на параметрите на разпределение на Вейбул при интервални данни, Електронно списание “Компютърни науки и комуникации”, том 2, брой 4/2013, изд. БСУ, Бургас, <http://ojs.bfu.bg/index.php/knk>, ISSN: 1314-7846
- [9] Chapra S., Applied Numerical Methods with MATLAB for Engineers and Scientists, 3rd Edition, McGraw-Hill, NY, USA, 2012, ISBN 978-0-07-340110-2

## За контакти:

ТУ-Варна, ул. Студентска № 1, 208 ПСС  
инж. Тончо Папанчев,  
асистент в Катедра “Електронна техника и  
миоелектроника”  
e-mail: [t.papanchev@tu-varna.bg](mailto:t.papanchev@tu-varna.bg)



## УПРАВЛЕНИЕ НА АСИНХРОНЕН ГЕНЕРАТОР С НАВИТ РОТОР ЗА ВЕТРОЕНЕРГИЕН АГРЕГАТ

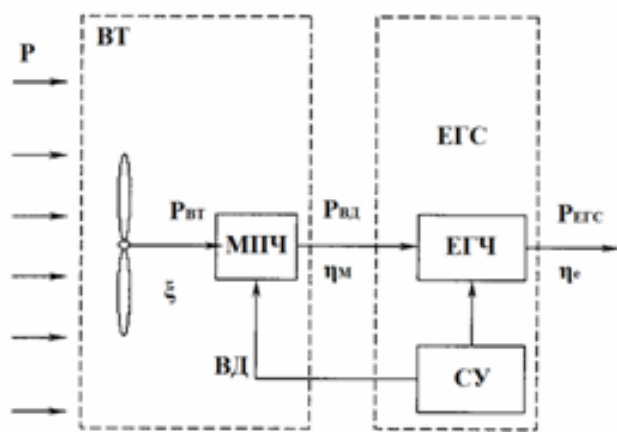
Пламен Манасиев , Цветомир Тодоров

**Abstract:** In this paper are considered the possibilities of using a wound rotor induction generator (WRIG) by external resistance control for variable-speed wind power plant, connected to the grid. The characteristics in steady-state mode are presented and methodology for their coordination at maximum power generation is proposed. A model of WRIG is proposed and dynamic characteristics of the generator for variable wind speed are presented.

**Keywords:** wind power plant , effective control, external resistance impulse control, efficiency.

### ВЪВЕДЕНИЕ

Използването на ветровата енергия, като част от ВЕИ, е с висок приоритет в последните години. Същността на т.нар. „директно” преобразуване на ветровата енергия в електрическа е, с използване на различни електрогенериращи системи (ЕГС), да се създадат техническите условия за получаването на променливотокова енергия с постоянни параметри ( $U_m$  и  $f$ ) - в условията на променлива скорост на въртене на ветротурбината (ВТ) (съответно ветродвигателя –ВД) на ветроенергийния агрегат (ВЕА) [1]. На фиг.1 е показана блоковата схема на последния, където в електрогенериращата част (ЕГЧ) се използват различни генератори.



Фиг. 1.

Проектирането на ЕГС с избор на подходящи електрически машини и вентилни преобразуватели, стратегия, принцип, методи и средства за управление са основните тенденции днес. В областта на мегаватния мощностен клас на ВЕА се утвърди използването на генераторите с двойно захранване [2],[4],[7], синхронни генератори с перманентно възбуждане, безредукторни ВЕА [5], както и прилагането на съвременните методи на управление (адаптивно, робастно) [3], [6], [8]. Едновременно с това нараства и интереса към разработването на ВЕА с неголяма мощност (десетки киловата)- с опростена техническа реализация, добри икономически показатели и достатъчно висока ефективност - в условията на нарастващия комерсиален (в добрия смисъл) интерес към въвеждането в експлоатация на ветроенергийни съоръжения.

### ПОСТАНОВКА И ИЗСЛЕДВАНИЯ

Основните изисквания към ЕГС на ВЕА , работещи в паралел с мрежа и в условията на променлива скорост, са свързани с енергетични и икономически критерии:

- Осигуряване на постоянство на параметрите на генерираното напрежение от ЕГС при променящата се скорост на ветровия поток;
- Реализиране на управление, осигуряващо максимална ефективност на ВЕА, съобразно наличните ветрови ресурси и изискванията на мрежата;

-Простота на техническата реализация и ниска себестойност.

Съотношенията, описващи процеса на ветроенергопреобразуване, са дадени с (1)-(7), където:  $P$ ,  $P_{BT}$ ,  $P_{ВД}$  са съответно мощностите на ветровия поток, ВТ и ВД;  $M^*$ ,  $M_{BT}$ ,  $M_{ВД}$  – относителен момент, моменти на ВТ и ВД;  $\xi$ ,  $Z$  – съответно коефициент на използване по мощност и бързоходност на ВТ;  $\vartheta$ ,  $R$ ,  $\rho$ ,  $\eta_m$  – скорост на вятъра, радиус на ВТ, плътност на въздуха и к.п.д. на МПЧ.

$$P = \rho \cdot \pi \cdot R^2 \cdot \vartheta^3 / 2 \quad (1)$$

$$P_{BT} = \xi(Z) \cdot \rho \cdot \pi \cdot R^2 \cdot \vartheta^3 / 2 \quad (2)$$

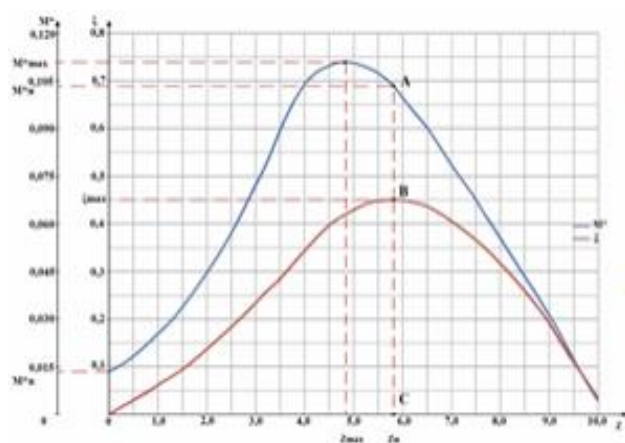
$$\xi = \frac{P_{BT}}{P} \quad (3)$$

$$Z = \frac{u}{\vartheta} = \frac{\omega_{BT} R}{\vartheta} \quad (4)$$

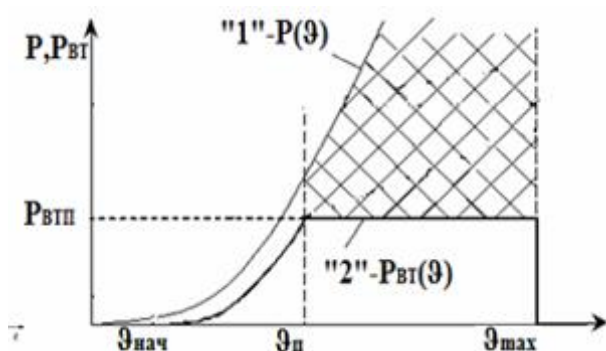
$$M_{BT} = \frac{P_{BT}}{\omega_{BT}} = M^*(Z) \cdot \rho \cdot \pi \cdot R^3 \cdot \vartheta^2 / 2 \quad (5)$$

$$P_{ВД} = \eta_m \cdot P_{BT} = \eta_m \cdot \xi(Z) \cdot \rho \cdot \pi \cdot R^2 \cdot \vartheta^3 / 2 \quad (6)$$

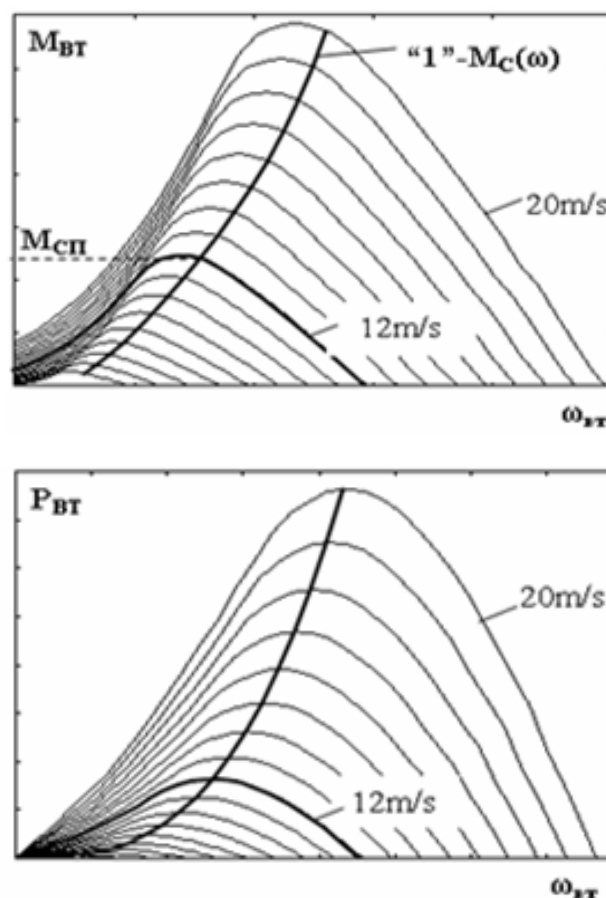
$$M_{ВД} = \frac{M_{BT}}{i} \eta_m = \eta_m \cdot \xi(Z) \cdot \rho \cdot \pi \cdot R^2 \cdot \vartheta^3 / (2 \cdot i) \quad (7)$$



Фиг. 2



Фиг. 3



Фиг. 4

Зависимостите на относителния момент ( $M^*$ ) и коефициента на използване ( $\xi$ ) от  $Z$  (фиг.2) са основни характеристики на ветротурбината. На фиг.3 са показани мощността на ветропотока  $P(\vartheta)$ , съгласно (1), и мощността (теоритична)  $P_{BT}(\vartheta)$  на реалния БЕА (заштрихованата зона съответствува на неизползуваната ветрова мощност). Характеристиките на фиг.4 (механични  $M_{BT}(\omega_{BT})$  и мощностни  $P_{BT}(\omega_{BT})$  при  $\vartheta = \text{const.}$  съгласно (5) и (2) определят регулировъчните и енергетични възможности на ВТ, респективно на БЕА.

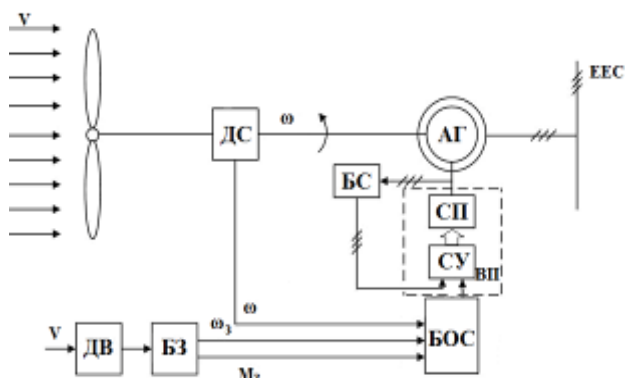
Проектната мощност ( $P_{втр}$ ) е определена при  $\vartheta_n$ , когато БЕА (ВТ) работи с коефициент на използване  $\xi_{\max}$ . Включването (пускане) и изключването (спиране) на ветроагрегата е съответно при  $\vartheta_{\text{нач}}$  и  $\vartheta_{\max}$ . В повечето въведени в експлоатация БЕА, с асинхронни и синхронни генератори (нерегулируеми), работата в диапазоните  $\vartheta_{\text{нач}} \div \vartheta_n$  и  $\vartheta_n \div \vartheta_{\max}$  е при  $\xi < \xi_{\max}$ . В случая понятието „ефективно управление” включва

работа на ВЕА в диапазона  $J_{нач} \div J_{п}$  с  $\xi = \xi_{max}(M_c(\omega))$  - при подходящо регулиране на ЕГС (генератора). Това е предмет на разработки в последните години за мегаватния клас ВЕА, както и представлява интерес, при ВЕА с по-малка мощност (до 100 kW) относно технико-икономическите предимства при реализацията с използването на асинхронен генератор с навит ротор (АГНР) - с цел извличане на максимална мощност в диапазона  $J_{нач} \div J_{п}$ .

Основното уравнение на динамиката в ЕГС се представя с (8), където:  $M_{дин}$  - динамичен момент,  $M_{ВД}$  - момент, развиван от ветротурбината,  $M_{Г}$  - момент развиван от АГ,  $J_{Г}$  - инерционен момент;  $\omega$  - ъглова скорост на генератора и ветродвигателя ( $\omega_{Г} = \omega_{ВД}$ ).

$$M_{дин} = J_{Г} d\omega/dt = M_{ВД} - M_{Г} \quad (8)$$

Разглежда се схемно решение на ВЕА с АГНР и регулиране на момента - функционална схема показана на фиг.5. Използва се вентилен преобразувател в роторната верига (ВП), включващ система за управление (СУ) и силов преобразувател (СП) - изграден от трифазен изправител и тиристорен комутатор. Моментът  $M_{ВД}$  зависи от скоростта на вятъра (водата), а  $M_{Г}$  - от скоростта на въртене и съпротивлението във веригата на ротора. Необходимият момент на АГНР (за съгласуване с развивания момент на ВД в условията на променливата скорост на въртене  $\omega$ ) се осигурява чрез регулиране на съпротивлението в роторната верига - с блок за определяне на съпротивлението (БОС).



Фиг. 5

Развиваният момент от АГНР зависи обратно-пропорционално на съпротивлението в ротора

( $R_2$ ) - при зададена скорост на въртене с увеличаване на роторното съпротивление се намалява  $M_{Г}$  и съответно обратно. Ветровата турбина (и ВД) постоянно променя своя режим и в зависимост от моментните стойности на  $M_{Г}$  и  $M_{ВД}$  скоростта се намалява ( $M_{ВД} < M_{Г}$ ), или нараства ( $M_{ВД} > M_{Г}$ ). Критерий за регулиране, за целите на минимизацията на  $M_{дин}$ , е намаляване на  $R_2$  при  $(d\omega/dt) > 0$  или увеличаване на  $R_2$  при  $(d\omega/dt) < 0$ . В БОС се изчислява стойността на допълнителното съпротивление  $R_{2д}$  според определената скорост на ВД (при зададена скорост на вятъра).

Построяването на желаните механични характеристики, осигуряващи ефективното управление, се извършва в следната последователност:

- При зададена скорост на вятъра  $J_j$  ( $j$  е в диапазона  $J_{нач} \div J_{п}$ ) се пресмятат  $\omega_{ВДj}$  и  $M_{ВДj}$  съгласно (9).

$$\omega_{ВДj} = g_j \cdot Z_H \cdot i / R ;$$

$$M_{ВДj} = \eta_M \cdot M_H^* (Z_H) \cdot \rho \cdot \pi \cdot R^2 \cdot g_j^3 / (2i) \quad (9)$$

- Определят се хлъзгането и скоростта на въртене, при  $M_{ВДj}$ , от естествената характеристика - (10).

$$S_{ej} = -\frac{S_{ке}}{M_{ВДj}} \left( M_{к} - \sqrt{M_{к}^2 - M_{ВДj}^2} \right) ;$$

$$\omega_{ej} = \omega_0 (1 - S_{ej}) \quad (10)$$

- Пресмятат се допълнителното и сумарното роторни съпротивления.

$$R_{2дj} = r_2 \frac{\omega_{ej} - \omega_{ВДj}}{\omega_0 - \omega_{ej}} ; R_{2\sum j} = r_2 + R_{2дj} \quad (11)$$

- Определя се критичното хлъзгане за изкуствената механична характеристика на генератора и последната се построява с формулата на Клос - (12).

$$S_{kj} = -\frac{R'_{2\sum j}}{\sqrt{r_1^2 - x_k^2}} ;$$

$$M = 2M_{к} / (S/S_{к} + S_{к}/S) \quad (12)$$

Характеристиките се представят съвместно с механичните характеристики на ВД в една координатна система -  $M_{ВД} \equiv M_{Г}$ ,  $\omega_{ВД} \equiv \omega_{Г}$  - с оглед съгласуването им съобразно избраната цел на управление.

При изследването на динамичните процеси в АГНР се предлага модела (13) - с определящи вектори  $\bar{\psi}_1$  и  $\bar{I}_2$  в „x-y“ координатна система (свързана с  $\bar{U}_1 - \omega_k = \omega_0$ ), при означенията:  $\sigma = L_1 L_2 - L_m^2 / (L_1 L_2)$ ;  $k_1 = L_m / L_1$ ;  $T_1 = L_1 / R_1$ ;  $T_2' = \sigma L_2 / R_2 = L_2' / R_2$ ;  $\omega_p = p_n \omega$ ;  $\omega_0 S = \omega_0 - \omega_p$ ;  $C_M = 3 p_n k_1 / 2$ .

$$\begin{aligned} \bar{U}_1 &= \frac{1+T_1 p}{T_1} \bar{\psi}_1 - k_1 R_1 \bar{I}_2 + j \omega_0 \bar{\psi}_1 \\ \bar{U}_2 &= \left( \frac{1+T_2' p}{T_2'} \right) \bar{I}_2 + k_1 p \bar{\psi}_1 + j \omega_0 S (\bar{I}_2 L_2' + k_1 \bar{\psi}_1) \quad (13) \\ I_1 &= \bar{\psi}_1 / L_1 - k_1 \bar{I}_2 \\ \psi_2 &= \sigma L_2 \bar{I}_2 + k_1 \bar{\psi}_1 \\ M &= C_M \operatorname{Im} [\bar{\psi}_1 \times \bar{I}_2^*] \end{aligned}$$

При допусканията: -постоянство на статорното потокосцепление -  $\bar{\psi}_1 = \text{cte}$ ; пренебрегване на активното съпротивление -  $R_1 = 0$ ; - неотчитане на падението върху индуктивното съпротивление в роторната верига -  $j S \omega_0 L_2' \bar{I}_2 = 0$  - моделът (13) приема вида (14) – спрямо съставлящите на променливите (при  $U_{1x}=U_1$ ;  $U_{1y}=0$ ).

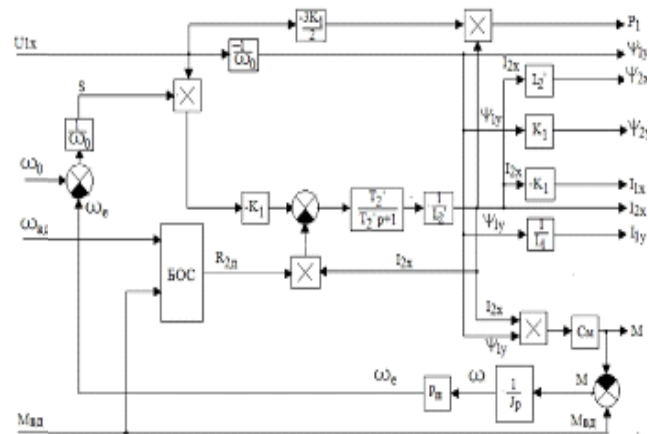
$$\begin{aligned} U_{1x} &= -\omega_0 \psi_{1y} \\ U_{1y} &= \omega_0 \psi_{1x} = 0 \\ U_{2x} &= R_{2\Sigma} I_{2x} + L_2' p I_{2x} - \omega_0 S k_1 \psi_{1y} \\ U_{2y} &= R_{2\Sigma} I_{2y} + L_2' p I_{2y} + \omega_0 S k_1 \psi_{1x} = R_{2\Sigma} I_{2y} + L_2' p I_{2y} \quad (14) \\ I_{1x} &= \psi_{1x} / L_1 - k_1 I_{2x} = -k_1 I_{2x} \\ I_{1y} &= \psi_{1y} / L_1 - k_1 I_{2y} \\ \psi_{2x} &= L_2' I_{2x} + k_1 \psi_{1x} = L_2' I_{2x} \\ \psi_{2y} &= L_2' I_{2y} + k_1 \psi_{1y} \\ M &= C_M (\psi_{1y} I_{2x} - \psi_{1x} I_{2y}) = C_M (\psi_{1y} I_{2x}) \end{aligned}$$

В модела (14)  $R_{2\Sigma} = r_2 + R_{2д}$ , където  $r_2$  е собственото роторно съпротивление,  $R_{2д}$  е регулируемото външно роторно съпротивление. В разглеждания случай на регулиране чрез  $R_{2д}$  в ротора, в качеството на роторно напрежение се явява допълнителното напрежение върху  $R_{2д}$ . При това в третото и четвъртото уравнение на (14) роторните

напрежения са  $U_{2x} = -R_{2д} I_{2x}$ ;  $U_{2y} = -R_{2д} I_{2y}$  и уравненията приемат вида (15).

$$\begin{cases} -R_{2д} I_{2x} = (r_2 + p L_2') I_{2x} - \omega_0 S k_1 \psi_{1y} \\ -R_{2д} I_{2y} = (r_2 + p L_2') I_{2y} \end{cases} \quad (15)$$

Структурната схема е показана на фиг.6, където определянето на  $R_{2д}$  се реализира в показания в блоков вид БОС.



Фиг. 6

## РЕЗУЛТАТИ и ИЗВОДИ

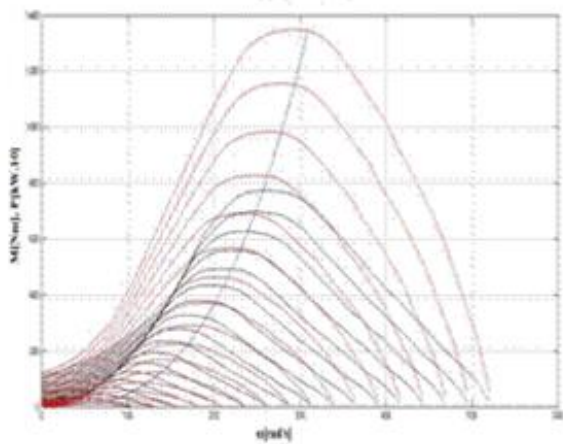
Проведени са симулационни изследвания, разкриващи особеностите при реостатно управление на АГНР. Разглежда се работата на генератора (в отворен контур на ЕГС) при следните условия:

- режимни скорости на вятъра (фиг.3) -  $J_{нач}=4\text{m/s}$ ;  $J_{п}=12\text{m/s}$ ;  $J_{max}=20\text{m/s}$ ;
- данни за ВТ и ВД - аеродинамични характеристики (от фиг.2 -  $Z_n=5.8$ ,  $\xi_{max}=0.45$ ),  $P_{ВТП}=30\text{kW}$ ;  $\eta_m=0.92$ ;  $R=5.4\text{m}$ ;  $i=18$ ;
- данни за генератор МТВ 412-6.

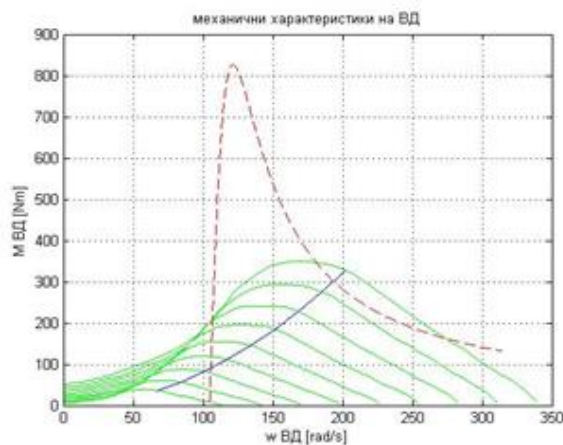
Изследванията са проведени с използването на MATLAB. На фиг.7 са показани механичните и мощностни характеристики на ВД в целия диапазон  $J_{нач} \div J_{max}$ . На фиг.8 са представени механичните характеристики при  $J_{нач} \div J_{п}$ , стратегията на управление (теоритично) и естествената характеристика на генератора. Съгласуването на характеристиките на ВД с тези на АГНР при определените роторни съпротивления съответстващи на управлението с  $\xi_{max}$  са представени на фиг.9. При случайни скокообразно и линейно изменение на скоростта на ветровия поток ( $J$ ),



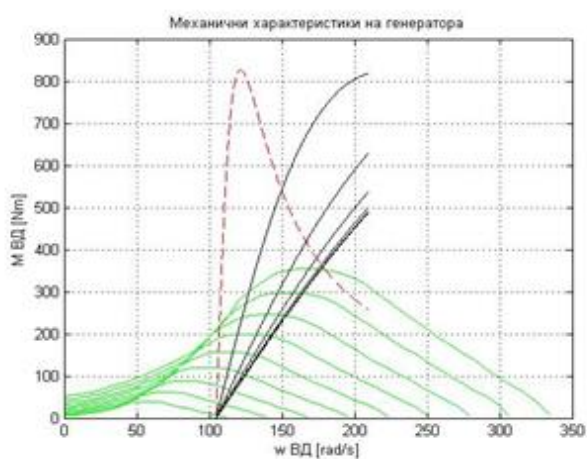
изменения на скоростта и момента на АГНР са илюстрирани съответно с фиг.10 и фиг.11 – в съответствие със структурата от фиг.6.



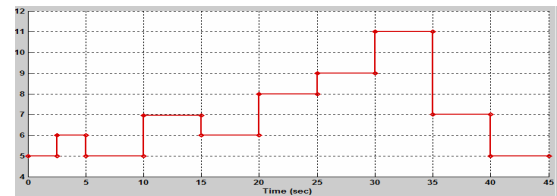
Фиг. 7



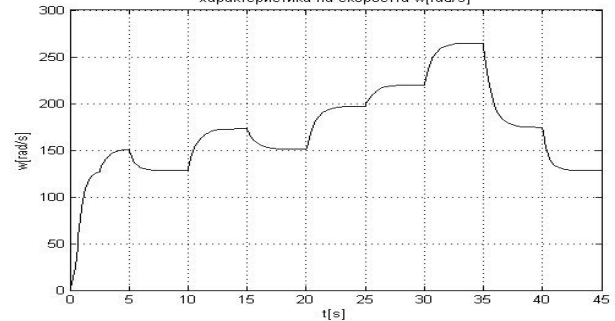
Фиг. 8



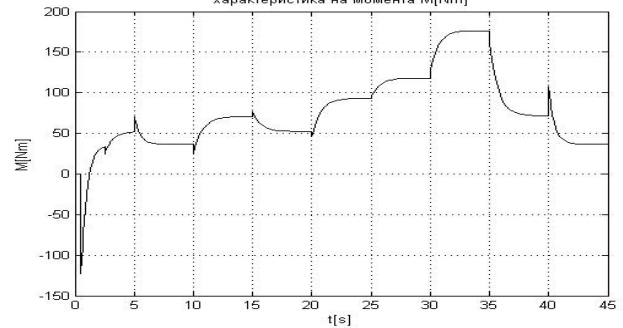
Фиг. 9



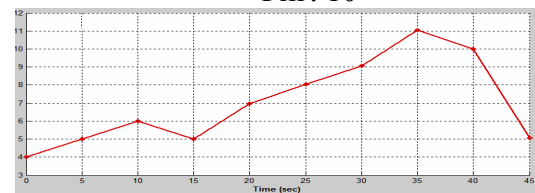
характеристика на скоростта  $w$  [rad/s]



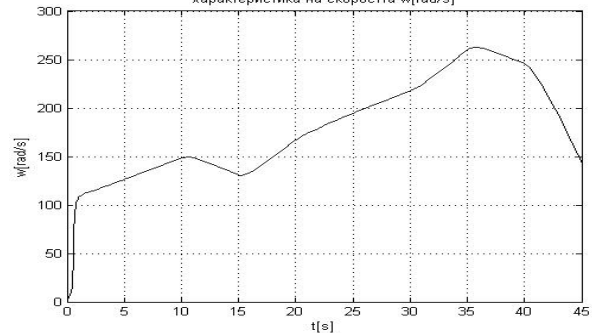
характеристика на момента  $M$  [Nm]



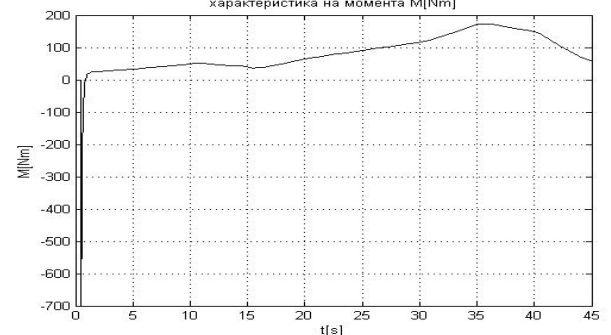
Фиг. 10



характеристика на скоростта  $w$  [rad/s]



характеристика на момента  $M$  [Nm]



Фиг.11

Анализът на получените резултати от проведените моделни изследвания потвърждава верността на предложения модел ((14), (15), фиг.6) и методиката за построяване на статичните механични характеристики на АГНР. Съгласуването им с характеристиките на ВД осигурява желаното ефективно управление на ЕГС на ВЕА - работа с  $\xi_{\max}$  в диапазона  $J_{\text{нач}} \div J_{\text{п}}$ . Наличието на пикове в измененията на момента се дължи на задаваното скокообразно изменение на скоростта на вятъра ( $J$ ), което е нереално в действителност - скоростта  $J$  на практика се променя случайно и с неголеми отклонения във времето. В този смисъл, тези пикове са резултат на постановката на симулационните изследвания.

Проведените изследвания позволяват изграждането на едноконтурни и многоконтурни структури за управление на ЕГС на ВЕА с използването на АГНР.

## ЛИТЕРАТУРА

- [1].Манасиев П.А., Съгласуване на механичните характеристики при управление на ветроенергиен агрегат, „Електротехника и Електроника” 2004г.
- [2].Маринов Е., Манасиев П., Тодоров Ц., Възможности за управление режима на електрогенериране на ветроенергиен агрегат с асинхронна машина с двойно захранване, Годишник на ТУ Варна, 2010.
- [3].Маринов Е.Й., Манасиев П.А., и др., Разработване и изследване на електромеханични системи с подобрени регулировъчни и енергийни показатели” (резюме), Годишник на ТУ Варна т. II-2, Варна, 2009,
- [4]Hofmann W., Thieme A., Control of a Double Fed Induction Generator for Wind – Power Plants, TU Chemnitz, 1998
- [5].Marcelo Gustavo Molina and Pedro Enrique Mercado : Modelling and Control Design of Pitch-Controlled Variable Speed Wind Turbines, 2011
- [6.]Mullane A., G. Lightbody, R. Yacamini, “Adaptive Control of Variables Speed Wind Turbines”, Rev. Energ. Ren.:Power Engineering, 2001

- [7].Petersson A., Analysis, Modeling and Control of Double Fed – Induction Generators for Wind Turbines, Göteborg, “СИТ” – Sweden, 2003
- [8].Song Y.D., Dhinakaran B., Bao X.Y., “Variable speed control of wind turbines using nonlinear and adaptive algorithms”, Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, 2000

## За контакти:

9010 Варна, ул. “Студентска”1  
Технически университет -Варна  
д-р инж. Пламен Антонов Манасиев ,  
гл.ас. в Катедра ”Автоматизация на  
производството” при ФИТА на ТУ-Варна ,  
стая 114 УПБ  
e-mail: pam50@abv.bg.



## ГИДРОДИНАМИЧНИ СРЕДСТВА ЗА ПОВИШАВАНЕ НА ЕНЕРГИЙНАТА ЕФЕКТИВНОСТ НА КОРАБИТЕ

Стефан Кюлевчелиев, Александрина Василева, Светлозар Георгиев

**Abstract:** IMO's Marine Environment Protection Committee (MEPC) introduced a number of new compulsory regulations related to reducing the GHG emissions.

The objective of this paper is to discuss the IMO measures with special emphasis on the hydrodynamic means of fulfilling these requirements.

Some of these means are illustrated, which the authors have some practical experience with.

**Keywords:** EEDI, EEOI, SEEMP, ship energy saving devices.

### 1. Въведение.

Повишаването на енергийната ефективност на корабите винаги е било във фокуса на вниманието на проектантите, оператори и корабособственици, главно по икономически съображения. Напоследък, интересът към този проблем се съживи и засили поради екологичната загриженост на обществото. Това стимулира Комитетът за защита на околната среда Marine Environment Protection Committee (MEPC) на ИМО, да започне обсъждане, за да се подготви въвеждане на редица нови задължителни регулации свързани с намаляването на емисиите на парникови газове от корабите.

Целта на този доклад е да се дискутират мерките на ИМО, с акцент на хидродинамичните средства за постигане на съответствие с изискванията.

### 2. Мерки на ИМО за намаляване на емисиите на парниковите газове.

Международната морска организация (ИМО) въвежда регулации в три обособени групи от мерки.

| ТРИ ОБОСОБЕНИ МЕРКИ                                  |                                                           |                                           |
|------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|-------------------------------------------|
| Технически мерки                                     | Експлоатационни мерки                                     | Пазарни мерки                             |
| EEDI – конструктивен индекс за енергийна ефективност | EEOI – експлоатационен индикатор за енергийна ефективност | Ценовакцион на горивата за корабосплаване |
| Валиден САМО за кораби от 2013 г.                    | SEEMP – План за управление на енергийната ефективност     | Търговия с емисии                         |
|                                                      | Валиден за всички кораби в експлоатация                   | Данъци за бункеровиците                   |

Някои от регулаторните изисквания са вече в сила с перспектива да стават все по-стриктни в бъдеще.

- EEDI – Конструктивен индекс за енергийна ефективност

Най-общата дефиниция на EEDI е:

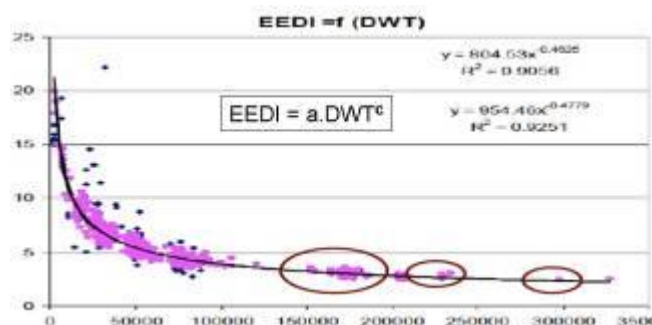
$$EEDI = \frac{\text{ЕМИСИИ}}{\text{ПОЛЗА ЗА ОБЩЕСТВОТО}}$$

а по-разгънатата предствлява изчисляване на емисиите на кораб в проектно състояние (мощност, скорост и т.н), отнесени към транспортната работа:

$$EEDI = \frac{\text{МОЩНОСТ} \cdot \text{СПЕЦИФИЧЕН РАЗХОД} \cdot \text{ПРЕОБРАЗУВАНЕ В CO}_2}{\text{ТОВАРОНОСИМОСТ} \cdot \text{СКОРОСТ}} \quad (1)$$

Всеки от членовете в това уравнение е разписан разширено, отчитайки главния двигател, спомагателните механизми, отбора на мощност, прилагането на енергоспестяващи средства, а към скоростта е въведен коефициент отчитащ влиянието на експлоатационните условия. С регресионен анализ на базата данни на ИМО са изведени референтни линии за EEDI за седем типа кораби, под които трябва да е индекса за новопроектирани кораби. Регресията е степенна функция от дедуейта:

$$EEDI = a \cdot DWT^c \quad (2)$$



Фиг. 1. Референтна крива на EEDI за кораби за насипни товари.

Изведените сега максимални стойности ще са валидни до 2014 г. След това на всеки 5 години тези стойности ще бъдат снижавани с по 10 %, т.е. изискванията ще стават все по-строги.

Многобройни дебати съпровождат извеждането на референтните стойности на EEDI. Някои от тях още продължават. Тук ще споменем един от най-важните проблеми – зависимостта на EEDI от скоростта.

Ако приемем както е прието, че мощността е пропорционална на  $V^{3+}$ , от формула (1) следва, че  $EEDI \sim f(DWT, V^2)$ . От друга страна, референтната линия зависи само от дедуейта (формула 2). Следователно:

$$A(DWT, V^2) < B(DWT)$$

Това означава, че спазването на изискването на IMO, води до ограничаване на скоростта. Нещо повече, парадоксално, оптималното решение на горното неравенство е  $V = 0$ . Това обаче обезсмисля „ползата за обществото“ в основната дефиниция на EEDI.

- EEOI – Експлоатационен индикатор за енергийна ефективност

$$EEOI =$$

$$\frac{\text{ГОРИВО} \times \text{КОЕФИЦИЕНТ ЗА ПРЕОБРАЗУВАНЕ КЪМ CO}_2}{\text{КОЛИЧЕСТВО ТОВАР} \times \text{РАЗСТОЯНИЕ}}$$

Този индекс отразява емисиите на парникови газове от корабите в действителна експлоатация. Следователно може да бъде повлиян от промените в дейността на кораба, докато EEDI е свързан само с проектните характеристики на плавателния съд. Той все още не е задължителен.

- SEEMP – План за управление на енергийната ефективност на кораба, валиден за всички кораби в експлоатация

SEEMP е задължителен да съществува на борда, но няма задължително съдържание. Изпълнението му включва четири стъпки плюс една доброволна.

- Планиране
- Изпълнение
- Инспекция (мониторинг)
- Самооценка и корекции
- Доброволно докладване при поискване от класификационна организация

На практика това означава да се поставят цели и да се прилагат добри практики, да се избира оптимален курс, оптимален баласт, оптимален диферент, добра поддръжка на повърхността на корпуса и пр.

### 3. Хидродинамични устройства и мерки за енергийна ефективност

Съществуват много и различни методи за оптимизиране на енергийните разходи на кораба. Според ABS [1] съвременните мерки и средства за увеличаване на енергийната ефективност, могат да се разделят на две групи: за новостроящи се кораби и за новостроящи се и кораби в експлоатация.

Като за новостроящи кораби се отнасят:

- оптимизация на корабната форма
- оптимизация на конструкцията на корпуса

А към втората група спадат:

- енергоспестяващи устройства
- ефективност на корабите в експлоатация
- двигатели и механизми.

Ролята на корабната хидродинамика за повишаване на енергийната ефективност за удовлетворяване на новите регулации за намаляване на парниковите емисии може да се разглежда в следните аспекти:

- Оптимизация на корабната форма от гледна точка на съпротивлението.
- Повишаване пропульсивния коефициент на кораба с оптимизиране на гребния винт и прилагане на допълнителни енергоспестяващи устройства.
- Определяне на влиянието на външните условия при експлоатация (вятър, вълнение и др.) за оптимизиране на курса на кораба.
- Определяне на оптимален диферент на кораба от гледна точка на мореходните му качества.

Някои от тези дейности са представени и дискутирани по-долу, на базата на практиката и опита на авторите.

#### 3.1. Оптимизация на корабната форма

Оптимизацията на корабната форма продължава да се признава от морската общност, като все по-важно средство за подобряване на енергийната ефективност на корабите. Този начин има три приложими варианта за изпълнение: използвайки стандартна форма и пропульсивна система, налична за съответната корабостроителница, модифициране на съществуваща форма спрямо определени условия на експлоатация и разработване на нов проект.

Оптимизацията на съществуващ кораб спрямо определени условия на плаване се изразява главно в модификация на някои части (т.н. ретрофит), напр. оптимизиране на формата на булбовия нос, оптимизиране на кърмовата форма както от гледна точка на съпротивлението, така и на взаимодействието с двигателя.

При проектирането на нов кораб се оптимизират формата на корпуса и пропульсивната система, като се прави оценка на всички фактори, оказващи влияние върху поведението на кораба на вода.

### 3.1.1 Оптимизиране на главните параметри на кораба

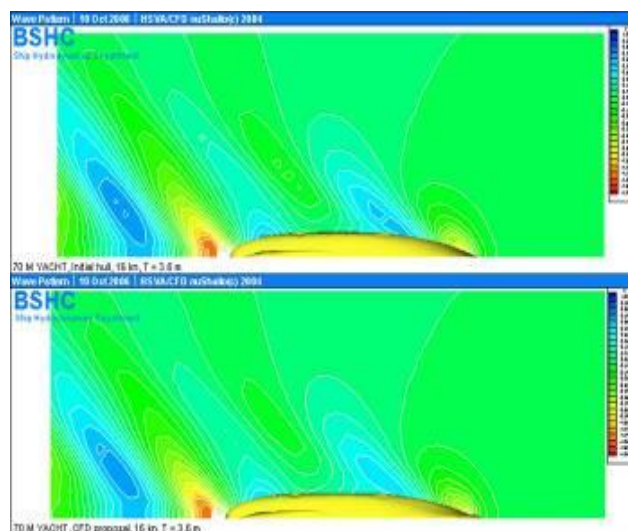
Съществуват многобройни аналитични инструменти и софтуерни пакети за изследване и оптимизиране на алтернативни проектни решения. Те извършват многокритериална оптимизация – хидродинамика, якост, устойчивост и пр. Икономическите съображения също се вземат предвид в многокритериалната оптимизация.

### 3.1.2. Минимизиране съпротивлението на корпуса

Оптимизация на корабната форма при зададени главни размери може да се извършва с моделни изпитания на различни модификации на формата на корпуса. Това, обаче, е скъпо начинание и се прилага при много отговорни проекти.

С развитието на компютърната хидродинамика (CFD) тя все повече се прилага за целта с много по-малко разходи. Доколкото компютърните програми, решаващи задачата за напълно вискозен поток със свободна повърхност са твърде взискателни към необходими компютърни ресурси (компютърна мощност и трудоемкост), „работният кон“ на

проектантите все още са по-бързите числени методи за потенциално обтичане. Фигура 2 илюстрира оптимизация на корпуса на 70-метрова моторна яхта, извършена в ЦХА – БАН, с помощта на такъв програмен продукт – □-SHALLO на Хамбургския басейн (HSVA)



Фиг.2. Оптимизация на формата на корпуса с компютърни симулации

Много различни устройства са изследвани за коригиране на енергийните характеристики на неоптимални корабни проекти или за подобряване на вече оптимален или близък до оптималния проект, възползвайки се от физични явления приемани като второстепенни по важност при нормалния процес на проектиране на даден кораб. Тези устройства могат да се групират по следния начин:

### 3.1.3 Устройства повишаващи пропульсивния коефициент

Изследвани и внедрени са много различни устройства за коригиране на енергийните характеристики на неоптимални корабни проекти или за подобряване на вече оптимален или близък до оптималния дизайн, възползвайки се от физични явления приемани като второстепенни по важност при нормалния процес на проектиране на даден кораб. Тези устройства могат да се групират по следния начин:

- Устройства за хомогенизиране на потока и избягване на откъсване

Като цяло устройствата за хомогенизиране на потока и избягване на откъсване имат функция за подобряване на потока обтичащ кораба, те са разработени,

така че да се избегнат проблеми с гребния винт и/или с допълнителното съпротивление на формата в кърмата. Такива са булбова (Хогнерова) кърма, вихроразбиващи крила, тунелна кърма и др. Очакваната икономия е в границите от 0 до 5%.

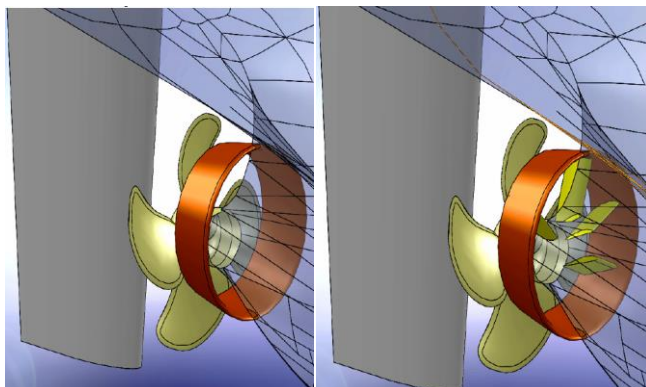
- Устройства за предварително завихряне на потока пред винта

Тези устройства са допълнителни стърчащи части закрепени към корпуса, целящи предварително завихряне на потока, обратно на посоката на въртене на гребния винт. По този начин се намаляват ротационните загуби в струята зад винта. Подходящи са за реконструкция на съществуващи кораби и инсталиране на новостроящи се.

Варианти на този вид устройства са предварително завихрящи крила и статори и предварително завихрящи крила с ускоряваща дюза: такива са Mitsui integrated ducted propeller, Hitachi's Zosen Nozzle, Sumitomo's Integrated Lammeren Duct and Becker's Mewis Duct. При инсталиране на устройства от този тип се очаква икономия на енергия в диапазона 3 до 9%.

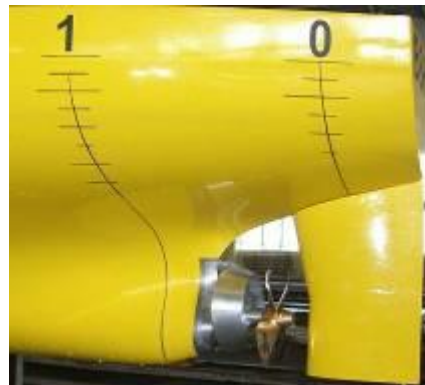
Тук представяме едно от тези устройства – BMS Mewis Duct<sup>®</sup> (Дюза на Мевис), каквото е вече многократно изпитвано в ЦХА – БАН, Варна с участието на авторите.

Устройството представлява хомогенизираща дюза, комбинирана със система от крила, предварително завихрящи потока пред винта. Това намалява ротационните загуби в струята зад винта, но също ускорява потока към вътрешните радиуси на винта (Фиг. 3).



Фиг. 3. Комбинацията BMS Mewis Duct<sup>®</sup>

Формата на дюзата и ъглите на атака на крилата в нея се оптимизират с помощта на CFD и последващи моделни изпитания, чиито резултати се представят като гаранция за ефективност на клиента.

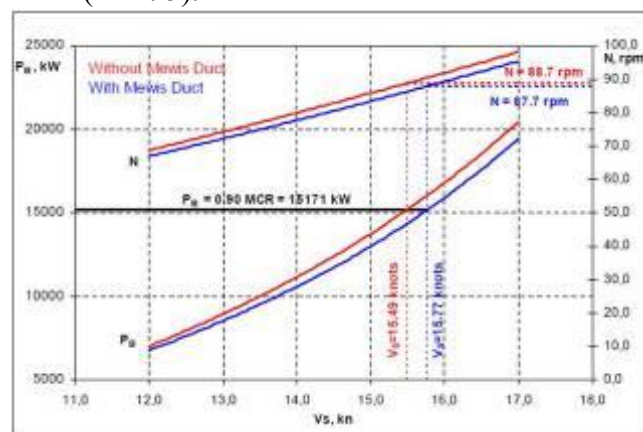


Фиг.4 Корабен модел с монтирана дюза на Мевис

Устройството е подходящо за кораби с голяма пълнота и големи натоварвания на винта по упор. Очакваната икономия на енергия е в диапазона 3% to 9%, в зависимост от натоварването на винта и на практика не зависи от газенето и скоростта на кораба.

В [2] са приведени реални данни за 45000 ДВТ кораб за генерални товари, при който периодът на възвращаемост на инвестициите е около 1 ¼ години.

Най-важното е, че устройството е приложимо за преоборудване на съществуващи кораби. Поради едновременното намаляване на двата основни типа загуби, при намалената мощност и увеличена скорост оборотите на винта се променят несъществено, т.е. не е нужно повторно проектиране и смяна на гребния винт (Фиг. 5).



Фиг. 5. Резултати за 158 000 DWT танкер, изпитан в ЦХА-БАН, Варна



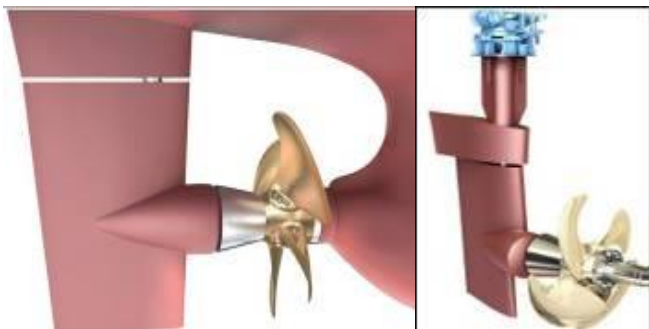
- Устройства за въздействие на потока зад винта

Ролята на тези устройства е да формира потока зад гребния винт. В някои случаи, това означава опит да се превърнат ротационните компоненти на потока, създадени от двигателя, в аксиални. В други случаи, са само за потискане на вредните характеристики на потока. Такива устройства са усукани пера на кораба, крила и статори за завихряне на потока зад винта, рули с инсталиран булб и пр.

Очакванията от инсталирането на такива устройства е от 2 до 6%.

Тук представяме едно от тези устройства – Интегрирана винтово-рулева система (PROMAS), каквото е изпитвано в ЦХА – БАН, Варна.

Promas включва усукан балансиран рул с булб („Булб на Коста“), който е плавно свързан към главината на гребния винт с обтекател и е адаптиран и оптимизиран към проекта на винта (Фиг. 6).



Фиг. 6. Интегрирана винтово-рулева система (PROMAS)

Добре проектирано усукване на руля го съгласува към завихрянето на струята на винта и намалява местния ъгъл на атака към входящия ръб на руля. Това води до по-ефективен рул с по-ниско съпротивление и по-добро възстановяване на ротационната енергия на струята на винта.

В комбинация с булб на Коста, интензивната вихрова кавитация от главината се елиминира, което допълнително увеличава ефективността.

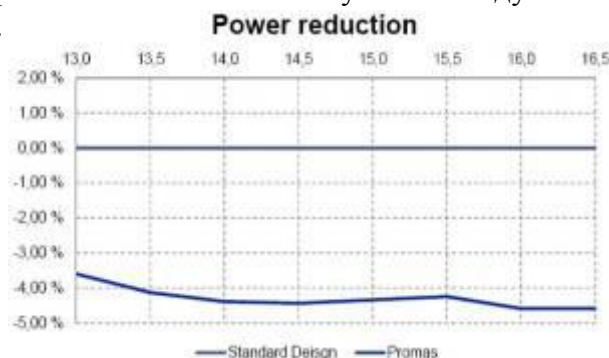
Най-добри резултати се постигат за пълни, едновинтови кораби с коефициент на обща пълнота 0,75 – 0,85 и проектна скорост в диапазона 14 – 16 възла. В такива случаи намалението на мощността може да е 6 – 9 % в сравнение с конвенционалните решения.

Фигура 7 показва корабен модел, оборудван със системата PROMAS, изпитан в ЦХА – БАН.



Фиг.7 Корабен модел с интегрирана винтово-рулева система (PROMAS)

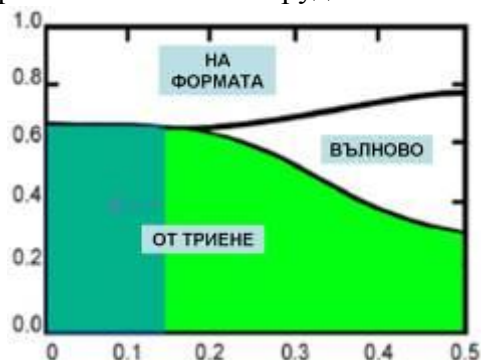
Резултатите от моделните изпитания на 50 000 ТДВ продуктовоз, проведени в ЦХА-БАН, Варна са обобщени на фигура 8 [4]. Ефективността във този случай е между 4 и 5 %.



Фиг. 8. Намаляване на мощността при прилагане на PROMAS

### 3.2. Системи за понижаване на съпротивлението от триене

Тук разглеждаме една стара, но възбращаща се идея - използването на въздушна смазка. Фигура 9 показва относителния дял на основните компоненти на съпротивлението при различни числа на Фруд.



Фиг. 9. Относителен дял на компонентите на съпротивлението във функция от числото на Фруд

При ниски числа на Фруд съпротивлението от триене е преобладаващата компонента на съпротивлението. Следователно, намаляването му би имало най-съществен ефект. Един начин за това е въздушната смазка. Това означава подаване на въздух през отвори в корпуса. Въздухът създава тънък слой (изкуствена каверна) между тялото и течността и намалява съпротивлението от триене. Въздушната смазка е ефективна не само поради управлението на граничния слой, но и защото плътността на въздуха е много по малка (около 800 пъти) от тази на водата. Въздушната смазка може да се раздели на три основни категории [5]:

- a) Мехурчета (Bubble Drag Reduction - BDR);
- b) Въздушен слой (Air Layer Drag Reduction - ALDR)
- c) Частична каверна (Partial Cavity Drag Reduction - PCDR).

Фигура 10 илюстрира трите типа въздушна смазка.



Фиг.10 Типове въздушна смазка  
a - мехури, b - въздушен слой, c - частична каверна

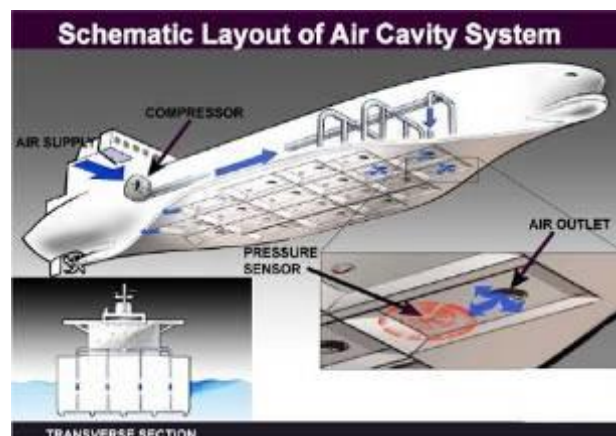
Изследванията по проблема се възраздат и вече има някои практически внедрявания. Фигура 11 илюстрира практическа реализация на мехурчеста въздушна смазка при новопостроен кораб [6].



Фиг. 11. Система за въздушна смазка на Мицубиши (MALS)

С натурни изпитания са установени нетни икономии на енергия между 8 и 12% в зависимост от дебелината на въздушния слой. Интерес представляват нетните икономии, доколкото този метод изисква разход на мощност за подаване на въздуха.

Друга система, Stena AirMax PCDR Project, засега изпитана само на мащабен прототип, реализира въздушна смазка тип частична каверна [5], фигура 12.



Фиг. 12. Система Stena AirMax с въздушна смазка тип частична каверна

### 3.3. Съвместимост на различните методи

Много от енергоспестяващите средства са съвместими, т.е. могат да се прилагат едновременно, разбира се без механично сумиране на ефекта им.

В [1] е направен изчерпателен анализ на приложимостта на 25 енергоспестяващи средства към различни типове кораби, както и взаимната съвместимост на енергоспестяващите средства.

### 4. Ефективност на кораби в експлоатация

Най-полезните и преки средства на оператора за подобряване поведението на кораба са решенията, взети в съответствие с начина на водене на плаването, за редовната поддръжка и следене на разхода на гориво. Всяко пътуване дава възможност за оптимизиране на скоростта, както и избор на най-добро газене и диферент за съответни условия.

По-добрата енергийна ефективност на корабите е пряко свързана с целите на наскоро наложените от ИМО цели, на плана за управление на енергийната ефективност

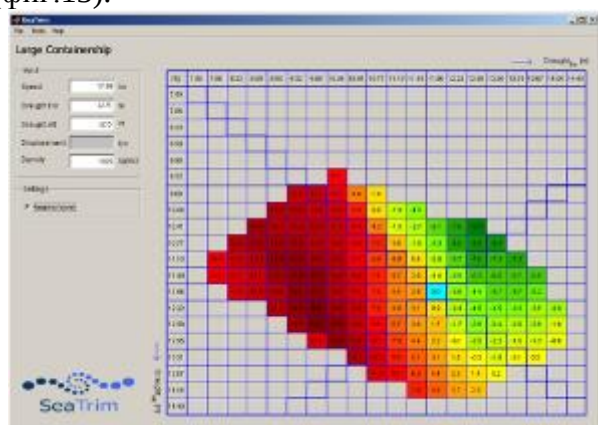


(SEEMP), който е валиден за всички кораби в експлоатация.

Методите за подобрене на ефективността на кораби в експлоатация са:

- Оптимизация на скоростта
- Безопасен и енергийно-ефективен избор на курса
- Оптимизация на газене/диферент

Традиционно корабните форми се проектират и оптимизират за едно или две газения и диференти. Понякога по-малко газене, при малка разлика в диферента, може да предизвика по-голямо съпротивление от по-голямо газене при подходящ диферент. Затова, вече е регулярна практика да се изследват тези ефекти предварително и да се инсталират бордови компютърни системи за консултиране на капитана и карго-плана (фиг.13).



Фиг.13. Пример за бордови оптимизатор на диферента [7]

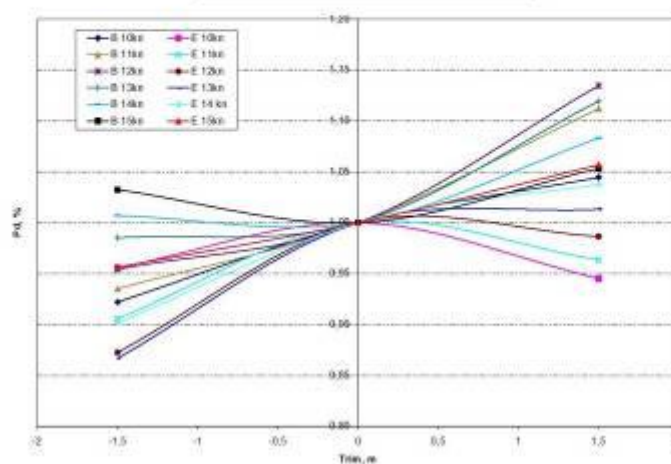
Този метод е подходящ, както за кораби в експлоатация, така и за нови кораби. Подходящ е за всички типове кораби, но най-голяма полза има при такива, плаващи на дълги маршрути. С оглед на вложените разходи и съответните печалби, този метод е може би един от „най-евтините“, както е посочено в следващата таблица.

|                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|---------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Икономии</b>           | Средно 2% намаляване на консумацията на гориво                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| <b>Тип кораби</b>         | Всички кораби, но най-голям ефект при кораби с дълги маршрути                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| <b>Нови/реконструкция</b> | И двете                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| <b>Разходи</b>            | Разходи за добиване на данните са 50000 – 100000 \$ (общо за всички кораби от серия) с помощта на моделни изпитания.<br>Разходи за ефективно ползване на данните (бордови компютърни системи) – 500 – 5000 \$ за кораб.<br>Експлоатационни разходи – за балансиране и времето за карго-планиране за оптимизиране на разпределението на товара. |

Традиционният подход за определяне на оптималния диферент е да се ползват моделни изпитания за оценка на съпротивлението за една матрица от газения и диференти. Препоръчително е да се провеждат, както буксировъчни, така и пропульсивни изпитания, тъй като диферентът, макар да оказва влияние главно върху съпротивлението на кораба, оказва влияние и върху коефициентите на взаимодействие, в резултат върху пропульсивния коефициент. Все повече започва да набира популярност и приложимост използването на компютърна хидродинамика (CFD) като допълнение или заместване на моделните изпитания.

Фигура 14 показва резултатите от изпитания на 19 000 ТДВ асфалтовоз при две газения и вариране на диферента, изпитани в ЦХА – БАН, Варна

| Случай | Диферент |                   |
|--------|----------|-------------------|
| B1     | 1,5      | Диферент на кърма |
| B2     | 0        | Равен кил         |
| B3     | -1,5     | Диферент на нос   |
| E1     | 1,5      | Диферент на кърма |
| E2     | 0        | Равен кил         |
| E3     | -1,5     | Диферент на нос   |



Фиг. 14. Икономия на мощност с изменение на диферента

Видно е, че ефектът на диферента варира както със средното газене, така и със скоростта.

## 5. Предизвикателства пред изпитателните басейни

Въвеждането на новите регулации е критичен момент за изпитателните басейни. Досега, те традиционно провеждаха моделни изпитания на чисто комерсиална основа,

обаче отсега нататък ще бъдат под много по-щателен и критичен контрол от класификационните организации.

Като част от тази регулаторна програма, ИМО вече изисква подробна документация, анализ и сертифициране на експерименталните методики, наблюдения на място и рецензиране на резултатите от моделни изпитания от страна на класификационните организации.

Освен това, експерименталните басейни трябва да имат сертифицирана Система за Управление на Качеството.

## 6. Заключение

Новите регулации на ИМО, свързани с намаляването на емисиите на парникови газове от корабите, поставят нови предизвикателства пред всички страни в морския бизнес: корабособственици, проектанти, изследователски институции по корабна хидродинамика, застрахователни дружества, класификационни организации.

Хидродинамичните средства за повишаване на енергийната ефективност на корабите могат да помогнат значително за удовлетворяване на изискванията.

**Част от работата, докладвана в тази статия е извършена по Проект НН11 "Изследване на възможността за снижение съпротивлението на кораба с въздушна смазка" финансиран от Държавния бюджет, реализиран от екип на ТУ-Варна.**

6. Shuji Mizokami, Manabu Kawakado, Mitsuhiro Kawano, Takeo Hasegawa, Ichiro Hirakawa. Implementation of Ship Energy-Saving Operations with Mitsubishi Air Lubrication System, *Mitsubishi Heavy Industries Technical Review Vol. 50 No. 2 (June 2013)*
7. p8 Performance monitoring and trim optimization.pdf (on the Internet)

## За контакти:

9010 Варна, ул. “Студентска”1  
Технически университет -Варна  
Корабостроителен факултет  
доц. д-р инж. Стефан Кюлевчелиев  
e-mail: stefan.q@bshc.bg  
тел.: 052 383 243

## ЛИТЕРАТУРА

1. ABS, Ship energy efficiency. Status and guidance, [www.eagle.org](http://www.eagle.org)
2. Friedrich Mewis, Propulsionsversuche mit und ohne Mewis Duct®, Schiff & Hafen, Mai 2012, Nr. 5
3. PROMAS. High efficiency propulsion system, [www.rolls-royce.com](http://www.rolls-royce.com)
4. Rolls-Royce proprietary information, 19 September 2013
5. Steven L. Ceccio & Simo A. Mäkiharju, Air Lubrication Drag reduction on Great Lakes Ships, University of Michigan, 9 February 2012

## ВЛИЯНИЕ НА ИЗБОРА НА СИСТЕМАТА НА НАБОРА ВЪРХУ МАСОВИТЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ НА ДВОЙНИЯ БОРД НА КОРАБА

Теодора Андреева - Недялкова

**Abstract:** By the design of the side construction of the ship is a possibility to choose between longitudinal and transverse framing system or to combine them. In present paper are shown results of research of the influence of the framing systems on the mass characteristics of the double side constructions.

**Key words:** combine them, double side constructions

### Въведение

При избора на система на набора в двойните бордове на кораба са възможни следните решения: надлъжна, напречна и комбинирана система на набора. Това е задача, при която водещи могат да бъдат различни съображения:

- *Технологичност на конструкцията* – поради необходимостта от осигуряване на преминаване на голям брой надлъжни греди през напречни рамови връзки се счита, че напречната система на набора е по-добре издържана технологично от надлъжната такава;
- *Условия на работа на конструкцията* – при значителни местни натоварвания, като например ударни натоварвания, обледеняване и други характерни за бордовата конструкция, по-удачният избор би бил напречната система на набора, тъй като при нея се поемат по-добре напречните товари;
- *Участие на конструкцията в общо надлъжно огъване* – напреженията от общо надлъжно огъване в бордовата конструкция имат знак -променлив характер, значително по-ниски са от тези в дъното и палубата, а в района на неутралната ос на напречното сечение са равни на нула, което отново показва, че по-подходяща система на набора на бордовата конструкция би била напречната;
- *Тангенциални напрежения от усукване на корпуса* – докато нормалните напрежения в района на бордовете са с ниски стойности, тангенциалните имат своя максимум в района на неутралната ос, от където следва, че

напречната система е по-подходяща за бордовата конструкция;

- *„Практическо правило”* – гредите от главно направление да са ориентирани успоредно на късата страна на опорния контур – обикновено разликата между височината на борда и височината на двойното дъно има стойност много по-малка от дължината на товарното помещение, с което се потвърждава целесъобразността на избор на напречна система на набора;
- *При надлъжна система на набора* обшивките се получават с по-малка дебелина, което води до намаляване на общото тегло на корпуса;
- *С увеличаване на размерите и особено на дължината на корабите през последните години* значително нараства стойността на огъващите моменти (тъй като дължината в тях участва на втора степен) и все по-трудно се осигурява общата надлъжна якост, което предполага избор на надлъжна система на набора, особено в районите отдалечени от неутралната ос. За бордовата конструкция това би означавало да се избере комбинация между напречна и надлъжна система.

В настоящия доклад ще бъдат представени числени резултати по отношение на това, как се променят теглата на конструкциите като цяло, на надлъжните елементи в тях, на напречните елементи и само на техните обшивки за един линеен метър, при проектиране на бордовата конструкция по надлъжна, по напречна и по смесена система на набора.

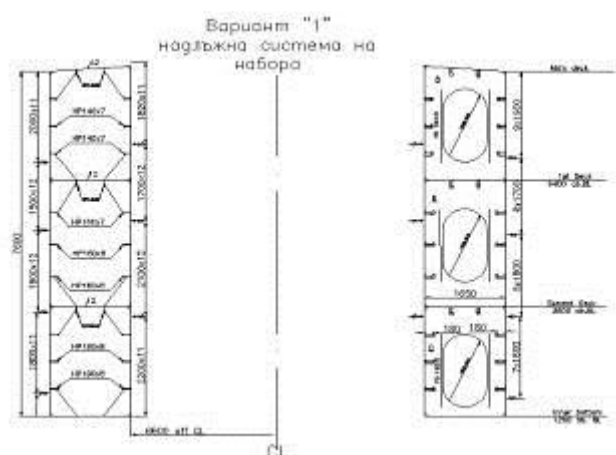
## Изложение

Изследването е направено за многоцелеви кораб, като проектът в областта на двойния борд е изпълнен в три варианта:

- изцяло надлъжна система на набора;
- изцяло напречна система на набора;
- и комбинирана система, при която в

средния район, където се очаква местонахождението на неутралната ос – напречна система, а в другите два района – надлъжна.

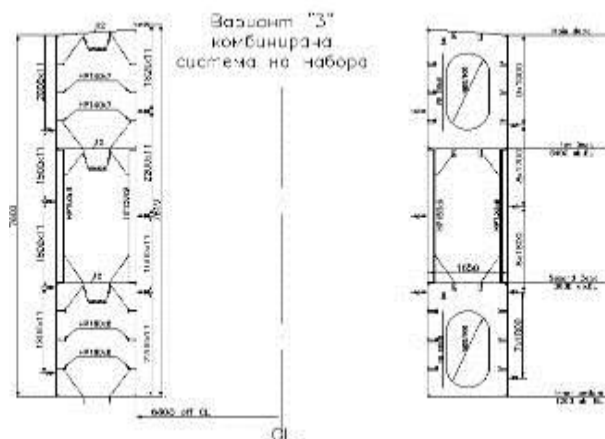
Промяната в системата на набора на конструкцията се осигурява с предвиждане на междинни палуби – платформи. Проектът е реализиран по Правилата на ABS, и е извършена проверка по допустими напрежения от общо надлъжно огъване в еквивалентната гредка и в трите му варианта.



Фиг. 1 Конструкция на двойния борд по надлъжна система на набора



Фиг. 2 Конструкция на двойния борд по напречна система на набора

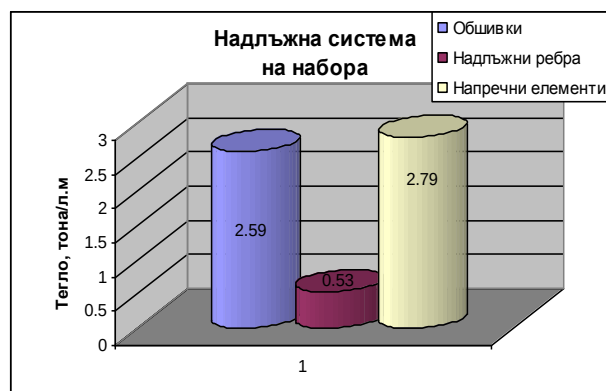


Фиг. 3 Конструкция на двойния борд по комбинирана система на набора

## Резултати

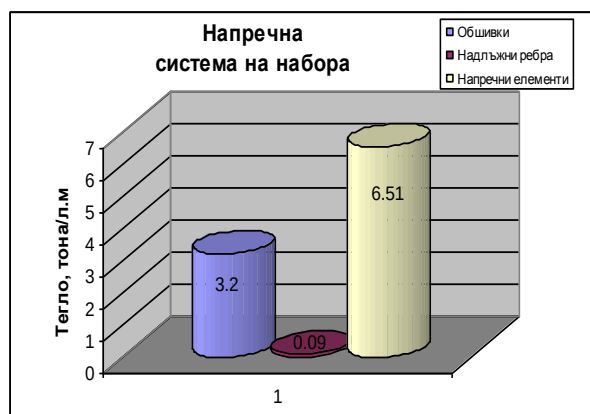
Първите графики представят теглата на конструкциите в трите им варианта, групирани като: надлъжни елементи, напречни елементи и обшивки за 1 л.м.:

- При надлъжна система на набора:



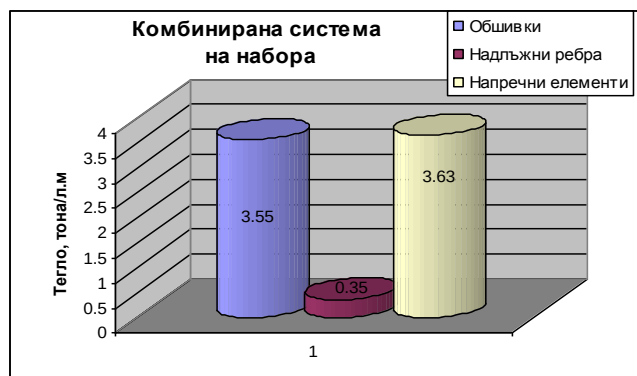
Фиг. 4 Тегло на конструктивните елементи при надлъжна система на набора

- При напречна система на набора:



Фиг. 5 Тегло на елементите на конструкцията при напречна система на набора

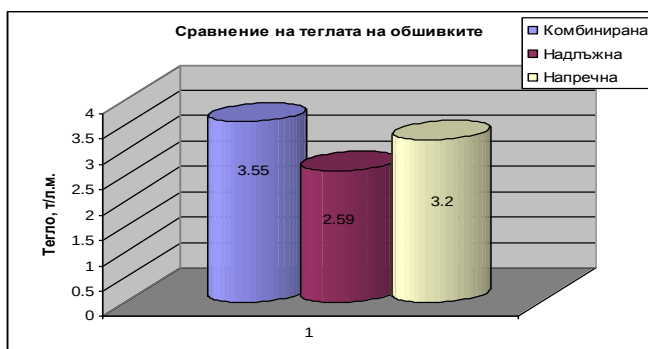
- При комбинирана система на набора:



Фиг. 6 Тегло на елементите на конструкцията при комбинирана система на набора

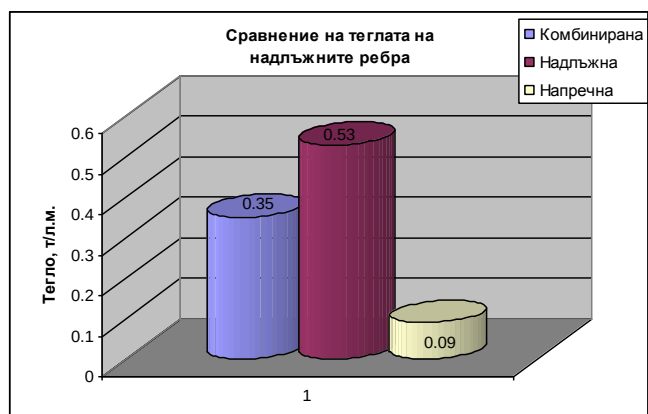
Втората група графики представя сравнение между отделните групи елементи при всеки от вариантите и между общите тегла на конструкциите за 1 л.м

- Обшивки:



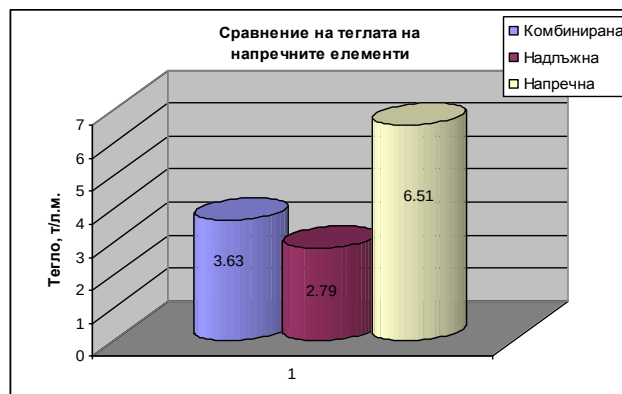
Фиг. 7 Сравнение между теглата на обшивките

- Надлъжен набор



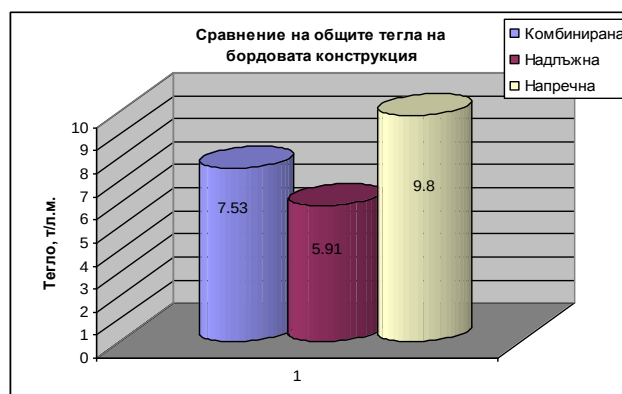
Фиг. 8 Сравнение между теглата на надлъжния набор

- Напречен набор:



Фиг. 9 Сравнение между теглата на напречните елементи

- Общи тегла:



Фиг. 10 Сравнение между общото тегло на конструкцията за 1 л.м.

### Изводи

От така представените резултати могат да се обобщят следните изводи, които да се имат предвид при проектирането и оразмеряването на конструкцията на двойния борд:

- ☞ При комбинираната система на набора **теглото на обшивките** се получава най-голямо, докато при надлъжната система е с най-ниска стойност за 1 л.м.
- ☞ По отношение на **теглото на надлъжните елементи** – то е най-голямо при надлъжната система на набора и естествено – най-малко при напречната система на набора;

- ☞ Обратното важи за **теглото на напречните елементи** – най-висока е стойността на теглото им, когато системата на набора е напречна;
- ☞ Очевидно най-важно е заключението относно **общото тегло на конструкцията на линеен метър** – най-тежка се получава тя при напречната система на набора, която почти според всички съображения в уводната част на доклада е най-предпочитаната за бордовата конструкция и най-лека се получава при надлъжната система на набора;

#### **Заключение**

Имайки предвид технологичните съображения и спецификата на работата на бордовата конструкция и получените резултати следва да се изтъкнат предимствата на това да бъде избрана комбинирана система на набора в двойния борд, като по този начин се постигат едновременно:

- икономия на тегло, която ако се изчисли за целия кораб или дори само за цилиндричната му част е значителна в сравнение с „конвенционалната” напречна система за борда;
- и сравнително добра технологичност на конструкцията;

#### **Литература:**

[1]. ABS Rules for building and classing, Steel ships 2012

#### **За контакти:**

9010 Варна, ул. “Студентска”1  
Технически университет -Варна  
д-р инж. Теодора Андреева - Недялкова,  
главен асистент в Катедра  
”Корабостроене”, 235 УПБ  
e-mail: t.nedjalkova@tu-varna.bg



## ИНФОРМАЦИОНЕН МОДЕЛ ЗА УПРАВЛЕНИЕ НА ЕКОЛОГИЧНАТА СИГУРНОСТ НА ИНДУСТРИАЛНИ ЗОНИ

Христо Крачунов, Николай Корназов

**Резюме:** В представената разработка въз основа на кратка ретроспекция е обоснована необходимостта от разработване на информационен модел за управление на екологичната сигурност на индустриални зони. Формулирани са основните предпоставки за успешното управление на екологичната сигурност. Предложен е информационен модел за управление на екологичната сигурност на индустриални зони и производствени системи. Направени са изводи и заключения.

**Ключови думи:** екологична сигурност, управление, индустриални зони, производствени системи

### 1. Въведение

През последните години засиленият антропогенен натиск върху природата ускорява нейната деградация, води до необратимо изчерпване и унищожаване на ресурсите, поради което запазването и ненарушаването на балансирания обмен между основните екосистеми се превръща в основна цел и смисъл на опазването и възстановяването на околната среда. Днес преходът към устойчиво развитие няма алтернатива, поради което в края на XX и началото на XXI век то се превръща в нова, господстваща парадигма на съвременната цивилизация.

В началото на новото хилядолетие постигането на устойчиво и хармонично развитие е основна задача на научните изследвания и на практическата дейност на всички страни, като основните характеристики на новия модел на икономически растеж са той да бъде устойчив, конкурентен, непрекъснат, интензивен, ефективен (ресурсно и разходоикономичен) и управляем. [1,4] Редица постановки на неокласическата икономическа теория през последните десетилетия са подложени на критика и преразглеждане, на базата на което възникват новите парадигми на съвременната теория за фирмата, включително теорията за корпоративния екологичен мениджмънт, които имат ключово значение за прехода към устойчиво развитие. Прилаганите досега и

вече остарели подходи за управление опазването на околната среда се заменят с нови, съвременни подходи, принципи и стратегии. [1,2,4]

### 2. Ретроспекция

В условията на прилагане на екологичен мениджмънт управлението на предприятията трябва да се осъществява така, че да осигурява изискванията за устойчиво развитие, т.е. в пълно съответствие с изискванията на новата господстваща парадигма на XXI век.

Екологичният мениджмънт (ЕМ) трябва да се превърне в неразделна съставна част от фирмения мениджмънт въобще, да се обособи като самостоятелна функционална подсистема на мениджмънта наред с останалите функционални подсистеми, като маркетинг, производство, иновации, инвестиции, персонал, финанси и др. Разработването на фирмените екологични стратегии, планове и програми трябва да стане неразделна съставна част от общата технология на разработване на стратегическите и тактическите планове и програми на фирмата.

В литературата на ЕМ е отделено достатъчно внимание по разглеждането на етапите, през които преминават различните фирми при прехода от пасивен към активен екологичен мениджмънт [5], на етапите за внедряването на ЕМ [1,5,6,7], както и за

включване на въпросите за опазването на околната среда в схемите и моделите за самооценка и измерване на дейността, а също и в моделите за отлично производство [1,2,4].

В литературата няма разработки за концептуален модел, на базата на който да функционира фирменият екологичен мениджмънт като неразделна съставна част на мениджмънта на фирмата като цяло. [1]

### **3. Основни предпоставки за управление на екологичната сигурност**

Както е известно, за да може да се управлява всяка една дейност, тя трябва да може да се измерва. Има много причини, поради които е необходимо да се измерва състоянието на дадена дейност, но то изпълнява три основни роли [1], а именно:

1. За спазване на стандартите - от изключително важно значение за успешното функциониране на дадена система. Всяка дейност има определени параметри, които се приемат за ключови (критични) и неспазването или нарушаването им може да доведе до санкции и нанасяне на непоправими щети на дадена макро- или микросистема.

2. За проверка на дейността - системата за измерване трябва да дава възможност за констатации и установяване текущото състояние на дейността, за създаване на база за сравнения и за извършване на такива за установяване дали се подобрява или влошава и с какви темпове, да се разкрива мястото на тази дейност спрямо другите страни, региони или организации, да се разкриват причините за недостатъците, да се дават ранни предупредителни сигнали, да се разкриват приоритети и др.

3. За усъвършенстване на дейността (постигане на напредък) - системата за измерване трябва да позволява да се изследва адекватността на различните видове алтернативи и да се прави избор на най-подходящите, да се вземат коригиращи мерки (еволюционно усъвършенстване) или да се променят залегналите в плановете концепции, стратегии и цели, т.е. да се извършват революционни промени.

За реализирането на тези три основни роли системата за измерване на дейността трябва да отговаря на редица изисквания, като: да използва балансиран и комплексен набор от индикатори, които са лесно разбираеми, ефективни, добре структурирани, широкообхватни, да съответстват на дадената система и нейната философия, да дават възможност за действия, водещи до подобряване на дейността и др.

В областта на опазване на околната среда и повишаване на екологичната сигурност, особено на корпоративно ниво, системата на измерване трябва да води до реализиране принципите на корпоративната политика, като: спазване на законодателството и поетите ангажименти пред обществото, спазване на всички корпоративни стандарти и програми в тази област, спазване принципите за непрекъснато подобряване на опазването на околната среда и условията на труда, периодично запознаване на служителите за постигнатите резултати и тяхното мотивиране и др.

Трите основни роли на измерването на дейността трябва умело да се съчетаят с четирите основни направления, през които преминава процесът на управление, а именно:

- проверка на текущото състояние,
- огласяване на състоянието,
- потвърждаване на приоритетите,
- постигане на напредък (усъвършенстване на дейността).

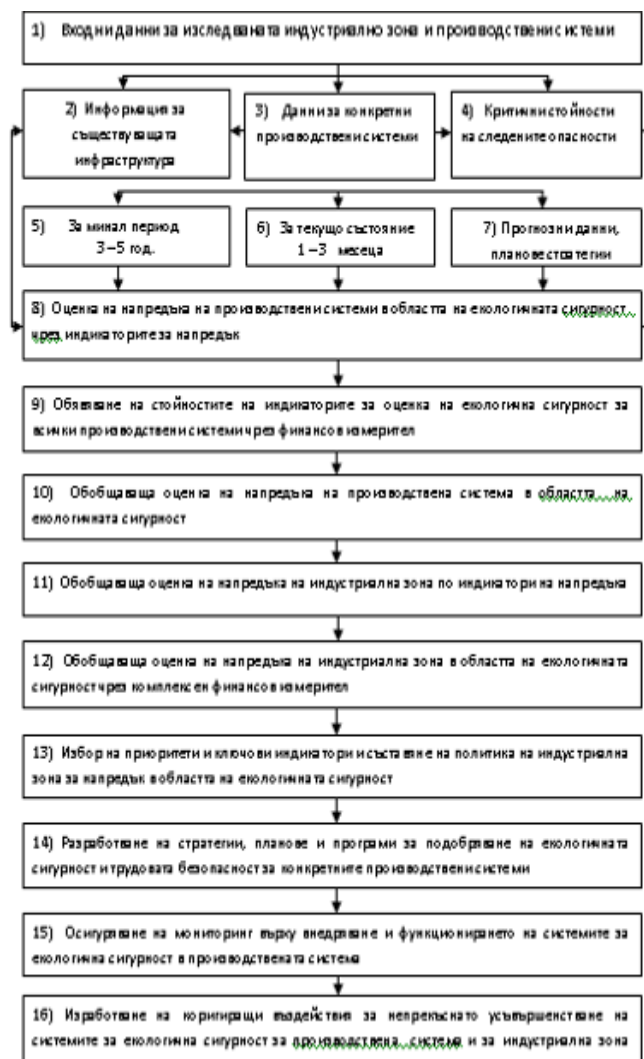
### **4. Информационен модел за управление на екологичната сигурност**

За усъвършенстване и прилагане на единен подход в управление на екологичната сигурност, опазването на околната среда и на трудовата безопасност се предлага модел, даден на фиг.1.

От нея се вижда, че управлението на опазването на околната среда и на трудовата безопасност преминава през основни етапи, като всеки етап се подразделя на фази или под етапи и дейности.

Първият етап има за цел установяване, оценка и анализ на състоянието на екологичната сигурност, опазването на

околната среда и на трудовата безопасност във фирмите.



Фиг.1. Модел за управление опазването на екологичната сигурност на индустриални зони и производствени системи

Този етап включва блокове 1, 2, 3, 4, 5, 6:

- установяване на състоянието;
- сравняване със стандартите, с дадена база или поставени собствени цели;
- установяване на отклоненията, измерване и оценка на рисковете и изготвяне на анализи.

За реализирането на този модел се извършват редица по-конкретни дейности, като:

- дефиниране на целите и обхвата на анализа,
- определяне на проблемните области,
- събиране на информация, нейната обработка и систематизиране,

- оценка на рисковете,
- изготвянето на анализи и др.

За изследване, оценка и анализ на индикаторите на екологичната сигурност е необходимо да се използва специално разработена методика.

Вторият етап има за цел обявяване на стойностите на индикаторите за екологична сигурност и състоянието за опазването на околната среда и на трудовата безопасност във фирмите (блокове 8,9).

Той обхваща документиране на резултатите от анализа и от оценката на риска, разгласяване и информиране на заинтересованите групи в индустриалната зона във фирмите - мениджъри, персонал, акционери и др., както и извън нея - доставчици, общини, общество.

Целта на информирането е да бъдат насочени и мобилизирани усилията на всички предприятия и юридически субекти и гражданското общество към решаване на нерешените проблеми, към засилване на тяхната съпричастност и отговорност за отстраняване на грешките и ликвидиране на слабите места в дейностите, както и за повишаване на имиджа пред партньорите и обществото.

Третият етап има за цел разработване на стратегии, планове и програми за опазване на околната среда, за екологичната сигурност и подобряване на условията на труд и намаляване на травматизма и заболяемостта на персонала, за недопускане на крупни промишлени аварии и ликвидиране на последствията от тях.

Този етап обхваща ранжиране и избор на екологични приоритети на база на оценката на рисковете, определяне и избор на стратегия, разработване на конкретни планове и програми, конкретизиране на тактическите задачи в индивидуални (блок 7,10,11,12,13,14).

Такива планове и програми в зависимост от конкретните условия могат да се отнасят до:

- програма за реконструкция и модернизация на отделни обекти и инсталации и за промени в характера на производството;

- програма за реконструкция на биологични пречиствателни съоръжения;

- програма за проектиране и изграждане на нови съоръжения за физико-химическо пречистване на отпадни води;

- програма за редуциране водопотреблението на свежа и питейна вода и комплексна химическа преработка на отпадните води.

- програма за привеждане дейността към изискванията на екологичните стандарти и законодателството, както и към изискванията на собствените завишени стандарти;

- програма за създаване на система за комплексен мониторинг на околната среда и изхвърляните във въздуха вещества;

- програма за ликвидиране на стари екологични щети и исторически замърсители;

- програма за усъвършенстване структурата на произвежданите продукти и производство на екологични чисти и безопасни продукти и др.

Четвъртият етап има за цел внедряване, реализация и контрол на изпълнението на плановете и програмите с екологична сигурност за предизвикване на напредък, при това по-висок от изискванията на екологичното законодателство. Той обхваща изпълнение на програмите, мониторинг върху състоянието на околната среда и трудовата безопасност, както и върху функционирането на системите, извършване на коригиращи действия при необходимост, както и непрекъснато усъвършенстване на управлението на тези дейности. (блок 15,16)

## 5. Изводи и заключения

1. Предлагаият модел дава възможност да се прави оценка не само на състоянието на екологичната сигурност и на трудовата безопасност, но и на процеса на тяхното управление.

За оценка на нивото на процеса на управление на тези дейности могат да се дадат оценки за изпълнението на всеки етап.

2. Оценките изборът на индикатори и критичните им стойности могат да се направят от собствени и/или външни експерти или да бъдат дадени под формата на самооценка на нивото на фирмения ме-

ниджмънт и мениджмънта на индустриалните зони.

3. За осъществяване управлението на екологичната сигурност на базата на този модел, могат да бъдат разработени и предложени конкретни методики за изследване и оценка на индикаторите на околната среда и на нейното опазване, методика за оценка на условията на труда, трудовия травматизъм и на заболяемостта, както и методика за оценка (самооценка) на равнището на управление на екологичната сигурност във всяка отделна производствена система.

4. Представеният доклад е разработен по проект ПД10/2013г. „Разработване на информационна система за екологична сигурност на индустриални зони в Р.България” на ТУ - Варна

## 6. Използвана литература

1. Владимиров Л. Теория на трансграничната екологична сигурност, ВСУ „Черноризец Храбър”, Варна, 2012, 635с.

2. Владимиров Л. Рискметрия в екологичната сигурност, ВСУ „Черноризец Храбър”, Варна, 2009, 279с.

3. Закон за защита при бедствия (обн., ДВ, бр.102(2006г.))

4. Томов В., Христов П., Ненова А. Екологична сигурност, ВСУ „Черноризец Храбър”, Варна, 2007, 535с.

5. Steger U., Umweltmanagementsysteme - Fortschritt oder heisse Luft, Fraunhofer/MTA, 2000.

6. Marcus P.A., Willig J.T., Moving Ahead With ISO 14000: Improving Environmental Management and Advancing, New York, 1997.

7. Нийли А., Перспективи за развитие на бизнеса, С. 2001.

### За контакти:

Христо Атанасов Крачунов,  
доцент доктор инж., ръководител  
катедра „Екология и опазване на околната  
среда” при Факултет по морски науки и  
екология, Технически Университет – Варна,  
9010, ул. ”Студентска” №1, тел.: 0899 902 978,  
e-mail: tipa\_expert@abv.bg

## КОМПЛЕКСНО ИЗСЛЕДВАНЕ НА ЗАВАРЕНИ СЪЕДИНЕНИЯ С ВГРАДЕНИ НЕЦЯЛОСТНОСТИ

Варвара Веселинова – Гутева; Биляна Димчева Димова

**Abstract:** The publication is dedicated to the study of complex welded joints with built – discontinuity **type B** «slag inclusions and metallic inclusions», **type D** «cavities» and **type E** «cracks». The influence of the type, size, location number and characteristics of embedded discontinuity on the acoustic and mechanical properties of the tested welds are studied.

**Key words:** discontinuity in welded joints, non – destructive testing methods, destructive methods, acoustic characteristics, physical – mechanical characteristics.

### 1. ВЪВЕДЕНИЕ.

Публикацията е посветена на комплексното изследване на заварени съединения с вградени нецялостности от **тип В** «шлакови включвания и метални включвания», от **тип D** «непровари» и от **тип E** «пукнатини». Изследвано е влиянието на вида, размерите, разположението, броя и характеристиките на вградените нецялостности върху акустичните и механични характеристики на изследваните неразглобяеми заварени съединения.

Познаването на акустичните и механичните характеристики на заварените съединения е от съществено значение при разработване на оптимални ултразвукови методики за безразрушителен контрол, при проектиране на оптимални конструкции и при оптимизиране на технологичните процеси за реализиране на неразглобяеми заварени съединения. В изследването на сложната структура на съединението «заваръчен шев и основни метали» се открояват няколко подхода за схематизация: като «**изотропен материал**» с характеристики отлични от тези на основните метали «с и без отчитане на геометрията» [Волков А.И. и др. 1994; Кирпичан Д.Е. 1997]; като «**единичен кристал с кубична симетрия**» [Silk M.G. 1999] и като «**ортотропен материал**» [Лозев М. 1994].

Установяването на акустичните и на физико – механичните характеристики на заварените съединения значително се усложнява при наличие на нецялостности в зоната на заваръчния шев. Необходимо е съставяне на «**теоретичен подход**» за определяне на акустичните и механичните характеристики

на заварени съединения в зависимост от вида, броя, размерите, разположението и характеристиките на нецялостностите, който да бъде апробиран върху реални заварени конструкции; или съставяне на «**експериментален подход**», резултатите от който да получат съответните теоретични потвърждения.

Образците са подготвени за «**Х-образен шев**». Данните за изкуствено вградените нецялостности в шева за отделните серии образци са посочени в таблица 1. Операцията заваряване за част от образците е изпълнена «**ръчно**» с апарат тип «Кракра ИЗА – 500», на «**обратна полярност**», при «**сила на ток 85А**», с електрод марка «Nort», с диаметър «**d = 2,5 мм**»; а за образците от останалите серии е изпълнена по «**ВИГ-метод**, при използване на газ «аргон, с разход 9 L.min<sup>-1</sup>» със заваръчен апарат инверторен тип марка «Invertec V-400», при «**сила на ток 68А**», с добавъчен материал «**тел от стомана 20, помеднена**», с диаметър «**d = 1.2 мм**».

### 2. БЕЗРАЗРУШИТЕЛЕН КОНТРОЛ НА ЗАВАРЕНИ СЪЕДИНЕНИЯ.

За всички серии образци са направени радиограми на заваръчните шевове. Съгласно указанията на нормативните документи за оценяване на радиограмите са **определени: вида, относителния размер, честотата** на нецялостностите в изследвания нормиран участък, а това позволява **да се установи степента и класа** на дефектност на заварените съединения. Обобщените резултатите са представени в таблица 2.

Таблица 1. **ДАННИ ЗА ВГРАДЕНИТЕ НЕЦЯЛОСТНОСТИ В ИЗСЛЕДВАНИТЕ ЗАВАРЪЧНИТЕ ШЕВА**

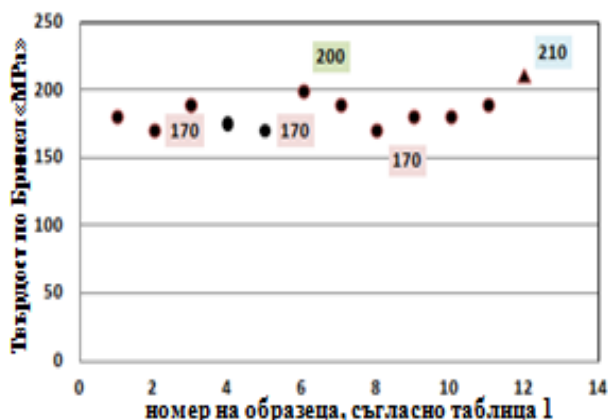
| № НА СЕРИЯТА | ВИД НА ВГРАДЕНИТЕ НЕЦЯЛОСТНОСТИ    | БРОЙ НА ВГРАДЕНИТЕ НЕЦЯЛОСТНОСТИ В ШЕВА | ХАРАКТЕРНИ РАЗМЕРИ НА НЕЦЯЛОСТНОСТИТЕ «ММ» | РАЗПОЛОЖЕНИЕ НА НЕЦЯЛОСТНОСТИТЕ |
|--------------|------------------------------------|-----------------------------------------|--------------------------------------------|---------------------------------|
| 1.           | без вградена нецялоостност         |                                         |                                            |                                 |
| 2.           | без вградена нецялоостност         |                                         |                                            |                                 |
| 3.           | волфрам – парче електрод           | една нецялоостност                      |                                            | едностранно                     |
| 4.           | волфрам – парче електрод           | две нецялоостности                      |                                            | двустрочно                      |
| 5.           | корунд                             | една нецялоостност                      |                                            | едностранно                     |
| 6.           | шлака                              |                                         |                                            |                                 |
| 7.           | камък                              | една нецялоостност                      | «5 x 6»                                    | едностранно                     |
| 8.           | камък                              | две нецялоостности                      | «4,4x2,7» и «4,5x3,6»                      | двустрочно                      |
| 9.           | корунд                             | две нецялоостности                      |                                            | двустрочно                      |
| 10.          | непровар                           |                                         |                                            |                                 |
| 11.          | камък                              | две нецялоостности                      | «4,5x3,8» и «5,6x3,5»                      | едностранно                     |
| 12.          | еталонен образец без заваръчен шев |                                         |                                            |                                 |

Таблица 2. **РЕЗУЛТАТИ ОТ РАДИОГРАФИЧНИЯ КОНТРОЛ НА ИЗСЛЕДВАНИТЕ ОБРАЗЦИТЕ**

| № НА ИЗСЛЕДВАНИЯ ОБРАЗЕЦ И ВЪВЕДЕНИ ОЗНАЧЕНИЯ                              | 3.<br> | 4.<br> | 5.<br> | 6.<br> | 7.<br>>.<   | 8.<br>>:<   | 9.<br> | 10.<br> | 11.<br>>..< |
|----------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|-------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| ВИД НА ВГРАДЕНИТЕ НЕЦЯЛОСТНОСТИТЕ В ШЕВА                                   | <b>Вс</b>                                                                                 | <b>Вс</b>                                                                                 | <b>Ва</b>                                                                                 | <b>Еа</b>                                                                                 | <b>Ва</b>   | <b>Ва</b>   | <b>Ва</b>                                                                                   | <b>Дс</b>                                                                                    | <b>Вб</b>   |
| ХАРАКТЕРЕН РАЗМЕР НА НЕЦЯЛОСТНОСТИТЕ В «Х – ММ»                            | <b>3</b>                                                                                  | <b>2,5</b>                                                                                | <b>1,4</b>                                                                                |                                                                                           | <b>5</b>    | <b>4</b>    | <b>3,5</b>                                                                                  | <b>7</b>                                                                                     | <b>5,6</b>  |
| ОТНОСИТЕЛЕН РАЗМЕР НА НЕЦЯЛОСТНОСТИТЕ «W – %»                              | <b>30</b>                                                                                 | <b>25</b>                                                                                 | <b>14</b>                                                                                 |                                                                                           | <b>50</b>   | <b>40</b>   | <b>35</b>                                                                                   | <b>70</b>                                                                                    | <b>56</b>   |
| СТЕПЕН НА ДЕФЕКТНОСТ НА ЗАВАРЪЧНИЯ ШЕВ СПОРЕД РАЗМЕРА НА НЕЦЯЛОСТНОСТИТЕ   | <b>3</b>                                                                                  | <b>3</b>                                                                                  | <b>2</b>                                                                                  |                                                                                           | <b>4</b>    | <b>4</b>    | <b>4</b>                                                                                    | <b>5</b>                                                                                     | <b>5</b>    |
| ЧЕСТОТА НА НЕЦЯЛОСТНОСТИТЕ «ВС» В ИЗСЛЕДВАНИТЕ НОРМИРАНИ УЧАСТЪЦИ «N – %»  | <b>3</b>                                                                                  | <b>2,5</b>                                                                                | <b>1,4</b>                                                                                |                                                                                           | <b>5</b>    | <b>4</b>    | <b>3,5</b>                                                                                  | <b>7</b>                                                                                     | <b>5,6</b>  |
| СТЕПЕН НА ДЕФЕКТНОСТ НА ЗАВАРЪЧНИЯ ШЕВ СПОРЕД ЧЕСТОТАТА НА НЕЦЯЛОСТНОСТИТЕ | <b>1</b>                                                                                  | <b>1</b>                                                                                  | <b>1</b>                                                                                  |                                                                                           | <b>1</b>    | <b>1</b>    | <b>1</b>                                                                                    | <b>1</b>                                                                                     | <b>1</b>    |
| СЪКРАТЕНИ ОЗНАЧЕНИЯ НА ВГРАДЕНИТЕ НЕЦЯЛОСТНОСТИ                            | <b>Вс31</b>                                                                               | <b>Вс31</b>                                                                               | <b>Ва21</b>                                                                               | <b>Еа</b>                                                                                 | <b>Ва41</b> | <b>Ва41</b> | <b>Ва41</b>                                                                                 | <b>Дс51</b>                                                                                  | <b>Вб51</b> |
| КЛАС НА ДЕФЕКТНОСТ НА ИЗСЛЕДВАНИТЕ ЗАВАРЪЧНИ СЪЕДИНЕНИЯ                    | <b>3</b>                                                                                  | <b>3</b>                                                                                  | <b>2</b>                                                                                  |                                                                                           | <b>5</b>    | <b>5</b>    | <b>5</b>                                                                                    | <b>5</b>                                                                                     | <b>5</b>    |



Резултатите, относно твърдостта по Бринел «*HB*» за всички серии образци в зоната на заваръчния шев «*I зона, при  $\ell = 0$* », в зоните на основните метал «*III зона, при  $\ell = \pm 10$  мм*» и в преходните зони на шева «*II зона, при  $\ell = \pm 8$  мм*» са представени на фигура 1. Характерният размер на нецялостностите оказва слабо влияние върху твърдостта по Бринел «*HB*» на заварените съединения, но разположението им оказва съществено влияние. При образци с едностранно разположение на вградените нецялостности в шева твърдостта по Бринел «*HB*» е по – голяма в сравнение с тази при двустранно разположение на нецялостностите.



Фиг.1. Връзка между твърдостта на материала, разположението, броя и вида на вградените нецялостности в изследваните заварени съединения.

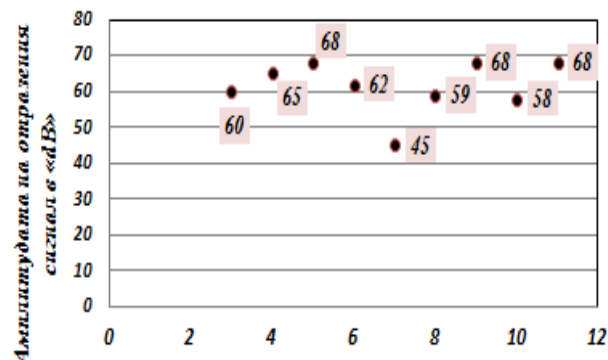
Основната задача на проведения ултразвуков безразрушителен контрол е откриването, локализирането и определянето на еквивалентните размери на вградените нецялостности в изследваните заварени образци. За изпълнение на така формулираната задача са определени **амплитудата** на отразения сигнал *A* «*dB*», **акустичния тракт** *L* «*мм*» и **дълбочината** на разположение на нецялостностите в шева *h* «*мм*». Получените резултати са обобщени, част от тях графично са представени на фигури 2, 3, 4, и 5; и аналитично – чрез зависимостите (1) и (2):

$$(1.) \text{при } R^2 = 0,9773A^{\text{«»}} = 0,3033. x^2 - 1,5165. x + 65,162$$

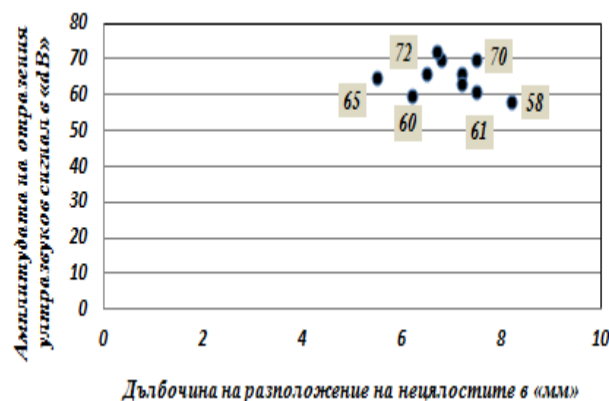
$$(2.) \text{при } R^2 = 0,9666A^{\text{«»}} = 0,5376. x^2 - 0,1613. x + 52,043$$

където:  $A^{\text{«»}}$  и  $A^{\text{«»}}$  са съответно амплитудите на отразеният сигнал при едностранно и двустранно разположение на нецялостностите в шева «*dB*»; *x* е характерен размер на

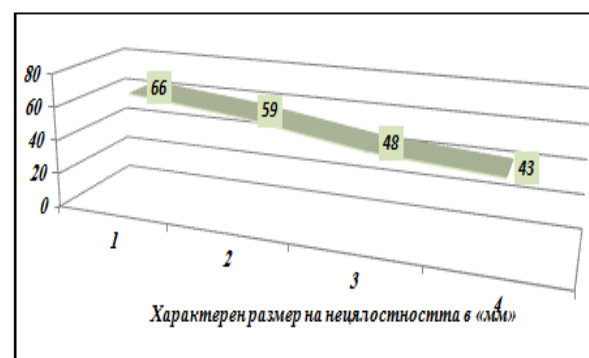
вградената нецялостност в «*мм*». Графичните зависимости дават достатъчно нагледна представа за влиянието на характерния размер на вградените нецялостности върху амплитудата на отразения сигнал тя се изменя в интервала «*40÷70 dB*» за изследваните об-



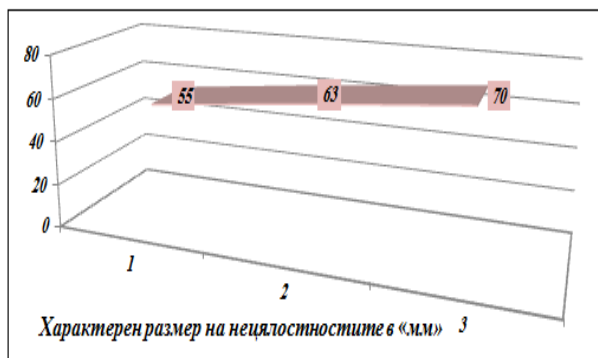
Фиг.2. Зависимост между амплитудата на отразения ултразвуков сигнал, разположението, броя и вида на вградените нецялостности в изследваните заварени съединения.



Фиг.3. Зависимост между амплитудата на отразения ултразвуков сигнал и дълбочина на разположение на вградените нецялостности в изследваните заварени съединения.



Фиг.4. Зависимост между амплитудата на отразения ултразвуков сигнал, разположението, размерите и вида на едностранно вградените нецялостности в изследваните заварени съединения.



Фиг.5. Зависимост между амплитудата на отразения ултразвуков сигнал, броя, вида и характерния размер на вградените двустранно нецялостности в изследваните заварени съединения.

разци. Броят на вградените нецялостности и тяхното разположение в шева оказват влияние върху амплитудата на отразения сигнал. **Например:** при вградена една нецялостност «камък» с характерен размер « $x=5\text{мм}$ » амплитудата на отразения сигнал е  $A^{*}=50\text{dB}$ ; при вградени две нецялостности «камък» с характерен размер « $x=5\text{мм}$ » и едностранно разположени в зоната на шева амплитудата на отразения сигнал е  $A^{*}=60\text{dB}$ . Установява се, че влиянието на вградените нецялостности от корунд върху амплитудата на отразения сигнал, се отразява по-слабо, тя се изменя в интервала –  $A = 59\div 62\text{ dB}$ . Този факт се дължи на различните стойности на акустичното съпротивление на материалите при различните вградени нецялостности в заварените съединения.

### 3. РАЗРУШИТЕЛНИ ИЗПИТВАНИЯ НА ЗАВАРЕНИ СЪЕДИНЕНИЯ

Вградените нецялостности оказват влияние върху механичните характеристики на основния материал и на заварените съединения. Това се установява от работните диаграми « $P - \Delta l$ » получени в резултат от разрушителните изпитвания на образците при центричен опън. Измененията нямат само количествен характер, те имат и качествено отражение, което се изразява в сгъстяване на характерни точки и отпадане на характерни участъци от работните диаграми. **Например:** намаляване продължителността на процеса провлачане т.е. съкращаване на площадката на провлачане; намаляване продължителността на допълнителното уякчаване на материала, отпадане на етапите формиране и разрушаване на шийката. Регистрираните

изменения обуславят промяна в поведение-то на изследваните съединения в процеса на разрушаване, като се наблюдава преход от пластично към крехко разрушаване. Експерименталните резултати за всички серии образци са обобщени, графично представени на фигури 6.÷ 8. и аналитично чрез зависимостите:

$$(3.) \text{ при } R^2 = 0,5846$$

$$\sigma_s^{*} = 3,5101 \cdot x^2 - 2,5455 \cdot x + 367,467$$

$$(4.) \text{ при } R^2 = 0,8754$$

$$\sigma_s^{*} = 2,9787 \cdot x^2 - 2,1535 \cdot x + 264,414$$

$$(5.) \text{ при } R^2 = 0,7415$$

$$\sigma_v^{*} = 3,5101 \cdot x^2 - 38,401 \cdot x + 428,460$$

$$(6.) \text{ при } R^2 = 0,5846$$

$$\sigma_s^{*} = 3,5101 \cdot x^2 - 2,5455 \cdot x + 367,467$$

$$(7.) \text{ при } R^2 = 0,8754$$

$$\sigma_s^{*} = 2,9787 \cdot x^2 - 2,1535 \cdot x + 264,414$$

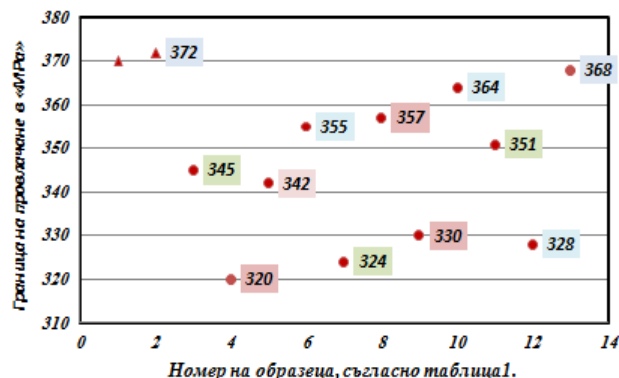
$$(8.) \text{ при } R^2 = 0,7415$$

$$\sigma_v^{*} = 3,5101 \cdot x^2 - 38,401 \cdot x + 428,460$$

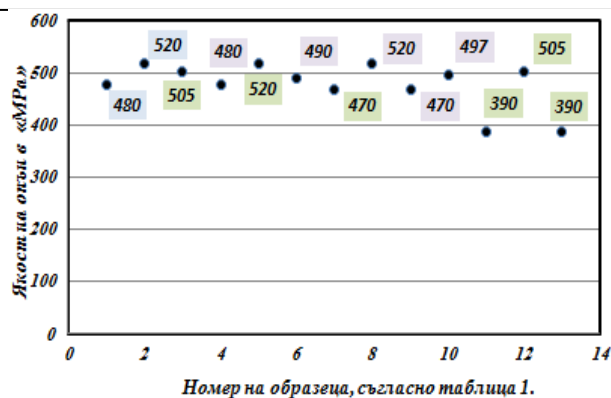
където:  $\sigma_s^{*}$ ;  $\sigma_v^{*}$ ;  $\sigma_{уст.}^{*}$  са установените механичните характеристики при опън за образци с едностранно вградени нецялостности в заваръчните шевове – «МРа»;

$\sigma_s^{*}$ ;  $\sigma_v^{*}$ ;  $\sigma_{уст.}^{*}$  са установените механичните характеристики при опън за образци с двустранно вградени нецялостности в заваръчните шевове – «МРа»;

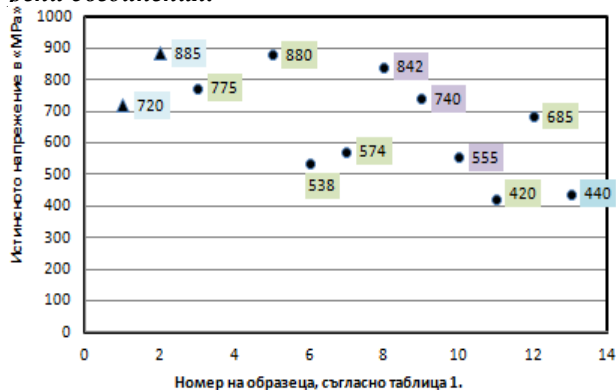
$x$  е характерния размер на вградена-та нецялостност в шева – «мм».



Фиг.6. Зависимост между границата на провлачане, разположението, броя, вида и характерния размер на вградените нецялостности в изследваните заварени съединения.



Фиг. 7. Зависимост между якостта на опън, разположението, броя, вида и характерния размер на вградените нецялостности в изследваните заварени съединения.



Фиг. 8. Зависимост между истинското напрежение, разположението, броя, вида и характерния размер на вградените нецялостности в изследваните заварени съединения.

Сравнявайки експерименталните резултати за механичните характеристики: границата на провлачане  $\sigma_s$ , якостта при опън  $\sigma_B$  и истинското напрежение  $\sigma_{ист}$  за образците със заварени съединения без вградени нецялостности и за образците без заварени съединения, се установява, че подготовката и изпълнението на процеса заваряване са подходящо подобрени.

#### 4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На базата на проведените експериментални изследвания върху образци със заварени съединения с изкуствено вградени нецялостности от **типа В** «шлакови включвания и метални включвания», от **типа Д** «непровари» и от **типа Е** «пукнатини» са обобщени оценките за амплитудата на отразените ултразвукови сигнали **A**, за границата на провлачане  $\sigma_s$ , якостта при опън  $\sigma_B$  и за истинското напрежение  $\sigma_{ист}$ . Построени са работните диаграми за всеки образец и е детерминиран вида на разрушаването. **Доказано** е определящото влияние на размерите,

местоположението, броя и акустичното съпротивление на вградените нецялостности върху изследваните характеристики и са получени нови данни за тях. **Установено е**, че изследваните характеристики са носители на информация относно броя, местоположението, размерите и вида на вградените нецялостности в заварените съединения, което ги определя като диагностични параметри и **е желателно** да намерят приложение при разработване на нови методи за диагностика и безразрушителен контрол. **Предстои** тези резултати да бъдат допълнени след изследване на заварени съединения с вградени нецялостности от **типа А** «пори» и да се предложи обобщена, единна методика за апробиране на подхода върху реални заварени конструкции.

#### БЛАГОДАРНОСТИ.

Обобщените и представени резултати са част от фундаментални изследвания относно дълготрайността на конструкционни материали, подложени на променливи натоварвания. Изследванията са подкрепени и финансирани по научен проект ДУНК-01/3 към «Фонд Научни изследвания» при «Министерството на образованието, младежта и науката», България.

#### ЛИТЕРАТУРА:

- Волков А.С.; И.Н. Армолов; Л.В. Басацкая; И.А. Вятков; В.С. Гребенник. Прохождение ультразвуковых волн через границу сплавления аустенитного шва. Дефектоскопия, 2004, 5, 8377.
- Ермолов И.Н. Теория и практика ультразвукового контроля. Москва, Машиностроение, 1991.
- Лозев М.Г. Безразрушителен контрол на заварени съединения в химическото машиностроение, София, ИМБМ – БАН, 1994.
- Kuperman D.E.; N.I. Fiore. Role of microstructure in ultrasonic inspectability of austenitic stainless steel welds. Material evaluation, 2007, 36, 76.
- Silk M.; G.B. Lidington; G.F. Hammond. A time domain approach to crack location and sizing in austenitic welds. British Journal of NDT, 1999, 55 – 61.

#### За контакти:

доц. д-р инж. **Варвара Веселинова – Гутева**  
9010 Технически университет – Варна  
служебен телефон: 052 383 576  
GSM 0894 645 313 gutevavv@abv.bg

доц. д-р инж. **Биляна Димчева Димова**  
1000 Технически университет – София  
служебен телефон: 02 383 576  
GSM 9888 866 531 bdimova@tu-sofia.bg

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

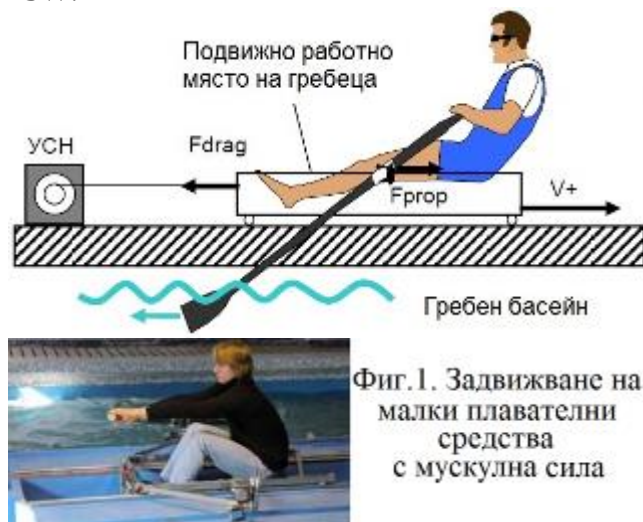
Никола Петров, Владимир Йорданов, Стефан Кюлевчелиев, Вели Велиев

**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.



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 хранване на електровинтови агрегати на относително бавноходни малки плавателни средства.

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

Фотоволтаичната система, която хранва 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).

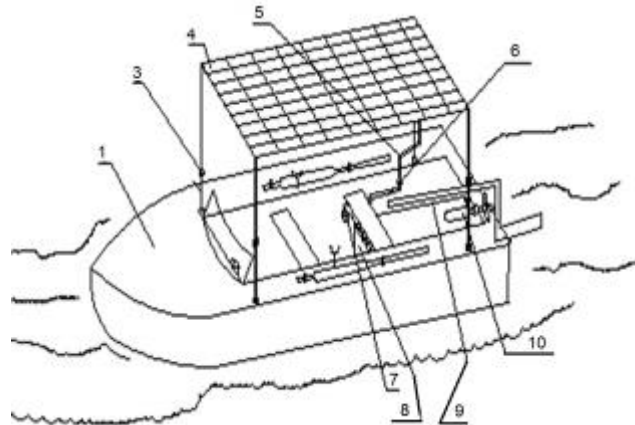


Фиг.3. Схема на фотоволтаична система

Този вид системи са най-използвани в централна Европа [1] за хранване 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.

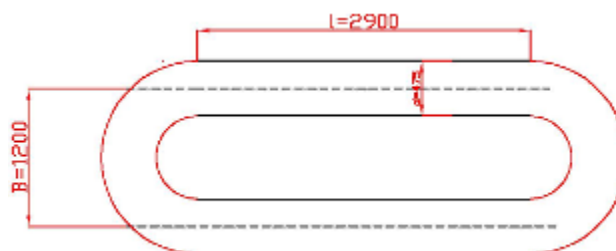
Основното количество електроенергия, необходимо за хранване на електровинтовите агрегати, тласкащи МПС се доставя от фотоволтаични модули, като така съществено се намалява капацитета на акумулаторните батерии и се увеличава значително тяхната автономност. Това се постига като на известна височина над 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 -  $l=2900\text{мм}$ .
- 2.Дължина на носовото заостряне -  $l_1=200\text{мм}$ .
- 3.Дължина на опашната част -  $l_2=300\text{мм}$ .
- 4.Диаметър на понтона -  $d=475\text{мм}$ .
- 5.Разстояние между понтоните -  $B=1200\text{мм}$ .
- 6.Газене -  $200\text{мм}$ .

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 -  $CP = 0,55 - 0,80$ ;

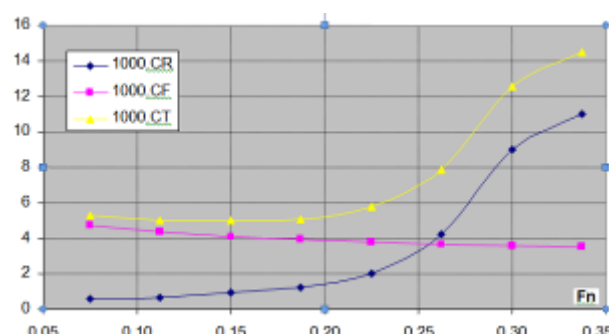
Относително разстояние между корпусите  $2b/L = 0,2$  до  $0,5$ , където:  $L$  – дължина на корпуса, м;  $\nabla$  – обемно водоизместване на полукорпуса,  $m^3$ ;  $2b$  – разстояние между диаметралните равнини на полукорпусите, м.

#### Размери на полукорпуса

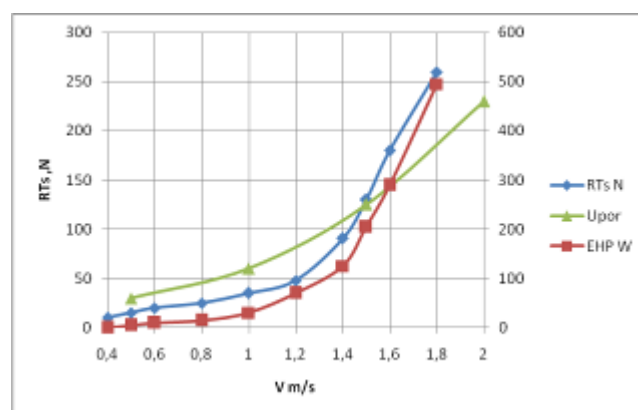
- Дължина  $L=2,9$  м      Ширина  $B=0,447$  м  
Газене  $T=0,2$  м
- Обемно водоизместване  $\nabla=0,175 m^3$
- Мокра повърхност  $S=2 m^2$
- Относително удължение  
 $l = \frac{L}{\nabla^{1/3}} = 5.18$
- $CB=0,675$ ;     $CM=0,764$ ;     $CP=0,884$ ;  
 $B/T=2,236$ ;     $L/B=6,485$
- Разстояние 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   | Fn     | CR               | Rn       | CF               | CT               | RTs<br>Полу-<br>корпус | RTs<br>Гол<br>корпус | RTs<br>с изд.<br>части | EHP   |
|-----|--------|------------------|----------|------------------|------------------|------------------------|----------------------|------------------------|-------|
| m/s | --     | .10 <sup>3</sup> | --       | .10 <sup>3</sup> | .10 <sup>3</sup> | N                      | N                    | N                      | W     |
| 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 |

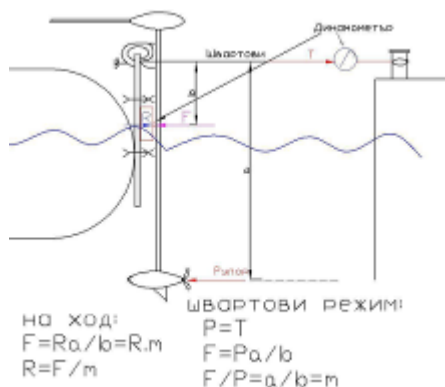
Таблица 1. Изчисляване на съпротивлението и буксировъчната мощност на МПС

### 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).

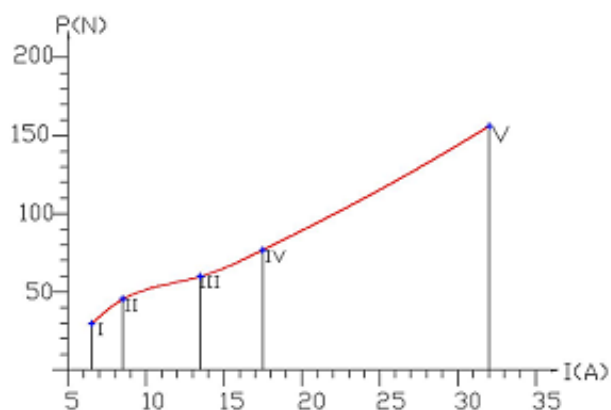


**Фиг. 9. Измерване на тока на двигателя с ампер-клещи с голям обхват**



**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 електро-винтови 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

## ОПРЕДЕЛЯНЕ СПЕЦИФИЧНИЯ РАЗХОД НА ГОРИВО ЗА ДВИГАТЕЛИ MAN DIESEL ТИП “МС-С” И “МЕ” ПРИ ОГРАНИЧЕН ДИАПАЗОН НА НАТОВАРВАНЕТО

Владимир Йорданов

**Abstract:** At the stage of ship initial design, the main engine specific fuel oil consumption (SFOC) usually can be estimated by means of graphical dependencies. This work considers analytical method for determination of SFOC for MAN Engines type “MC-C” and “ME”, which is based on various analytical dependencies, worked out in the paper. These dependencies allow to estimate the different meanings of SFOC at various engine loadings and accordingly to determine the optimal meanings of SFOC.

**Key words:** specific fuel oil consumption, approximating dependencies, engine loadings.

### 1. Въведение

Разходите за гориво съставляват повече от 50% от експлоатационните разходи на кораба. За повишаване ефективността на експлоатация на кораба се използват различни методи, като един от тях е намаляване разходите за гориво на кораба чрез подбор на главен двигател (ГД) с минимален специфичен разход на гориво (СРГ) - specific fuel oil consumption (SFOC) при съответното натоварване. На началните етапи на проектиране енергетичните запаси от гориво за кораби с ГД MAN Diesel се определят на базата на съответните графични зависимости на СРГ от натоварването на ГД осигуряващ проектната скорост на кораба.

Определянето на СРГ по графични зависимости е трудоемък процес свързан с разход на време. За облекчаване и ускоряване на този процес в настоящата работа са разработени аналитични зависимости за определяне на СРГ на ГД MAN Diesel.

### 2. Определяне на специфичния разход на гориво (СРГ) за двигатели MAN Diesel по графични зависимости

Специфичният разход на гориво е една от основните характеристики на двигателите и се дава от фирмата MAN Diesel с толеранс от 5% и въз основа на използването на гориво с калоричност 42700 kJ/kg (~10200 kcal/kg) при условия на околната среда съгласно ISO 3046-1:2002(E) и ISO 15550:2002(E):

- температура на обкръжаващия въздух 25 °C;
- атмосферно налягане 1000 mbar;

- температура на охлаждащата вода за въздухоохладителя 25 °C.

Графичният метод за определяне на СРГ за двигатели MAN Diesel е илюстриран на фиг.1 за ГД тип S60ME-C8 (за винт с фиксирана крачка и високоефективен турбокомпресор) [1].

Контрактната точка М (съвпадаща с оптимизационната точка О) е подбрана в мощностното поле на ГД (diagram 2) при мощност 85% и честота на въртене 90% относно параметрите в т.Л1. През т.М е прекарана пунктирна линия успоредна на линията L1÷L3 до пресичането и с трите наклонени линии от diagram 1, съответстващи последователно на 100%, 70% и 50% натоварване на ГД.

Точките на пресичане определят редуцията  $\Delta SFOC$  на СРГ при съответното натоварване на ГД:  $\Delta SFOC_{100}$ ,  $\Delta SFOC_{70}$  и  $\Delta SFOC_{50}$ . За тези три натоварвания на ГД се определя и СРГ (SFOC) по формула 1:

$$SFOC = SFOC_{L1} + \Delta SFOC \quad (1)$$

където :

$SFOC_{L1}$  – е СРГ в g/(kW.h) на ГД при номиналната максимална продължителна мощност MCR (за точка L1 от фиг.1-diagram2 при 100% натоварване на ГД);

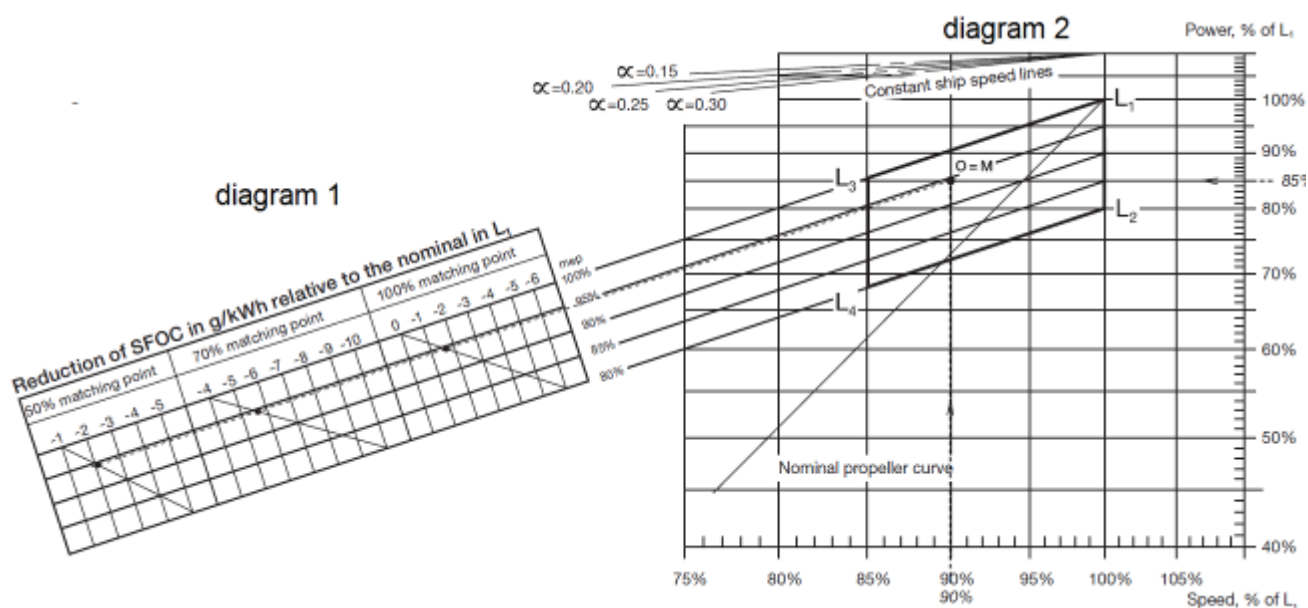
$SFOC_{L1} = 171$  g/(kW.h) за ГД S60ME-C8;

$\Delta SFOC$  – е редуция на СРГ в зависимост от натоварването на ГД (фиг.1- diagram1).

На базата на получените стойности за  $\Delta SFOC$  и SFOC (таблица 1) се построява съответната графична зависимост за тяхното

изменение в зависимость от натоварването на ГД MAN Diesel тип S60ME-C8.

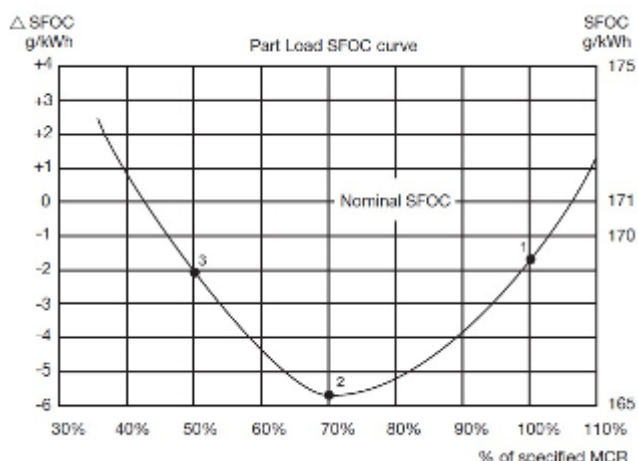
Построената въз основа на данните от таблица 1 графична зависимост на  $\Delta SFOC$  и  $SFOC$  е показана на фиг.2.



Фиг. 1. Графично определяне на  $\Delta SFOC$  за ГД MAN Diesel тип S60ME-C8.

| Power in | Part load points |        | $\Delta SFOC$<br>g/kWh | $SFOC$<br>g/kWh |
|----------|------------------|--------|------------------------|-----------------|
| 100% O   | 1                | 100% M | -1.7                   | 169.3           |
| 70% O    | 2                | 70% M  | -5.7                   | 165.3           |
| 50% O    | 3                | 50% M  | -2.1                   | 168.9           |

Таблица 1. Стойности на  $\Delta SFOC$  и  $SFOC$  при три варианта на натоварване на MAN Diesel тип S60ME-C8 [1]



Фиг. 2. Зависимост на  $\Delta SFOC$  и  $SFOC$  от натоварването на ГД MAN Diesel тип S60ME-C8

### 3. Аналитично определяне на специфичния разход на гориво за двигатели MAN Diesel

Определянето на СРГ по илюстрирания графичен метод е трудоемък процес, особено при определянето на СРГ за различни типове ГД например при подбора на ГД за машинно отделение измежду много варианти двигатели.

За ускоряване на този процес за определяне на СРГ, в настоящата работа са разработени различни аналитични зависимости целящи облекчаване на описаната процедура. Разработените аналитичните зависимости са получени на базата на апроксимация на графичните зависимости от фиг.1, отнасящи се за двигатели MAN Diesel тип "MC-C" и "ME" с ограничен диапазон на натоварването [2]: по честота на въртене  $n=85\div 100\%$  и по мощност  $P=80\div 100\%$ .

По-старите ГД MAN B&W имат по-малък брой видове мощностни полета [2] в сравнение със съвременните ГД MAN Diesel, които имат повече видове мощностни полета със следните диапазони [3] :

- ❖ с широк диапазон на натоварване на ГД:
  - $n = 75\div 100\% \quad P = 80\div 100\%$ ;
  - $n = 80\div 100\% \quad P = 80\div 100\%$ ;
- ❖ с ограничен диапазон на натоварване на ГД:
  - $n = 85\div 100\% \quad P = 80\div 100\%$ ;
  - $n = 84\div 100\% \quad P = 80\div 100\%$ ;



❖ с тесен диапазон на натоварване на ГД:

$$n = 90 \div 100\% \quad P = 80 \div 100\% ,$$

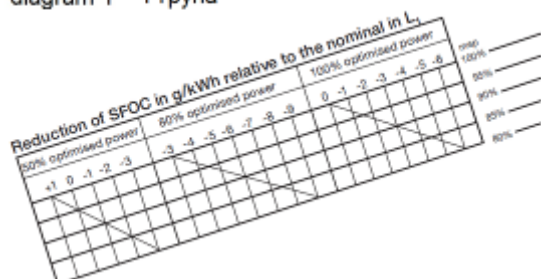
$$n = 93 \div 100\% \quad P = 80 \div 100\% .$$

От указаните по-горе видове мощностни полета на ГД MAN Diesel са подбрани като обект на изследване двигателите с ограничен диапазон на натоварването, тъй като те включват най-много типове двигатели. Обработени са данните за общо 20 двигателя MAN Diesel тип ”MC-C” и ”ME”, като за по-точното измерване на стойностите на параметрите  $n$  и  $P$  са използвани средствата на AutoCad. Апроксимирането на графичните зависимости за СРГ на 20 двигателя MAN Diesel е извършено въз основа на метода на най-малките квадрати [4] и средствата на MathCAD и EXCEL.

Получените аналитични зависимости за определяне на  $\Delta SFOC$  на посочените ГД (за винт с фиксирана крачка) са групирани в 5 групи в зависимост от вида на diagram 1 и са следните:

1)1 група - за двигатели S50ME-B8, S50MC-C8, S60ME-B8, S60MC-C8, S70MC-C8, L60MC-C8

diagram 1 - 1 група



$$\Delta SFOC_{50} = d_{11} + m_{11} \cdot e^{[a \cdot \ln(n) + b \cdot \ln(P) + c]} \quad (2)$$

$$\Delta SFOC_{80} = d_{12} + m_{12} \cdot e^{[a \cdot \ln(n) + b \cdot \ln(P) + c]} \quad (3)$$

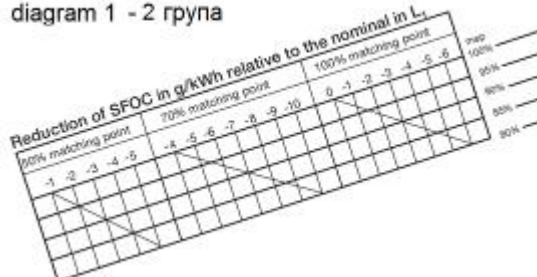
$$\Delta SFOC_{100} = d_{13} + m_{13} \cdot e^{[a \cdot \ln(n) + b \cdot \ln(P) + c]} \quad (4)$$

, където:

- $n$  - честота на въртене, %;
- $P$  – мощност, %;
- $a = -0,99200460933$ ;
- $b = 0,99518253094$ ;
- $c = 4,58945739482$ ;
- $d$  - коефициент от таблица 2;
- $m$  - коефициент от таблица 3.

2)2 група - за двигатели S50ME-C8, S60ME-C8, S65ME-C8, S70ME-C8, L60ME-C8, K80ME-C6

diagram 1 - 2 група



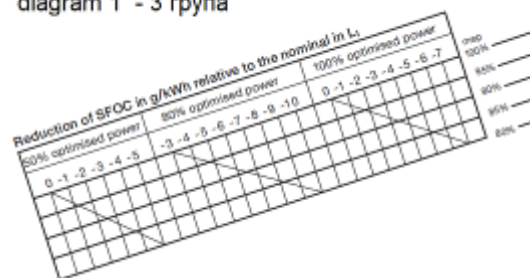
$$\Delta SFOC_{50} = d_{21} + m_{21} \cdot e^{[a \cdot \ln(n) + b \cdot \ln(P) + c]} \quad (5)$$

$$\Delta SFOC_{70} = d_{22} + m_{22} \cdot e^{[a \cdot \ln(n) + b \cdot \ln(P) + c]} \quad (6)$$

$$\Delta SFOC_{100} = d_{23} + m_{23} \cdot e^{[a \cdot \ln(n) + b \cdot \ln(P) + c]} \quad (7)$$

3)3 група - за двигатели S80MC-C8, K80MC-C6, S90MC-C8, K90MC-C6

diagram 1 - 3 група



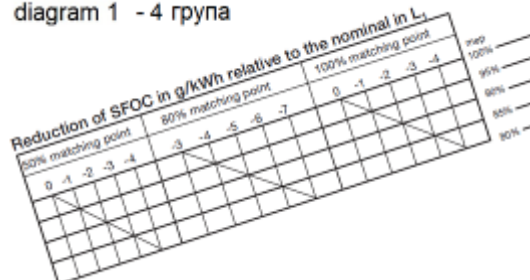
$$\Delta SFOC_{50} = d_{31} + m_{31} \cdot e^{[a \cdot \ln(n) + b \cdot \ln(P) + c]} \quad (8)$$

$$\Delta SFOC_{80} = d_{32} + m_{32} \cdot e^{[a \cdot \ln(n) + b \cdot \ln(P) + c]} \quad (9)$$

$$\Delta SFOC_{100} = d_{33} + m_{33} \cdot e^{[a \cdot \ln(n) + b \cdot \ln(P) + c]} \quad (10)$$

4)4 група - за двигатели S35ME-B9, S40ME-B9, S46ME-B8

diagram 1 - 4 група

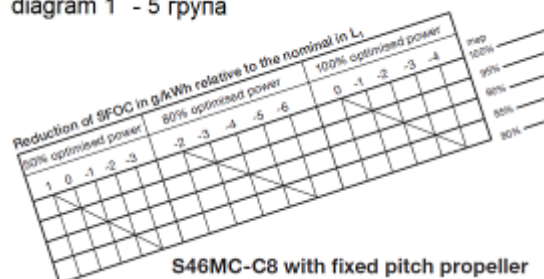


$$\Delta SFOC_{50} = d_{41} + m_{41} \cdot e^{[a \cdot \ln(n) + b \cdot \ln(P) + c]} \quad (11)$$

$$\Delta SFOC_{80} = d_{42} + m_{42} \cdot e^{[a \cdot \ln(n) + b \cdot \ln(P) + c]} \quad (12)$$

$$\Delta SFOC_{100} = d_{43} + m_{43} \cdot e^{[a \cdot \ln(n) + b \cdot \ln(P) + c]} \quad (13)$$

5)5 група - за двигател S46MC-C8  
diagram 1 - 5 група



$$\Delta SFOC_{50} = d_{51} + m_{41} \cdot e^{[a \cdot \ln(n) + b \cdot \ln(P) + c]} \quad (14)$$

$$\Delta SFOC_{80} = d_{52} + m_{42} \cdot e^{[a \cdot \ln(n) + b \cdot \ln(P) + c]} \quad (15)$$

$$\Delta SFOC_{100} = d_{53} + m_{43} \cdot e^{[a \cdot \ln(n) + b \cdot \ln(P) + c]} \quad (16)$$

Стойностите на коефициентите **d** и **m** са приведени в таблиците 2 и 3.

| n | d <sub>1,n</sub> | d <sub>2,n</sub> | d <sub>3,n</sub> |
|---|------------------|------------------|------------------|
| 1 | -20              | -33              | -30              |
| 2 | -21              | -34              | -30              |
| 3 | -25              | -38              | -35              |
| 4 | -20              | -23              | -20              |
| 5 | -19              | -22              | -20              |

Таблица 2. Стойности на коефициентите **d** от апроксимиращите формули (2) ÷ (16)

| n | m <sub>1,n</sub> | m <sub>2,n</sub> | m <sub>3,n</sub> |
|---|------------------|------------------|------------------|
| 1 | 0,2              | 0,3              | 0,3              |
| 2 | 0,2              | 0,3              | 0,3              |
| 3 | 0,25             | 0,35             | 0,35             |
| 4 | 0,2              | 0,2              | 0,2              |
| 5 | 0,2              | 0,2              | 0,2              |

Таблица 3. Стойности на коефициентите **m** от апроксимиращите формули (2) ÷ (16)

На основата на разработените аналитични зависимости (2)÷(16) за всеки конкретен ГД от разгледаните по горе 20 типа двигатели MAN Diesel може аналитично да се определи СРГ за съответното натоварване на ГД. По известни параметри на натоварването

(честота на въртене – **n**,% и мощност - **P**,%) се определят три стойности на  $\Delta SFOC$  по тези формули от (2) до (16), които се отнасят за ГД от съответната група двигатели. По формула (1) се определят и съответните три стойности на SFOC и се построява полиномиална крива от втори ред през трите точки чрез средствата на EXEL или MathCAD. Получената крива описва зависимостта на  $\Delta SFOC$  и SFOC от натоварването на ГД. Стойността на СРГ в точка **M** ( $SFOC_M$ ), съвпадаща с оптимизационната точка **O** се определя по формула (17):

$$SFOC_M = SFOC_{L1} + \Delta SFOC_{100} \quad (17)$$

където :

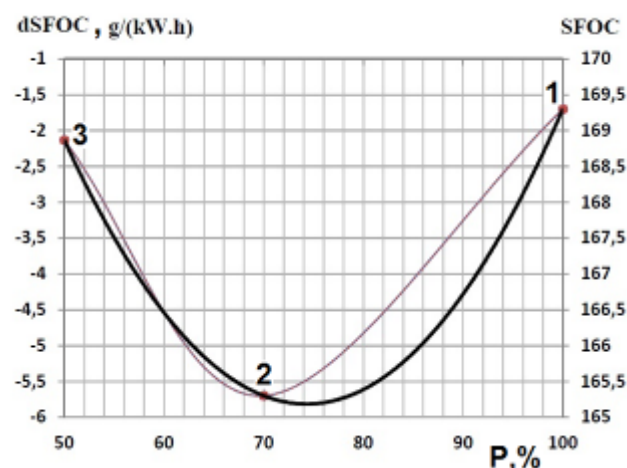
$SFOC_{L1}$  – е СРГ в g/(kW.h) на ГД в точка **L1**;

$\Delta SFOC_{100}$  – е редукия на СРГ в g/(kW.h) при 100% натоварване на ГД.

На основата на данните за примера от част 2 за ГД MAN Diesel тип S60ME-C8 (за винт с фиксирана крачка и високоефективен турбокомпресор) в таблица 4 и на фиг.3 са показани резултатите от аналитичното определяне на  $\Delta SFOC$ .

| Part load points |       | dSFOC    | SFOC      |
|------------------|-------|----------|-----------|
| 1                | 100%M | -1,69887 | 169,30113 |
| 2                | 70%M  | -5,69887 | 165,30113 |
| 3                | 50%M  | -2,13258 | 168,86742 |

Таблица 4. Аналитично определени стойности на  $\Delta SFOC$  и SFOC за MAN Diesel тип S60ME-C8



Фиг. 3. Аналитично определяне на зависимостта на  $\Delta SFOC$  и SFOC от натоварването на MAN Diesel S60ME-C8



Средно-квадратичното отклонение на аналитично определените по апроксимиращите формули стойности на  $\Delta SFOC$  и  $SFOC$  от съответните им стойности съгласно примерните данни на ГД MAN Diesel съставлява  $\sigma = 0,0188342$ .

#### 4. Изводи и заключение

Разработените в доклада аналитични зависимости позволяват да се определи побързо (в сравнение с графичния метод) и с достатъчна точност специфичния разход на гориво за главни двигатели MAN Diesel тип ”MC-C” и ”ME” с ограничен диапазон на натоварването и за винт с фиксирана крачка по известни входни параметри на натоварването (честота на въртене –  $n, \%$  и мощност –  $P, \%$ ).

Аналитичното определяне на СРГ също така спомага за облекчаване на процеса за определяне на експлоатационните разходи за гориво и на корабните запаси от гориво. Освен това се облекчава и процесът на подбор на ГД с оптимален СРГ за машинно отделение и определянето на конструктивния индекс за енергийна ефективност на кораба ( $EEDI, g-CO_2/t.nm$ ) въведен от световната морска организация (IMO) от 1 януари 2013 изискващ определяне на СРГ при 75% натоварване на ГД [5].

#### Литература

- [1] MAN B&W S60ME-C8-GI-TII. Project Guide. Electronically Controlled Two-stroke Engines, 1st Edition, April 2010.
- [2] Yordanov V.A. Estimation of the specific fuel oil consumption for ship's engines at various loadings. - Seventh International Conference of Marine Science and Technology Black Sea 2004 Proceedings, Varna, Bulgaria, Oct.7-9, 2004, Volume I, pp.233-238
- [3] <http://www.mandieselturbo.com/lowspeed>.
- [4] Львовский Е.Н. Статистические методы построения эмпирических формул. Москва, Высшая школа, 1988.
- [5] Йорданов В.А. Подбор на главни корабни двигатели тип MAN Diesel за машинно отделение по комплексен критерий. Морски научен форум. Том 1. Корабна енергетика. ВВМУ "Н.Й.Вапцаров", Варна, 2013.

За контакти:

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

ас., д-р инж. Владимир Йорданов,  
e-mail: [vyordanov@tu-varna.bg](mailto:vyordanov@tu-varna.bg)

## ВЛИЯНИЕ НА ВЪЗДЕЙСТВИЕТО С УЛТРАЗВУК ВЪРХУ ОХЛАЖДАЩАТА СПОСОБНОСТ НА СРЕДИ ЗА ЗАКАЛЯВАНЕ

Димитър Ставрев, Огнян Жеков

**Abstract:** There has been studied the effect of ultrasound with 40kHz frequency on the cooling ability of different mediums for hardening steels: water, transformer oil, water solutions of the polymer zakalin (2, 4, 6 and 8%). The effect with ultrasound leads to accelerated breaking of the steam jacket, rising the speed of cooling in the second stage (bubbling) and lowers the speed of cooling in the third interval (convective heat exchange). The cooling media with 6% zakalin upon the effect with ultrasound has the characteristics, similar these of the oil. Upon the effect with ultrasound the oil has better characteristics rather than without the effect (within the pearlite interval  $V_{500}$  is 184°C/s compared to 54°C/s).

**Key words:** heat treatment, hardening, steels, cooling mediums, ultrasound.

### 1. Въведение

Закаляването е вид термична обработка, която се провежда с над-критична скорост на охлаждането, осигуряваща структура, наречена мартензит. При надкритична скорост на охлаждане протича бездифузионното превръщане на аустенита в мартензит. Различните охлаждащи среди имат различни кинетични криви на охлаждане. Избирането на подходящи среди за охлаждане в зависимост от вида на стоманите е от съществено значение за качествено им закаляване.

На практика обаче няма такава среда, охлаждащата способност на която да отговаря на необходимите изисквания (ако тя охлажда интензивно в областта на аустенитно-перлитното превръщане, тя охлажда интензивно и в областта на мартензитното превръщане, нещо, което е неблагоприятно за тази температурна област). Ето защо за всеки конкретен случай се постъпва индивидуално в зависимост от състава на стоманата, формата и размерите на детайлите и т.н. [2, 3, 5, 6]. Съществуват данни, че подаването на ултразвук в охлаждащите среди (масло и солни разтвори) води до увеличаване на охлаждащата им способност [1].

**2. Целта е изследване на охлаждащата способност на течни среди за закаляване** – вода, трансформаторно масло и водни разтвори (2, 4, 6, 8%) на полимера закалин и въздействието на ултразвука върху охлаждащата им способност.

Закалинът е доставен във вид на течна

вещество - производство на “Верила Лубрикантс” АД - София.

Експеримента протича при следната последователност: нагрята до 830°C сребърна сфера с диаметър 20 mm със запоена термодвойка от хромел-алумел, се потапя в охлаждащата среда и с помощта на персонален компютър използвайки програмата LabVIEW записваме кривата на охлаждане ( $T=f(t_{\text{охл.}})$ ). Получената функция се диференцира с помощта на програма Mathcad и получаваме функциите  $V_{\text{охл.}} = f(t)$ ,  $V_{\text{охл.}} = f(T_{\text{охл.}})$ .

Използва се ултразвуков излъчвател Volcano Expert-M на фирмата Грийн Мастър Груп с акустична мощност 15W и работна честота 40 kHz, който се потапя в охлаждащата среда.

**3. Резултатите от изследванията са представени таблично в табл.1 и 2, и на фигури от 1 до 7.**

В табл.1 са представени обобщените резултати за максималната скорост на охлаждане  $V_{\text{max}}$ , °C/s, всеки един от 10-те варианта на охлаждане, с и без въздействие на ултразвук. Посочени са скоростите на охлаждане  $V$ , °C/s за перлитният интервал (500-600°C) и за мартензитния (300-200°C).

В табл.2 са посочени данните на началото на втория стадий на охлаждане (мехурчесто кипене) – температура  $T^{\text{II}}$ , °C и  $t^{\text{II}}$ , s както и температурата на началото на третия стадий (конвективен топлообмен) –  $T^{\text{III}}$ , °C и времето при което настъпва -  $t^{\text{III}}$ , s при същите условия както е указано за табл.1.

Таблица 1. Максимална скорост на охлаждане и скорост на охлаждане в перлитният и мартензитният интервал

| №                                                                                | Охлаждащи среди | Макс. скорост, $V_{\max}, ^\circ\text{C/s}$ при $T, ^\circ\text{C}$ |         | Скорост на охлаждане, $V_{\text{охл}}, ^\circ\text{C/s}$ |                      |                      |                      |
|----------------------------------------------------------------------------------|-----------------|---------------------------------------------------------------------|---------|----------------------------------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
|                                                                                  |                 | Температура                                                         | Скорост | Перлитен интервал                                        | Мартензитен интервал |                      |                      |
|                                                                                  |                 |                                                                     |         | 600 $^\circ\text{C}$                                     | 500 $^\circ\text{C}$ | 300 $^\circ\text{C}$ | 200 $^\circ\text{C}$ |
| Охлаждащи среди с температура 20 $^\circ\text{C}$                                |                 |                                                                     |         |                                                          |                      |                      |                      |
| 1                                                                                | масло           | 405                                                                 | 198     | 46                                                       | 54                   | 25                   | 3                    |
| 2                                                                                | вода            | 248                                                                 | 571     | 235                                                      | 262                  | 398                  | 411                  |
| 3                                                                                | закалкин 2%     | 134                                                                 | 173     | 65                                                       | 63                   | 60                   | 61                   |
| 4                                                                                | закалкин 4%     | 141                                                                 | 103     | 45                                                       | 45                   | 64                   | 52                   |
| 5                                                                                | закалкин 6%     | 518                                                                 | 183     | 121                                                      | 156                  | 70                   | 52                   |
| 6                                                                                | закалкин 8%     | 500                                                                 | 230     | 115                                                      | 230                  | 92                   | 33                   |
| Среди под въздействието на ултразвук с $f=40\text{ kHz}$ при 20 $^\circ\text{C}$ |                 |                                                                     |         |                                                          |                      |                      |                      |
| 7                                                                                | масло           | 509                                                                 | 193     | 78                                                       | 184                  | 24                   | 8                    |
| 8                                                                                | закалкин 2%     | 533                                                                 | 296     | 202                                                      | 200                  | 140                  | 59                   |
| 9                                                                                | закалкин 4%     | 551                                                                 | 242     | 220                                                      | 170                  | 40                   | 50                   |
| 10                                                                               | закалкин 6%     | 566                                                                 | 235     | 142                                                      | 213                  | 71                   | 44                   |

Таблица 2. Температури и време на началото на втори ( $T^{\text{II}}, t^{\text{II}}$ ) и трети ( $T^{\text{III}}, t^{\text{III}}$ ) стадий на охлаждането

| №                                                                                | Охлаждащи среди | $T^{\text{II}}, ^\circ\text{C}$ , $t^{\text{II}}, \text{s}$ на началото на втори стадий |                           | $T^{\text{III}}, ^\circ\text{C}$ , $t^{\text{III}}, \text{s}$ на началото на трети стадий |                            |
|----------------------------------------------------------------------------------|-----------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|
|                                                                                  |                 | $T^{\text{II}}, ^\circ\text{C}$                                                         | $t^{\text{II}}, \text{s}$ | $T^{\text{III}}, ^\circ\text{C}$                                                          | $t^{\text{III}}, \text{s}$ |
| Охлаждащи среди с температура 20 $^\circ\text{C}$                                |                 |                                                                                         |                           |                                                                                           |                            |
| 1                                                                                | масло           | 460                                                                                     | 8                         | 325                                                                                       | 9,4                        |
| 2                                                                                | вода            | 650                                                                                     | 1                         | 125                                                                                       | 3,4                        |
| 3                                                                                | закалин 2%      | 710                                                                                     | 1,6                       | 140                                                                                       | 10,2                       |
| 4                                                                                | закалин 4%      | 750                                                                                     | 1,2                       | 130                                                                                       | 14,2                       |
| 5                                                                                | закалин 6%      | 740                                                                                     | 2,1                       | 300                                                                                       | 4                          |
| 6                                                                                | закалин 8%      | 620                                                                                     | 4,8                       | 270                                                                                       | 7                          |
| Среди под въздействието на ултразвук с $f=40\text{ kHz}$ при 20 $^\circ\text{C}$ |                 |                                                                                         |                           |                                                                                           |                            |
| 7                                                                                | масло           | 560                                                                                     | 4,5                       | 400                                                                                       | 5,7                        |
| 8                                                                                | закалин 2%      | 710                                                                                     | 1,5                       | 300                                                                                       | 3,4                        |
| 9                                                                                | закалин 4%      | 750                                                                                     | 1,6                       | 750                                                                                       | 3,6                        |
| 10                                                                               | закалин 6%      | 750                                                                                     | 1,6                       | 350                                                                                       | 4,9                        |

Максимална е скоростта  $V_{\max}$  при морската вода - 571 $^\circ\text{C/s}$ , а минимална  $V_{\max}$  - има закалин при 4% - 103 $^\circ\text{C/s}$ .

При 200 $^\circ\text{C}$  (в мартензитният интервал) - минималната  $V_{\text{охл}}$  имат масло - 3 $^\circ\text{C/s}$ , а максимална скорост има морската водата - 411 $^\circ\text{C/s}$ .

От табл.2 се вижда, че втория интервал (на мехурчесто кипене) започва при най-високата температурата  $T^{\text{II}}$  при 4 и 6% закалин с ултразвук - 750 $^\circ\text{C}$  при  $t^{\text{II}}=1.6, \text{s}$ , а най-ниска температура  $T^{\text{II}}$  е при масло (при  $t^{\text{II}}=8\text{s}$ ) – 460 $^\circ\text{C/s}$ .

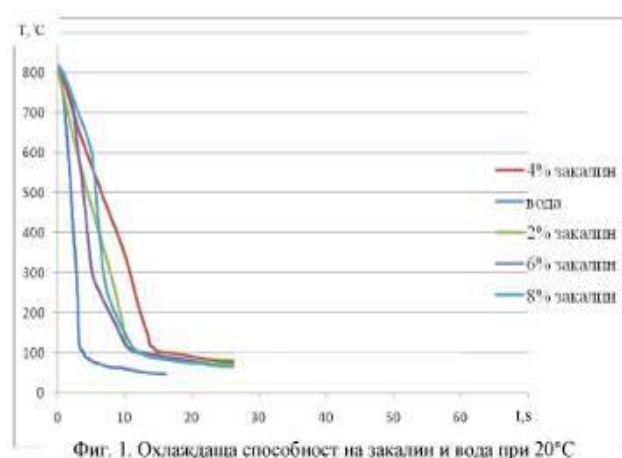
750 $^\circ\text{C/s}$  е най-високата температура за началото на третия стадий (конвективен топлообмен)  $T^{\text{III}}$  при 4% закалин с ултразвук (при  $t^{\text{II}}=3.6\text{s}$ ), а най-ниска при температура  $T^{\text{III}}$  при водата (при  $t^{\text{II}}=3.4, \text{s}$ ) – 125 $^\circ\text{C}$ .

На фиг.1 са показани температурните криви при охлаждане във водни разтвори на (2, 4, 6, 8%) закалин сравнени с аналогична крива на водопроводна вода. Всички разтвори

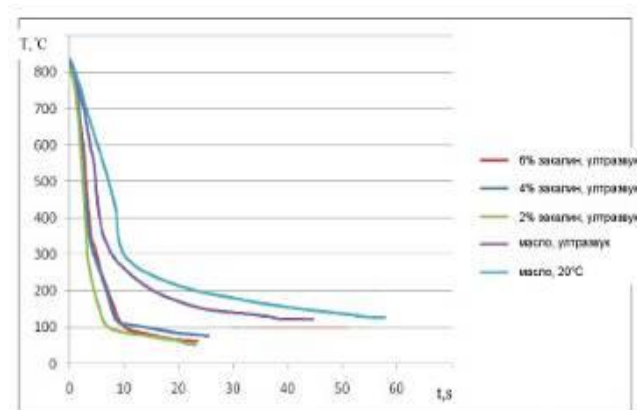
на закалин намаляват максималната скорост на охлаждане  $V_{\max}= 571^\circ\text{C/s}$  при вода до 103 $^\circ\text{C}$  при 4% закалин. С увеличаване концентрацията на закалина стадият на интензивно кипене настъпва при по-високи температури -  $T^{\text{II}}$ . Докато при водата е 650 $^\circ\text{C}$ , при 4% закалин нараства до 750 $^\circ\text{C}$ . Увеличава се и времето за началото на втория стадий  $t^{\text{II}}$  (т.е. кривата се измества надясно) - от  $t^{\text{II}}=1\text{s}$  при вода нараства до  $t^{\text{II}}=4.8\text{s}$  при 8% закалин. Това е неблагоприятно за стомани имащи ниска устойчивост на преохлаждения аустенит. При тях ще протече аустенит-перлитно, а не аустенит-мартензитно превръщане.

Началото на третия стадий (на конвективен топлообмен) -  $T^{\text{III}}$  настъпва при по-висока температура отколкото при водата ( $T^{\text{III}}=125^\circ\text{C}$ ) - като достига 300 $^\circ\text{C}$  при 6% закалин.

Подобни на тази зависимости се наблюдават при въздействие на ултразвук (фиг.2), където от максимална скорост 296 $^\circ\text{C/s}$  при 2% пада до 235 $^\circ\text{C}$  при 6% закалин.

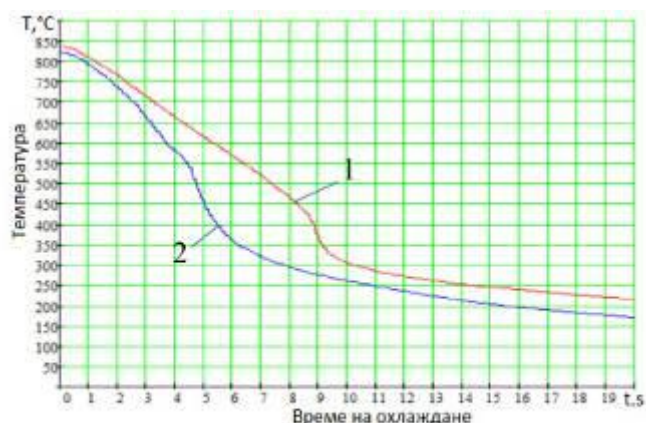


Фиг. 1. Охлаждаща способност на закалин и вода при 20 $^\circ\text{C}$

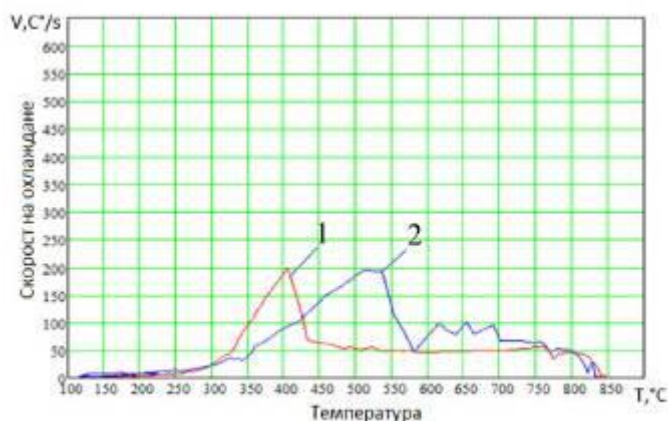


Фиг. 2. Охлаждаща способност на закалин и масло с и без ултразвук при 20 $^\circ\text{C}$

Увеличаването на концентрацията на закалина почти не изменя температурата на началото на втория стадий  $T^{\text{II}}$ , който при 2% е 710°C (при 4 и 6% закалин е 750°C), и времето за началото на втория стадий  $t^{\text{II}}$  почти не се променя с увеличаването на концентрацията, то е 1.5, s при 2% и 1.6, s при 4 и 6% закалин, т.е. при тези среди с преимущество ще протече аустенит-перлитното превръщане. При увеличаване на концентрацията на закалина кривите се изместват надясно от 2 към 6%.



Фиг. 3. Изменение на температурата по време на охлаждане: 1 - масло; 2 - масло с ултразвук



Фиг. 4. Изменение на скоростта на охлаждане в зависимост от температурата: 1 - масло; 2 - масло с ултразвук

Средите с 4 и 6% закалин с ултразвук имат характеристики близки до тези на маслото, като охлаждат с голяма скорост в перлитния интервал при 4% закалин  $V_{500}$  е 170°C/s, а за 6% закалин е 213°C/s, докато за маслото без ултразвук е 54°C/s. същевременно скоростта в мартензитния интервал  $V_{200}$  при 4% закалин е 50°C/s и 44°C/s при 6% закалин (за сравнение при маслото  $V_{200}$  е 3°C/s.). При 6% закалин  $V_{\text{max}}$  е 235°C/s, а при маслото е

198°C и при това максимумът в първия случай е изместен в перлитния интервал – при 566°C, а при маслото е при 405°C. Интересно е, че при въздействието с ултразвук маслото има по-добри характеристики, отколкото без ултразвук (фиг.2) - кривата на охлаждане е изместена на ляво, скоростта  $V_{500}$  в перлитния интервал е по-голяма - 184°C/s спрямо 54°C/s, а скоростите на охлаждане в мартензитния интервал са еднакви, т.е. това е благоприятна среда за аустенит-мартензитното превръщане.

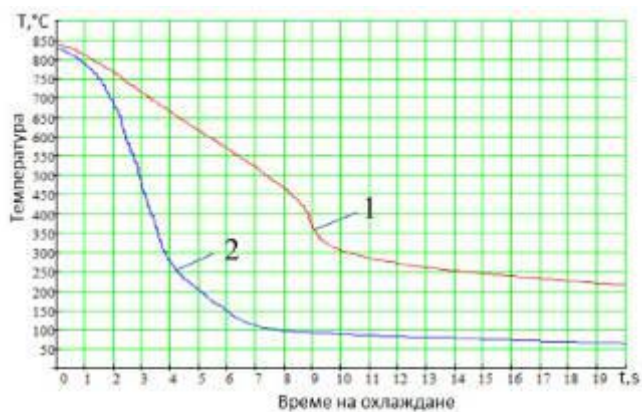
На фиг.3 и 4 е направено сравнение на охлаждащата способност на маслото без въздействие на ултразвук с тази при въздействие. Както вече беше казано охлаждането в масло при въздействие на ултразвук е по-благоприятно. Повишаването на охлаждащата способност на маслата при употреба на ултразвуков излъчвател се дължи на това, че ултразвуковите вълни по-бързо разрушават парната риза вследствие на което, първият стадий се съкращава, а вторият стадий настъпва по-рано при по-висока температура. В първия случай  $T^{\text{II}}$  е 560°C, а във втория е по-ниска - 460°C,  $t^{\text{II}}$  намалява и е 4,5, s, а без ултразвук е 8, s, т.е. кривата се измества вляво и би могло да се закаляват в масло с въздействие на ултразвук по-ниско легирани стомани без опасност от пукнатини (т.е. средата става „по-мека“). Например при въздействие на ултразвук по време на охлаждане в масло  $V_{500}$  е 184°C/s и  $V_{300}$  е 24°C/s, а без ултразвук е съответно  $V_{500}$  е 54°C/s и  $V_{300}$  – 25°C/s.

Сравнението между масло и 2% закалин с ултразвук е показано на фиг.5 и 6. От там става ясно, че 2% закалин с ултразвук има по-висока максимална скорост  $V_{\text{max}}$  - 296°C/s, отколкото маслото  $V_{\text{max}}$  - 198°C/s, и също така се намира в перлитния интервал. В мартензитния интервал 2% закалин с ултразвук има малко по-голяма скорост отколкото на маслото съответно -  $V_{200}$  е 59°C/s за закалина и  $V_{200}$  е 8°C/s при масло, но остава благоприятна за аустенит-мартензитните превръщания.

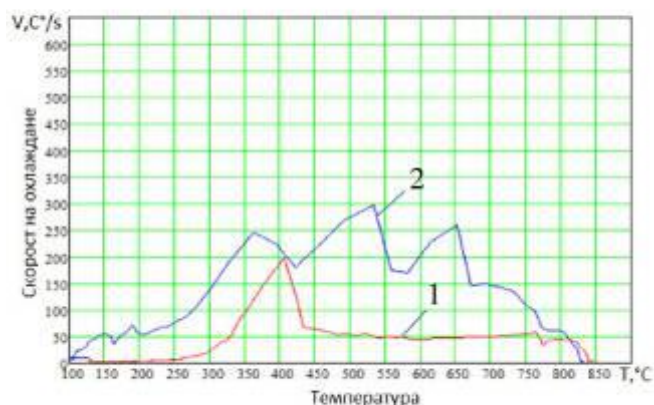
При сравнението на масло с 4% закалин с ултразвук се наблюдават аналогични на предишното сравнение процеси, но в мартензитния интервал скоростта на 4% закалин е по-малка от тази



при 2% закалин –  $V_{300}$  е съответно 40 и  $140^{\circ}\text{C/s}$  (табл.1).



Фиг. 5. Изменение на температурата по време на охлаждане: 1 - масло; 2 - 2% закалин с ултразвук



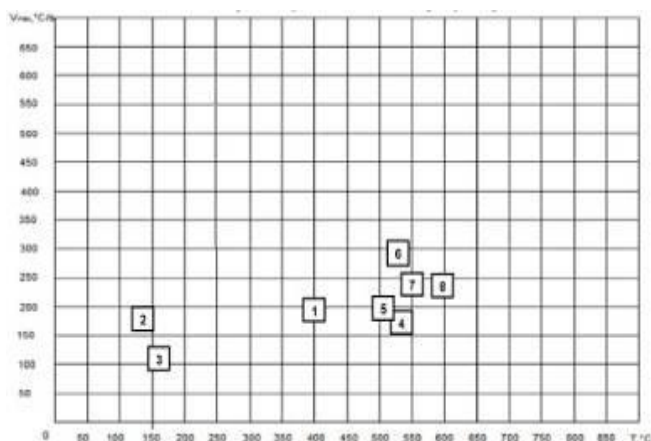
Фиг. 6. Изменение на скоростта на охлаждане в зависимост от температурата: 1 - масло; 2 - 2% закалин с ултразвук

При сравнението на 2% закалин с и без влияние на ултразвук се вижда, че максималната скорост  $V_{\max}=173^{\circ}\text{C/s}$  (без въздействие на ултразвук) се измества от мартензитния температурен интервал към перлитния температурен интервал и се увеличава едновременно като достига до  $296^{\circ}\text{C/s}$  (при употреба на ултразвук), но и запазва ниската си скорост в ниския температурен интервал, което прави средата с 2% закалин с ултразвук по-благоприятна за закаляване на въглеродни стомани от тази без въздействието на ултразвук.

При сравнение на 4% закалин с и без употреба на ултразвук (табл.1) се вижда, че след употребата на ултразвук средата значително покачва максималната си скорост от  $V_{\max}=103^{\circ}\text{C/s}$  (без ултразвук) на  $242^{\circ}\text{C/s}$ , като същевременно максимумът на скоростта се измества от мартензитния към перлитния

интервал. В мартензитния интервал скоростта пада до  $40^{\circ}\text{C/s}$  за  $V_{300}$  с ултразвук и  $64^{\circ}\text{C/s}$  без ултразвук, т.е. средата е „по-мека”.

Прилагането на ултразвуково въздействие премества максималните скорости на охлаждане  $V_{\max}$  при всички изследвани среди в областта на перлитния интервал и като правило ги повишава (фиг.7), и тъй като води до бързо разкъсване на парната риза и намалява продължителността на първия стадий премества кривите на охлаждане вляво, което се фиксира от определеното намаляване на началото на втория интервал  $t^{\text{II}}, \text{s}$  и увеличаване на температурата на началото на втория интервал  $T^{\text{II}}, ^{\circ}\text{C}$  (табл.2). При въздействие с ултразвук се увеличава се температурата на началото на третия интервал  $T^{\text{III}}, ^{\circ}\text{C}$  и намаляват времената до започване на конвективния топлообмен  $t^{\text{III}}$  (табл.2).



Фиг.7. Раположение на максималните скорости на охлаждане с и без въздействие на ултразвук –  $V_{\max}, ^{\circ}\text{C/s}$  в зависимост от температурата на охлаждане  $T^{\circ}\text{C}$ : 1 - масло; 2 - 2% зак.; 3 - 4% зак.; 4 - 6% зак.; 5 - масло-ултразвук; 6 - 2% зак.-ултразвук; 7 - 4% зак.-ултразвук; 8 - 6% зак.-ултразвук

### Изводи

1. Въздействието с ултразвук върху охлаждащите среди води до ускорено разкъсване на парната риза, увеличаване на скоростта на охлаждане във втория стадий (мехурчесто кипене) и намалява скоростта на охлаждане в третия интервал (конвективен топлообмен). При въздействие с ултразвук максималните скорости на охлаждане са в перлитния интервал ( $500\text{-}600^{\circ}\text{C}$ ), а когато



няма ултразвуково въздействие те са при температури близки до мартензитния интервал.

2. При въздействие с ултразвук маслото има по-добри характеристики отколкото без ултразвук. Кривата на охлаждане е изместена наляво, скоростта в перлитния интервал е по-голяма -  $V_{500}$  е  $184^{\circ}\text{C}$  спрямо  $54^{\circ}\text{C}$ , а скоростите в мартензитния интервал са еднакви. Т.е. първата среда е по благоприятна за закаляване;

3. Установено е, че охлаждащата среда с 6% закалин при въздействие с ултразвук има характеристики близки до тези на маслото: за 6% закалин с ултразвук  $V_{\max}$  е  $235^{\circ}\text{C}$ , а при маслото е  $198^{\circ}\text{C}$  и при това максимумът на първата среда е изместен в перлитния интервал - при  $566^{\circ}\text{C}$ , а при маслото е при  $405^{\circ}\text{C}$ ;

4. От изследваните водни разтвори на закалин, за закаляване се препоръчват: 8% закалин без въздействие с ултразвук и 6% закалин с ултразвуково въздействие.

### Литература

1. Ангелов, Г.С. и др. Промислено приложение на ултразвука. София. ДИ Техника 1977, Москва, Машиностроение 1975.

2. Данев, П. С. Темична обработка на стоманите. Русе. 2001.

3. Данев, П. С. Технология на обработване на металите. Юбилейна научна сесия „150 години от раждането на Васил Левски”. Научни трудове на ВНБУ „Васил Левски” книжка №7, Велико Търново 1987.

4. Рашков, Н. Д. Термично обработване на стоманите. София. ДИ Техника, 1990.

5. Tensi, H.M. and M. Schwalm. Abkühlverläufe im silberzylinder and in Stahlringen beim Abschrecken in verschiedenen Medien sowie Beobachtungen zum verzug der Ringe, Zwf, 76 (1981), 4, s. 194-199.

6. Tensi, H.M. and M. Schwalm, Wirkung von Abschreckflüssigkeiten unter Berücksichtigung spezieller wabriger Kunststofflösungen (polyathylenoxide), HTM, 35 (1980), 3, s. 122-129.

### За контакти:

9010 Варна, ул. “Студентска”1  
Технически университет -Варна  
Катедра МТМ

гл.ас. инж. Огнян Жеков  
e-mail: itl21c@abv.bg

проф. дтн. Димитър Ставрев  
e-mail: d\_stavrev@abv.bg

## ПРИЛОЖЕНИЕ НА CAD/CAM СОФТУЕРНИ ПРОДУКТИ ЗА СЪЗДАВАНЕ И ПРОГРАМИРАНЕ НА СПЕЦИФИЧНИ ИНСТРУМЕНТАЛНИ ПЪТИЩА ЗА ОБРАБОТВАНЕ НА РАВНИННИ ПОВЪРХНИНИ

Стоян Славов, Нино Симеонов

**Annotation:** The paper presents some common problems in the field of automated calculation and programming of specific toolpaths in some non-traditional machining processes. An example of such a process is considered in which the conventional strategies and programming methods do not provide satisfactory results. Analysis of the advantages and disadvantages of existing methods is carried out, and as a result it is proposed a methodology which is backed by an practical example for combining the capabilities of modern CAD/CAM software systems in order to achieve desired results.

**Keywords:** vibratory superficially plastic deformation process; CNC machine tools; CAD/CAM systems.

### I. Въведение

Обработването на сложни контури и обемно-профилни повърхнини, включително и сложни-релефни повърхнини (т.нар. скулптурни повърхнини), в последно време все повече увеличава своя дял в машиностроителното производство. Детайли, притежаващи такива сложни контури и повърхнини, са инструментите за обемно формообразуване като матрици и поансони, щприц-форми, лопатките за турбини и вентилатори, гребни винтове за плавателни съдове и др. В много от случаите при изработването на тези детайли се използват материали с високи физикомеханични характеристики (твърдост), които се обработват чрез високоскоростна обработка (HSM - High Speed Machining), с цел да се повиши производителността, точността и качеството на обработените повърхнини. Допълнителен ефект се постига чрез съчетаването на HSM със суха и квазисуха обработка, което води до минимизиране или елиминиране на необходимостта от използване на охлаждаща течност, повишаване на експлоатационния ресурс на режещите инструменти, подобряване на екологичните показатели, както и минимизиране на трудовия травматизъм в производството [5]. Освен традиционните методи за механична обработка чрез стружко-отнемане, съществуват и други методи за механично обработване, които също изискват изпълнението на сложна траектория на

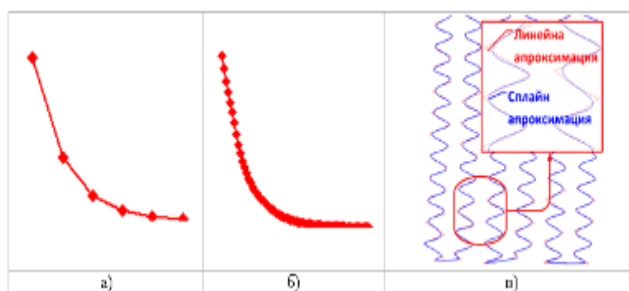
движение на обработващия инструмент. Такъв метод за довършителна обработка се явява т. нар. „повърхностно пластично деформиране“ (ППД) при който, чрез притискане с определена сила на сферичен елемент с определен диаметър и висока твърдост, движещ се по сложна траектория (от вида показан на фиг. 1.в), се формират т.н. „регулярни микрорелефи“ (РМР) по обработваната повърхнина. Те се образуват от наслагването (или пресичането) на следите от деформиращия елемент по специфичен начин, който деформира пластично повърхностния слой на обработваната повърхнина (в студено състояние на материала), като в зависимост от стойностите на режимните параметри на процеса се образуват текстури с голям брой четири - или шестоъгълни елементи. Параметрите на грапавостта на РМР и физикомеханичните характеристики на повърхностния слой на материала, обработен чрез ВППД качествено се различават от тези, получаващи се след класическите методи на довършваща обработка чрез стружкоотнемане [1,4]. Тези им характеристики обуславят и повишаване на износостойчивост, по-ниските сили и коефициенти на триене, повишаване на граница на якостна умора и корозивна устойчивост, дължащо се на структурните промени в повърхностния слой на материала при прилагане на процеса ППД.

### 2. Особенности при обработването на сложни контури чрез машини с ЦПУ.

Сложни контури и/или обемно-профилни повърхнини се обработват върху металорежещи машини с ЦПУ и за получаването на качествени детайли с необходимата точност на формата и размерите и желаната грапавост на повърхнините е необходимо, те да отговарят на завишени изисквания по отношение на кинематика, стабилност, точност и др. Освен самото производствено оборудване, завишени изисквания се поставят и по отношение на съответните CAD-CAM софтуерни средства за проектиране на детайлите и автоматизираното изготвяне на управляващи програми за машините с ЦПУ. Те от своя страна трябва да предлагат възможности (съответни модули) за реализиране на съвременните стратегии за механична обработка и генериране на инструментални пътища с необходимата точност, плавност и производителност. В не-толкова далечното минало САМ системите и тези за ЦПУ не успяваха да осигурят достатъчно точна и гладка траектория на движението на инструментите при обработването на сложни контури и повърхнини. Заместването на сложните траектории с последователност от къси праволинейни сегменти също не дава много добри резултати, поради рязко нарастващия обем (брой изречения) на управляващата програма и ниската скорост на изпълнението и от системата за ЦПУ, което рефлектира негативно върху производителността на процесите за механично обработване [2,3,5].

Поради тези причини, съвременните системи за ЦПУ са оборудвани с нови стратегии и функции [5,6] (като изглаждане на контури, Look ahead, обработване по трохоида, и др.), които се осигуряват от повишената им изчислителна мощност, новите видове интерполация (като сплайнова интерполация, NURBS-интерполация, нано-интерполация), широкото използване на все по-интелигентни САМ-софтуерни системи, развитието на точни и бързодействащи сервозадвижвания и вретенни възли, появата на нови компановки и материали за носещите системи на машините, интегрирането в производството на високоскоростни режещи инструменти и т.н. Много често, сложните

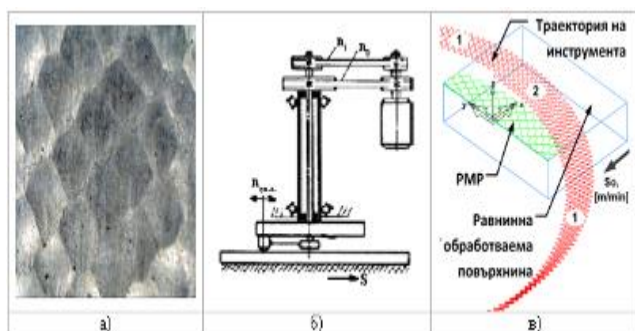
обработки налагат траектория на движение на инструментите, която не може да се опише с обикновените интерполационни методи (като линейната и кръговата). Затова при тях често тя се апроксимира (т. е. се замества) от близка по форма начупена линия, съставена от множество елементарни линейни сегменти (фиг.1а). Голямо предимство на линейната апроксимация е възможността да се обработват практически произволни по сложност контури с помощта само на линейна интерполация, която се поддържа и от най-старите машини и системи с ЦПУ. Получаваната грешка при апроксимирането (разликата между зададената и апроксимиращата линии) може да бъде редуцирана с намаляване на дължината на линейните сегменти, за сметка на увеличаване на броя на точките (виж фиг. 1.б).



**Фиг. 1. а) Апроксимация на крива с начупена линия при малък брой точки; б) Апроксимация на крива с начупена линия при голям брой точки; в) Сплайн апроксимация на сложна крива чрез полиноми от 3-та степен.**

Като недостатък на апроксимирането може да се посочи намаляването на скоростта на отработване на управляващата програма, тъй като всеки елементарен линеен сегмент на кривата се описва с отделно изречение в УП и в резултат на това дължината ѝ може да нарасне значително [5]. Това може да доведе до претоварване на системата за ЦПУ при обработката на данните и до намаляване на производителността ѝ, което води до увеличаване на сумарното време за обработване. Освен това, преминаването от един линеен сегмент към друг, често е свързано със рязка смяна на посоката на движение на инструмента. Тъй като при това могат да възникнат грешки в отработването на контура, алгоритъма на работа на

системата за ЦПУ предвижда забавяне на движението в края на участъка и ускоряването му в началото на следващия. Това редуване на ускоряване и забавяне се повтаря за всеки елементарен участък и в крайна сметка води до намаляване на средната скорост на движение по цялата апроксимираща крива. В резултат, този подход намира приложение предимно при обработване на 2D-контури чрез фрезозване. Метода на апроксимиране за сложни обемно-профилни повърхнини е с ниска ефективност, тъй като изисква генериране на голям брой апроксимиращи криви, което води до многократно увеличаване на обема на управляващата програма.



**Фиг. 2. а) Изображение на РМР по равнинна повърхнина; б) Кинематична схема за ВППД на равнинни повърхнини [1]; в) Необходима траектория на движение на обработващия инструмент за формиране на РМР чрез ВППД.**

### **3. Проблеми при дефиниране на инструменталния път при специфични процеси за механична обработка.**

Като пример за гореописаните особености, може да се посочи специфичната траектория, която е необходимо да изпълнява инструмента при формиране на регулярни микрорелефи (РМР), получавани по метода за довършващо обработване вибрационно ППД (виж фиг. 2.а). За да се избегне необходимостта от специално приспособление за осигуряване на осцилиращото движение на деформиращия елемент (кинематичната схема на приспособление за ВППД е показана на фиг. 2.б) е необходимо то да се интегрира към самата кръгова траектория на движение на деформиращия елемент (виж фиг. 2.в). Освен това, за да може да се формира РМР по цялата

равнинна повърхнина, е необходимо към него да се добави и допълнително праволинейно подавателно движение  $s$ , [m/min]. Математическия модел на координатите на точките на траекторията на движение на деформиращия елемент в равнината XY при тази схема на ВППД, има следния вид [1]:

$$\begin{cases} x(t) = \left[ e \cdot \cos(\omega_1 \cdot t) + \frac{1}{2} \sqrt{D_{CP}^2 + 4 \cdot e^2 \cdot \cos(\omega_1 \cdot t)} \right] \cdot \cos(\omega_0 \cdot t) + s \cdot t \\ y(t) = \left[ e \cdot \cos(\omega_1 \cdot t) + \frac{1}{2} \sqrt{D_{CP}^2 + 4 \cdot e^2 \cdot \cos(\omega_1 \cdot t)} \right] \cdot \sin(\omega_0 \cdot t) \end{cases} \quad (1)$$

и дефинира показаната на фиг. 2в траектория във функция от времето  $t$ , [min].

Елементите в (1), които определят както вида на траекторията на движение на деформиращия елемент, така и формата и габаритите на самите клетки на РМР, са както следва:

–  $t$  [min] – времето, за което работи приспособлението за плоско ВППД;

–  $\omega_1 = 2 \cdot \pi \cdot n_1 \left[ \frac{m}{min} \right]$  – ъглова скорост на въртене на ексцентрика (осигурена от приспособлението за ВППД);

–  $\omega_0 = 2 \cdot \pi \cdot n_0 \left[ \frac{m}{min} \right]$  – ъглова скорост на въртене на виброобработващото приспособление (т.е. вретено на фрезовата машина);

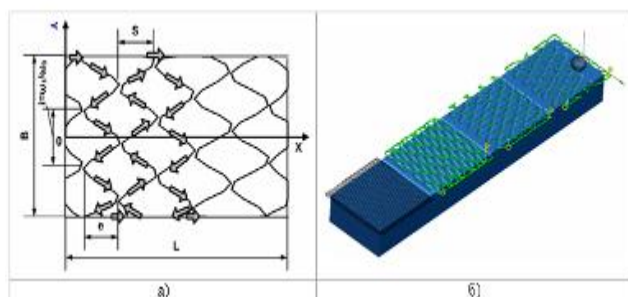
–  $s \left[ \frac{m}{min} \right]$  – скорост на подавателното движение на обработвания детайл (на масата на фрезовата машина);

– – среден диаметър на кръговата траектория на деформиращия елемент;

–  $e$  [m] – ексцентрицитет на ексцентриковия механизъм, който създава осцилиращото движение (задава амплитудата на осцилациите в траекторията).

Както се вижда от фиг. 2.в, генерираната чрез зависимост (1) траектория на инструмента не е униформна по отношение на получаващите се клетки от РМР. Поради тази причина в [1,4] е предложено изменение на класическата схема за обработване (виж фиг. 2.б), а именно чрез няколкократно увеличаване на параметъра  $D_{CP}$ , спрямо ширината на обработваната равнинна повърхнина, да се избегнат участъците (виж поз. 1 от фиг. 2.в) от траекторията на движение на обработващия инструмент, в

които се получава нееднороден РМР, като по този начин в рамките на обработваната повърхнина ще присъства само частта, в която се формира сравнително еднороден РМР (виж поз. 2 от фиг. 2.в). При така изменената схема за ВППД обаче се получава циклично прекъсване на контакта между инструмента и обработваемата повърхнина. Това често води до ударно натоварване на технологичната система МПД и следователно до влошаване на параметрите на качество на РМР както и до нееднородност на получаващите се клетки (по форма и размери). Освен това, производителността на процеса съществено намалява, тъй-като деформацията на инструмент в по-голямата си част (виж поз. 1 от фиг. 2.в) от траекторията на движение не контактува с обработваната повърхнина – т.е. „работи“ във въздуха. Не на последно място, за да се реализира тази схема на работа, обработваната равнинна повърхнина от даден детайл не трябва да е „оградена“ от други повърхнини на детайла (например дъно на канал или джоб), тъй като би възникнала колизия между инструмента и страничните повърхнини. Поради тези причини тази схема за равнинно ВППД (реализирана на ръчно управляеми фрезови машини) може да намери приложение само в лабораторни, но не и в съвременните производствени условия.



**Фиг. 3. а) Модел на траекторията на движение на инструмента за формиране на РМР чрез ППД по нова схема върху 3-осна фрезова машина с ЦПУ [4];**  
**б) Програмирани траектории на движение на деформацията инструмент в САМ системата SprutCAM за получаване на РМР с различна форма и размери на клетките по равнинна повърхнина.**

#### **4. Възможности за автоматизирано моделиране и програмиране на специфични инструментални пътища за ВППД с помощта на CAD/CAM софтуерни системи.**

Както бе посочено в т. 2, съвременните системи за ЦПУ и софтуерни средства (САМ) за автоматизирано програмиране на ММ с ЦПУ притежават нови методи и стратегии за генериране на оптимизирани инструментални пътища по отношение на най-често прилаганите стругови, 2,5D, 3D и многоосови-фрезови обработки. Макар че тези стратегии по същество са параметрични и позволяват адаптиране и настройване в относително широки граници спрямо формата и топографията на обработваемите повърхнини и/или изискванията на потребителите, вгражданите в САМ системите изчислителни алгоритми, стратегии и/или технологични компоненти обикновено са от „затворен“ тип (тъй-като те се явяват „ноу-хау“ за разработчиците на САМ софтуер). Потребителя може да задава определени настройки на дадени параметри, но в рамките на дефинирания и „твърдо“ заложен в САМ софтуера или системата за ЦПУ модел. Това, в случаите на необходимост от създаване на специфични инструментални пътища (както при процеса ВППД за формиране на РМР), води до значителни затруднения при използването на тези средства при автоматизираното изчисляване и програмиране на специфични инструментални траектории, постигането на които е силно затруднено и дори понякога невъзможно, с наличния инструментариум (модули, технологични компоненти и др.) вграждан в различните САМ системи или системите за ЦПУ.

В [4] е предложена принципно нова схема за формиране на РМР чрез ППД по равнинни повърхнини, която е адаптирана за приложение с помощта на металорежещи машини с ЦПУ от вида на 3-осните фрезови машини. Тук модела (1) е значително оптимизиран (от гледна точка на описаните в т. 3 недостатъци) чрез използване на възможностите на CAD продуктът Mathcad (PTC), като е разработен алгоритъм за изчисляване на координатите на точките от



траекторията на движение на деформиращия инструмент при ВППД, който има вида, показан на фиг. 3 а). На фигурата със стрелки е показана посоката на последователното преместване на деформиращия елемент по траекторията му на движение, която тук се получава като непрекъсната начупена крива в равнината XY и която се разполага (чрез въведени логически условия в изчислителния алгоритъм) само в рамките на обработваната равнинна повърхнина с размери B и L. На фигура 3.б е показан пример за получаващи се РМР с различни по габарити и форма клетки, обработени по тази схема. Те са моделирани в САМ-системата SprutCAM (СПРУТ-Технология, Русия), на база на изчисленията в Mathcad и записани под формата на ASCII (текстов) файл, съдържащ координатите на точките от траекторията на движение на обработващия инструмент [4]. За съжаление обаче повечето широко използвани в практиката САМ системи, не разполагат с възможности за „четене“ на данни от структурирани по подобен начин файлове, което ограничава приложението на подхода само до потребителите на тази САМ система. Освен това, траекторията се апроксимира чрез начупена крива на движение на инструмента (виж фиг. 1 а,б,в), при което се проявяват описаните в т. 2 недостатъци при програмиране на ММ с ЦПУ на която тя ще се реализира.

За да се избегнат тези ограничения, е възможно да се подходи по различни възможни начини, както следва:

**4.1. Предварително създаден тримерен модел на РМР**, с цел да се използват предимствата на вградените алгоритми за сплайнова, NURBS и/или нано-интерполация при дефиниране на траекторията на движение на обработващия инструмент, чрез прилагане на алгоритмите (стратегии) за 3D фрезозане [6]. Този подход не води до много -ефективни резултати (особено при РМР), поради следните причини:

- Изготвянето на 3D модел на клетките на РМР е свързано с дефинирането на голям брой малки по размери криволинейни повърхнини, което е времеемоко и значително натоварва САД/САМ софтуера (особено в случаите на по-голямо-габаритни

повърхнини). Нараства чувствително и файловата големина на модела, като за детайл при който е моделиран РМР само по една повърхнина може да достигне до няколко десетки мегабайта;

- Вградените стратегии за 3D фрезозане в САМ софтуера създават отделни инструментални пътища за обработване на отделните повърхнини на отделните клетки от РМР. Поради сравнително малките габарити на клетките обаче, за да се формира РМР с близка до изискванията форма, се налага да се намалят с поне един порядък обичайните толеранси, използвани при програмиране на 3D-фрезовите операции. Това допълнително увеличава броя на точките и респективно удължава инструменталния път, а оттам и времето за обработване. В допълнение на това, изчислената по този начин траектория на деформиращия елемент може да доведе до многократно повтаряне на преминаването на деформиращия елемент през един и същи участък на повърхнината, което от своя страна крие риск от преуякчаване на повърхностния деформиран слой при някои материали и влошаване на функционалните характеристики на РМР;

**4.2. Използване на сложни криви от тип „полилиния“**, с помощта на които да се „води“ инструмента по необходимата траектория. За тази цел могат да се използват както възможностите на САД софтуерни продукти, така и вградените инструменти в повечето САМ системи от среден и висок клас за дефиниране на криви по въведени от потребителя математически зависимости. По отношение на сложността и времето за получаване на траекторията на движение на инструмента, този подход е по-ефективен от предходния, но основен недостатък при него се явява невъзможността да се задават допълнителни (логически) ограничения при построяването на полилинията. В резултат, траекторията на движение на инструмента отново придобива вида, показан на фиг. 2. в – т.е. инструмента през по-голямата част от обработката ще контактува с въздуха. За да се постигне оптимална полилиния от вида, показан на фиг. 3. а, е необходимо допълнително (и то най-често ръчно) да се „изрязват“ излишните части на генерираната

от математическите зависимости крива, което също е трудоемка задача и създава условия за нарушаване на непрекъснатостта на полилинията.

**4.3. Използване на средствата за макро-програмиране в CAD/CAM системите.** Някои производители на CAD/CAM софтуер (като Dassault Systèmes, Delcam plc, Autodesk и др.) вграждат програмен инструментариум за разширяване на възможностите на своите продукти, които позволяват на потребителите да създават свои собствени макро-приложения в средата на CAD/CAM софтуера (в някои случаи наричани **add-ins**, т.е. добавки), чрез които да създават специфични методи за моделиране/обработване или да обединяват изпълнението на няколко операции в една стъпка. Макро-програмите също могат да се използват и за генериране на криви или създаване на специфични траектории за обработване в CAM системите [7]. Така до голяма степен може да се избегнат недостатъците на предния подход, тъй като в макро-програмата, изчислителните изрази и функции е възможно да се комбинират с логически условия, чрез които да се „премахнат“ излишните части на траекторията (т.е. на полилинията) на движение на инструмента, още при самото ѝ създаване. При този подход обаче, се изискват специализирани познания на потребителя по съответните програмни езици чрез които се изготвят макро-програмите (като например Visual Basic for Applications, Win Wrap Basic, Auto Lisp и др.), което често излиза извън обичайната квалификация на средно-статистическия машинен инженер - проектант и/или технолог. Разбира се, тук трябва да се отчете и факта, че някои разработчици на CAD/CAM софтуер не вграждат възможности за създаване и използване на дефинирани от потребителите макро-програми.

**4.4. Чрез комбиниране на гореразгледаните подходи.** От разгледаните примери в началото на настоящия доклад и от изложеното в т. 4.1. ÷ 4.3. става ясно, че към момента все още не съществуват „напълно универсални“ CAM софтуерни продукти, които да „покриват“ всички възможни технологични изисквания, по отношение на

програмирането на специфични траектории на движение на инструмента(ите) при някои методи за механична обработка (каквото например се явява метода ВППД). Ето защо, чрез съвместно използване на инструментариума, вграден в някои CAD/CAM софтуерни системи, може да се постигнат по-добри резултати (в контекста на настоящите разглеждания), отколкото чрез използване на продуктите самостоятелно.

За илюстрация на подхода от т. 4.4., по-долу ще бъде разгледан пример за съчетаване на възможностите на софтуерните продукти Mathcad и FeatureCAM за автоматизирано изчисляване на координатите на точките и построяване на сложна крива (от типа полилиния), чрез която да се дефинира необходимия инструментален път за изпълнение на процеса ППД на ММ с ЦПУ за формиране на РМР по равнинни повърхнини.

**5. Примерна последователност за съвместно използване на Mathcad и FeatureCAM за изчисляване и програмиране на инструменталния път за формиране на РМР чрез ППД на 3-осна фрезова машина с ЦПУ.**

В разглеждания пример, целта е автоматизирано да се генерира управляваща програма за 3-осна фрезова машина с ЦПУ, чрез която да се обработи регулярен релеф чрез ППД в квадратен участък с размери 30 × 30 mm, по горната равнинна повърхнина на детайл. Координатите на точките на необходимата траектория на движение на инструмента в равнината XY се пресмятат в средата на Mathcad, като са въведени логически условия, чрез които те се ограничават само в рамките на зададения в примера квадратен участък с размери 30 × 30 mm. Моделът и графика на получаващата се резултатна крива са показани на фиг. 4. При задаване на подходяща комбинация на стойностите на променливите от т. 1 и 2 на фиг. 4 е възможно получаването на траектории за формиране на РМР с различни габарити и форма на клетките.

На следващ етап е необходимо да се отстранят всички „паразитни“ точки от кривата, които лежат по границите на обработвания участък, тъй като те не носят

съществена геометрична информация за траекторията, но за сметка на това увеличават общия брой на точките от които тя е съставена.

#### 1. Входни параметри на модела:

$\dot{x}_0 := 25$  [mm/min] - скорост на отнемане по ос X;  $D_{tr} := 350$  [mm] - среден диаметър на траекторията;  
 $i := 200$  [-] брой на осцилациите на деформиращия елемент в рамките на 1 оборот на траекторията;  
 $\varphi_p := 0.15$  [-] задава дефазиранието на траекторията при всеки следващ оборот на траекторията;  
 $point := 10000$  [-] брой на точките в траекторията за които се пресмятат координатите;  
 $n_0 := 25$  [1/min] параметър, дефиниращ честота на наспаване на траекторията с диаметър  $D_{tr}$ ;  
 $\delta := 0.5$  [mm] половината от амплитудата на осцилациите на деформиращия елемент в равнината XY.

#### 2. Параметри за ограничаване на траекторията в рамките на участък с дължина L и ширина 2\*B:

$L_{beg} := 0$   $L_{end} := 30$  [mm] -указват дължината на участъка за който се генерира траекторията на деформ. елемент;  
 $B_{beg} := -15$   $B_{end} := 15$  [mm] -указват ширината на участъка за който се генерира траекторията на деформ. елемент.

#### 3. Изчисляване на координатите $X_i$ и $Y_i$ за всяка точка от траекторията:

$$Y_i = \left[ e \cos \left( \frac{2 \cdot \pi \cdot i}{point} \right) + \frac{1}{2} \sqrt{(D_{tr})^2 + (2 \cdot \delta)^2} \cos \left( i \cdot \frac{2 \cdot \pi}{point} \right) \right] \cos \left( i \cdot \frac{2 \cdot \pi}{point} + \varphi_p \right)$$

$$X_i = \left[ e \cos \left( \frac{2 \cdot \pi \cdot i}{point} \right) + \frac{1}{2} \sqrt{(D_{tr})^2 + (2 \cdot \delta)^2} \cos \left( i \cdot \frac{2 \cdot \pi}{point} \right) \right] \sin \left( i \cdot \frac{2 \cdot \pi}{point} + \varphi_p \right) - \frac{\dot{x}_0}{n_0}$$

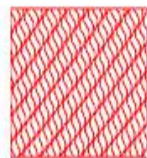
#### 4. Логически условия за "изрязване" на частите от траекторията, намиращи се извън дефинирания участък за обработване:

$$Y_{max} = Y_i \text{ if } B_{beg} \leq Y_i \leq B_{end}$$

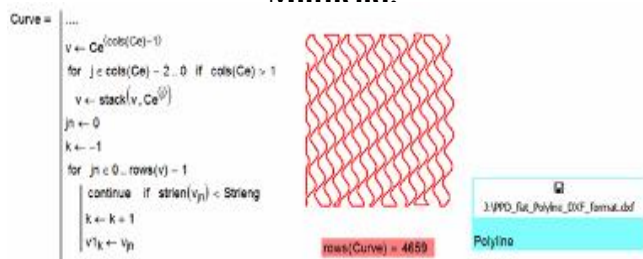
$$Y_{max} = \begin{cases} Y_i & \text{if } B_{beg} \leq Y_i \leq B_{end} \\ \text{otherwise} \end{cases}$$

$$X_{max} = X_i - \frac{D_{tr}}{2} \text{ if } L_{beg} \leq X_i \leq L_{end}$$

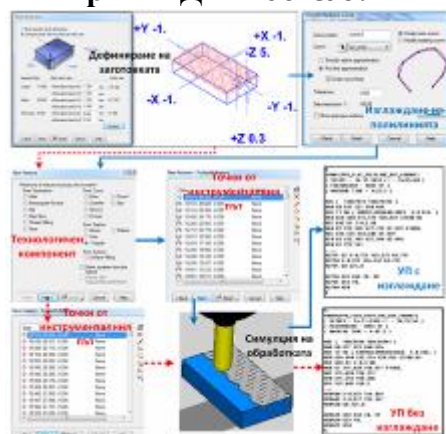
$$X_{max} = \begin{cases} X_i - \frac{D_{tr}}{2} & \text{if } L_{beg} \leq X_i \leq L_{end} \\ \text{otherwise} \end{cases}$$



Фиг. 4. Изчислителен алгоритъм за определяне на координатите на точките от кривата на траекторията на движение на деформиращия инструмент при ППД в Mathcad.



Фиг. 5. Филтриране на „паразитните точки“ по границите на кривата на траекторията на движение на деформиращия инструмент при ППД в Mathcad.



Фиг. 6. Програмиране на инструменталния път при ППД във FeatureCAM.

За целта получената матрица с координати се подлага на допълнително филтриране, с помощта на друг алгоритъм в Mathcad, след който броя на точките значително се редуцира (с около 47%) до 4659, спрямо зададения на входа брой точки 10000, а кривата приема вида от фиг. 5, който съответства на вида на кривата, показана на фиг. 3.а.

Така създадената крива трябва да се експортира от Mathcad в удобен вид, чрез който да се вмъкне в САМ системата (т.е. FeatureCAM). Тъй като файловете формати на Mathcad не са подходящи за директно „четене“ или „вмъкване“ в САМ системите, от авторите е разработен специален алгоритъм (не е показан на фигурата), чрез който данните на кривата от фиг. 5 се форматират като графичен примитив – полилиния, построена по координатите на точките от кривата и структурирана в 2D графичния формат DXF (Drawing eXchange Format), който е „четим“ от всички CAD/CAM системи, отговарящи на международните стандарти за този тип софтуер. Структурата на DXF файла се записва в указана от потребителя папка на компютъра, чрез компонента **Data -> File Output...** на Mathcad (виж фиг. 5).

Така създадения двумерен чертеж на кривата, се импортира във FeatureCAM (или в съответния САМ софтуер, с който потребителя разполага) в модула за програмиране на фрезови обработки – **Milling** (виж фиг. 6) и се уточняват формата и размерите на заготовката, както и положението на началото на координатната система на детайла. При необходимост се използват инструментите от диалоговия прозорец **Transform** [2], за да се позиционира правилно кривата, спрямо обработваната равнинна повърхнина. Силно препоръчително е преди да се въведе технологичния компонент за обработване (фрезоване) по водеща крива (**Toolpath**), да се използва инструмента за изглаждане на начупени криви – **Smooth/Reduce Curve**, чрез който импортираната от dxf файла крива може значително да се оптимизира, като се намалят значително броя на точките ѝ (в показания на фиг. 6 пример – редуцирането на точките от кривата е повече от 84%), както и да се

„заглаждат“ острите върхове в отделни участъци. От фигура 6 също се вижда че, при „изглаждане“ на кривата, след извършване на симулация, броя на изреченията на управляващата програма е 10 пъти по-малък, отколкото при „неизгладената“ крива. Забелязва се също че при „неизгладената“ крива, инструмента се води само чрез G-команда за линейна интерполация (G01), докато при „изгладената“ крива в УП присъстват и команди за кръгова интерполация (G02 и G03).

## 6. Изводи и заключения.

Предложените от авторите модел и методика за моделиране на инструментални пътища чрез сложни равнинни криви, притежават следните по-важни предимства:

- Използвайки изчислителните възможности на продукта Mathcad става реално постижимо моделирането на оптимална траектория на движение на инструмента, не само за формиране на различни по форма и размери клетки от РМР чрез ППД, но така също и моделиране на произволни по сложност равнинни криви, използвани като инструментални траектории за други видове механични и/или физични методи за обработване;

- Чрез създадения алгоритъм за генериране на полилинии във формат dxf директно от средата на Mathcad, отпада ограничението за използване на точно определени САМ софтуерни продукти за последващо автоматизирано програмиране на траекториите в УП за ММ с ЦПУ;

- Чрез съвместното използване на възможностите на САД и САМ софтуерни продукти, може значително да се съкрати обема както на моделите, така и на дължината на управляващите програми. Това значително облекчава процеса за създаването им и съкращава съществено времето за подготовката и изпълнението им дори при постари модели машини с ЦПУ;

В заключение, на база на направените разглеждания в настоящата работа и постигнатите резултати, може да се каже, че предложения подход за работа би бил полезен както за изпълнението на приложни и изследователски разработки, така и като

нагледно средство за подпомагане на обучението на студенти и докторанти в областта на съвременните методи за механично обработване.

Настоящия доклад е изготвен във връзка с проект НП-18/2013, в рамките на присъщата на ТУ-Варна научно-изследователска дейност, финансирана целево от държавния бюджет на Р. България.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Славов С.Д. „Технологични възможности на ВППД за управление на някои параметри на качеството и експлоатационните характеристики на плоски повърхнини“, Дисертация, ОНС „Доктор“, ТУ-Варна, 2004.

2. Каравасилев О. и колектив, FeatureCAM, Учебно помагало, I част., ТехноЛогика ЕООД, София, 2009, ISBN 978-954-9334-11-1, 335 с.

3. Славов С., „САМ системи“, Р-во за лаб. у-ия, ТУ - Варна, 2010, ISBN 978-954-20-0504-9., 282 стр.

4. Славов С.Д., Моделиране на формирането на РМР по плоски повърхнини, обработвани чрез ППД с използване на САД / САМ системи и металорежещи машини с ЦПУ, Сп., "МТГ" кн. 1, изд. на ТО на НТС-Варна 2010 г., ISSN 1312-0859; с. 47 – 52.

5. Нови функции на съвременните системи за ЦПУ при обработването на сложни контури и обемно-профилни повърхнини, Сп. Инженеринг ревю - брой 1, 2012 (<http://engineering-review.bg/>);

6. Угринов Пл., Комплексни интерполации при високоскоростна суха, квазисуха и твърда обработка върху металорежещи машини с ЦПУ-класификационен анализ“, XVIII ННТК с международно участие „АДП-2009“, стр. 143-149;

7. Атанасов И., „Макропрограмиране за типови ротационно - симетрични детайли в среда САД/САМ“, XVIII ННТК с международно участие „АДП-2009“, стр. 507-512.

## За контакти:

9010, гр. Варна, ул. „Студентска“ 1,  
ТУ-Варна, кат. ТМММ  
доц. д-р инж. Стоян Димитров Славов,  
тел.: +359 52 383 690,  
email: sdslavov@tu-varna.bg .  
докторант инж. Нино Георгиев Симеонов,  
тел.: +359 52 383 477, email: nino84@abv.bg

# РЕНТГЕНОФЛУОРЕСЦЕНТЕН АНАЛИЗ НА ДВА ПЕЧАТА/ЩАМПИ (V–I В. ПР. ХР.) ЗА ИЗРАБОТКА НА НАКИТИ ОТ ТРАКИЙСКИЯ КУЛТОВ ЦЕНТЪР НА НОС СВ. АТАНАС КРАЙ БЯЛА, ОБЛАСТ ВАРНА

Александър Минчев, Валери Йотов, Диана Петрова

**Abstract:** In this report we present results of analyzes of two print / or prints that are found in the tanks - part of the Thracian cult center of Cape St. Atanas near Byala, Varna region.

Will pointed out that according to the available literature and my words of archaeologists Roentgen analysis and all similar studies of metal associated with ancient toreutics objects made for the first time in Balagariya.

Studies were made destructive device "Bruker S1 Sorter". The purpose of the study at this stage is mainly a collection database.

**Keyword:** prints, roentgen analysis, disposal of remains, hearths and ovens for domestic use

Археологическият обект „Късноантична крепост на нос Свети Атанас“ се намира на 50 км южно от Варна и на около 3 км южно от Бяла (фиг. 1). Обектът е многослоен – има материали от няколко исторически периода, но основните са: ранен – Тракийски култов център от периода V–I в. пр. Хр. и късен / последен – Късноантична крепост от IV–VII век пр. Хр[1].



Фиг. 1. Късноантичната крепост нос св. Атанас – карта на проучените зони

Първите сведения (в статия от 1892 г.) за този обект дължим на основателите на българската археология братята Хермингилд и Карел Шкорпил, но редовни археологически проучвания се провеждат от 2009 г.

Тракийският култов център е локализиран в югоизточната част на носа – тази, която е най-вдадена в морето. Проучени са повече от 120 ями, няколко пещи за битови нужди, останки от десетки жертвени огнища (есхари) и една – единствена сграда / навярно храм (фиг.2, фиг.3) – всички с датировка в ранния културен слой (V–I в. пр. Хр.).

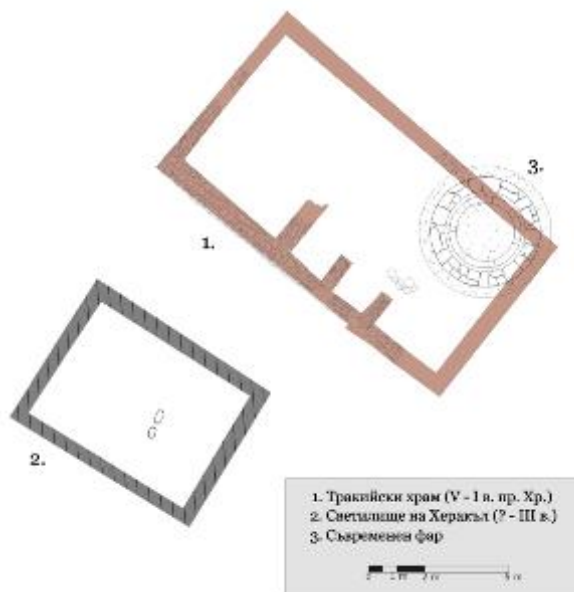


Фиг. 2. Западният зид на античния храм

Ями

Ямите са били използвани за депониране на останките от религиозните обреди и угощения на населението от близките околности.





Фиг. 3. Античният храм и светилище на Херакъл (план)

В ямите се откриват: фрагментирани и по-рядко цели керамични съдове – местни тракийски и вносни гръцки чернолакови (рисувани и с релефна украса); фрагменти от амфори, в това число печати върху дръжките и устията; строителни материали – основно керемиди; различни предмети на бита – прешлени за вретено, тежести за стан и за рибарски мрежи, рибарски кукички, лята монета – половин „ас” Олбия (фиг.4), керамични тигли (фиг.5) и др. Също така кости от различни домашни и диви животни, от птици и риби, черупки от миди и стриди, щипки на морски раци и др. Проучвателите ги определят като ями с култово предназначение, наричани в научната литература „ботроси“[2]



Фиг. 4. Лята монета, половин ас на Олбия (края на V в. пр. Хр.)



Фиг. 5. Тигли – керамични чашки за леење на бронз от ями в култовия център

#### Пещи, огнища, есхари

Освен ямите в тази част на носа са открити няколко огнища и пещи за битови нужди, свързани навярно също с религиозните обреди и угощения в култовия център. Открити са и повече от десет жертвени огнища – т.нар. „есхари“.

Както бе споменато – единствената сграда, която се определя като Тракийски храм (каменната сграда е от III–I век пр. Хр.) е разкрита до съвременния фар (фиг. 2-3). Непосредствено до храма е разкрито и малко светилище – навярно на митичния полубог Херакъл (фиг. 3).

Предмет на краткото съобщение са два открити в пълнежа на ямите бронзови предмета (фиг. 6), които по аналогия с подобни[3,4] могат да бъдат определени като печати или щампи за изработка на накити чрез изчукване. Единият печат/щампа е открит в близост до Тракийския храм, а другият – на около 50 метра северно.



Фиг. 6. Два печата/щампи от ями в култовия център

Печатите/щампи имат къси цилиндрични тела с малък диаметър. Предните / работните части са набраздени полусфери, а тилните части, където е удряно със златарско чукче – са леко сплеснати. Имат тъмнозелена патина. Технологията на работа с печатите/щампи е следната. Върху дебела оловна пластина се поставя прядварително изрязания лист – златен, сребърен или меден, и върху него се е изчуквал с чукче желания орнамент (фиг. 7). Например, с подобни печати са украсявани и характерните за траките златни нагръдници (фиг. 8).



Фиг. 7. Графична възстановка на техника на работа с печати/щампи



Фиг. 8. Златен нагръдник от Варненско – пример за обработка с печати/щампи

Анализите бяха направени с преносим спектрометър „Bruker S1 Sorter“ – специализиран за определяне елементното съдържание на метални сплави. Представлява портативен анализатор с рентгенова тръба. Захранване му е чрез две акумулаторни Li-ion батерии (фиг. 9).

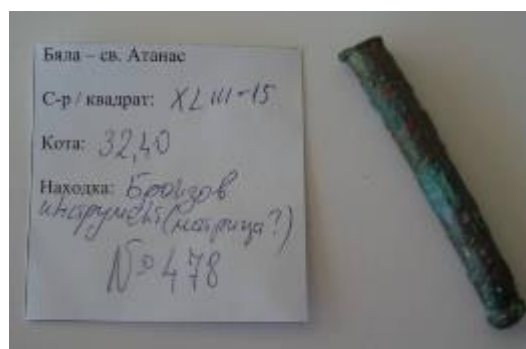


Фиг. 9. Преносимият спектрометър „Bruker S1 Sorter“

Анализ на печат № 1 (фиг. 10)

|           | Cu    | Pb   | Sn    | Ag   | As   | Bi   | Fe   | Sb   | Енв сплав         |
|-----------|-------|------|-------|------|------|------|------|------|-------------------|
| I освет   | 88,15 | 0,14 | 10,20 | 1,14 | 0,23 | 1,18 | 0,30 | Non  | CDAS 5.14 - F. Bz |
| II освет  | 88,4  | 0,12 | 10,12 | Non  | 0,32 | 0,35 | 0,64 | Non  | CDAS 5.14 - F. Bz |
| III освет | 89,5  | 0,04 | 9,81  | Non  | 0,5  | 0,37 | 0,36 | 0,12 | CDAS 5.14 - F. Bz |

Уредът отчете познат в наши дни бронз.



Фиг. 10. Печат № 478

Анализ на печат № 2 (фиг. 11).

|           | Cu    | Pb   | Sn   | Ag   | As   | Bi   | Fe   | Sb   | Zn   | Mo   |
|-----------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| I освет   | 38,53 | 1,45 | 1,01 | 0,12 | 0,08 | 0,39 | 0,34 | 0,42 | 0,33 | Non  |
| II освет  | 72,23 | 0,74 | 0,29 | 0,05 | 0,05 | 0,06 | 0,2  | 0,1  | 0,05 | 0,01 |
| III освет | 13,36 | 2,37 | 1,39 | 0,18 | Non  | 0,35 | 2,41 | 0,57 | 0,52 | 0,05 |



Фиг. 11. Печат № 977

Съотношението на използваните метали в печатите е различно. От там можем да си направим извода че те са били изработени от различни майстори, на различно място.

Печатите са били използвани в периода V – I в. пр. Хр. По-точна датировка предстои да бъде направена.

Известно е, че в това време е имало както местни майстори, така и пътуващи майстори и е възможно единия от печатите да е донесен от далечни земи.

Така направените изследвания и получените резултати са едни от първите на подобни инструменти, но са началото на събиране на база данни по обширната тема за „торевтиката в Античността“.

За предоставената възможност да бъдат направени анализите благодарим на проф. Русев, доц. Неделчев и ас. Й. Бояджиев от ТУ – Варна



За предоставената възможност да бъдат направени анализите благодарим на проф. Р. Русев, доц. Д. Неделчев и ас. Й. Бояджиев от ТУ – Варна

#### За контакти:

Александър Минчев  
Археологически музей Варна  
Тел. 052/681028

Валери Йотов  
Археологически Музей Варна  
052/681031  
valeri.yotov@gmail.com

Диана Петрова  
Технически Университет Варна  
dpetrova1976@abv.bg

#### Литература:

1. В. Йотов, А. Минчев. Късноантична крепост на нос св. Атанас. София, 2013, с. 15-21.
2. Р. Георгиева. Обредни ями в Тракия (краят на II–I хил. пр.н.е.). – Археология, 1, 1991, с. 1–11.
3. А. Минчев. Приноси към тракийското златарство, I: бронзови матрици, калъпи и наковарня от Варненския музей (края на VI–I в. пр. Хр.). – ИНМВ, XL (LV), 2004, с. 53–90.
4. А. Минчев. Приноси към тракийското златарство, II: бронзови печати от Варненския музей използвани в златарството и торевтиката. – ИНМВ, XLIII (LVIII), 2007, с. 40–76.
5. А. Минчев. Тракийските златари от античното селище край Бяла. – Общински вестник Бяла, област Варна, № 3, 2012.
6. А. М. Петриченко. Искуство литья, Москва, 1975.
7. А. Минчев. Нови данни за бронзолеярството в североизточна Тракия през V–I в. пр. Хр. – ИНМВ, XLIV (LIX), 2008.
8. Ан. Чолакова. Металургични производства в ранната история на Никополис ад Иструм. – ИАИ, XXXIX, 2006, с. 163–184.

## КРИТИЧНИ БЕЛЕЖКИ ОТНОСНО НЯКОИ МОНЕТОСЕЧЕНИЯ ОТДАВАНИ НА ДОБРУДЖАНСКИТЕ ВЛАДЕТЕЛИ

Владимир Овчаров

**Abstract:** Up to date historical sources fail to provide sufficient information about rulers of Dobruja Despotat. The evidences supporting their coinages are still under discussion. Today existing hypotheses about those coinages rely on insufficient facts and information. During last decade, literature accumulates new messages reporting mintages which may belong to the rulers of Dobruja Despotat. Until now there are four types of countermarks attributable to those rulers, although direct evidence missing. In 2007, Stoyan Avdev in his book "Bulgarian medieval coins," publishes two (three?) unknown types of countermarks and assumed to belong to regime of Dobrudja rulers (?). Here briefly are presented and commented these findings. After literature overview and comparison with new excavated finds the author was able give correct attribution to so "called new types of countermarks". The first countermark with five dots, belong to Grand Duke of Lithuania, Švitrigaila (1430–1432). The second with symbol, large "T" belongs to Genoese colonies of Crimea. The author suggests also new interpretation of the coins with large D, which normally in the literature are attributed to Despot Dobrotiza, minted in Kaliakra. The new proclaimed hypothesis base on similar coin types from Crimean colony of Caffa. The author suggests that so called coins attributed to Dobrotiza are imitative folars from editions of Caffa. Here is presented new interpretation of the coin script, known as Kaliakra (KALK). According author interpretation and comparisons with similar editions in the near region the script may be correct transformed as KAFA.

**Key words:** Dobrudja Despotat, coins, symbol

### Въведение

Известно е, че историческите извори не дават достатъчно информация за управлението на така наречените „добруджански“ владетели (втора половина на XIV в.). Напоследък, изследователят на монетосеченето на Второто българско царство К. Дочев също така посочи, че все още няма убедителни доказателства и за собствено монетосечене на единият от владетелите – деспот Добротица (Дочев 2009, 269). Възприемайки тази бележка на изтъкнатият български нумизмат ще отбележа, че и според мен някои от съществуващите хипотези за това монетосечене се опират на недостатъчно факти и недобре аргументирани тези в публикации. Освен това, вече има нови данни за неизвестни досега монетни типове по въпросната тема.

### 1. Относно някои контрамарки по С. Авдев

В специализираната литература са определени четири типа контрамарки, които биват отнасяни към добруджанските владетели – прочее без конкретни доказателства. Преди няколко години С. Авдев публикува два (три ?) типа неизвестни контрамарки и предположи, че са от управлението на добруджанските владетели В следващите редове, накратко са представени и коментирани въпросните типове контрамарки по С. Авдев (Авдев 2007).

#### 1. Контрамарка № 5 по С. Авдев

Контрамарка от типа „квадрат с точки“ по С. Авдев (Авдев 2007, 119). Нанесена върху грош от типа Йоан Александър със сина му Михаил Асен (фиг. 1/1). В изложението си Авдев се позовава на статия на С. Янев (Нумизматика през 1990 г. (кн.1, с.39–42, 1990). Според него, достатъчните факти и подобни други монети биха я определили като Добруджанска контрамарка (?) с район на контрамаркиране в региона на Долния Дунав.

При посещението си в Крим преди година имах възможност да сравня въпросната контрамарка с други подобни контрамарки по средновековни генузо-татарски монети. Въпросната контрамарка се среща на немалко монети, дори в различни варианти (фиг. 1/ 1.1, 1.2). Има монети с контрамарки с по една, две, три и повече точки (Борейша 2009, 23–25). Пръв О. Retowski (Retowski 1901, 46) се спря на този тип контрамарка и ги определи като генузо-татарски. Доста по-късно, през осемдесете години на XX в. тази характеристика бе допълнена от G. Lunardi (Lunardi 1980, 125). Двама автори – Ю. Борейша и А. Казаров (Борейша, Казаров 2009, 23–40) обориха тази хипотеза и с голям фактически материал доказаха, че монетите принадлежат на Великия Дук на Литва Свитригайла (1430–1432). През тази епоха Литва владее територии с излаз на Черно море и граничещи с Златната Орда.

Така, мисля, че по-убедително да приемем, че описаната последователно от С. Янев и С. Авдев монета да има „литовска” а не „добруджанска” контрамарка.

## 2. Контрамарка № 6 по С. Авдев

През 1899, описвайки монетосеченията на Крим О. Retowski въведе монетни емисии със символ „Т” (тау) – семантиката им и до сега е дискуссионна. Днес съществуващите публикации по темата са противоречиви и не дават ясен отговор кой е издателят на монетите със символ „Т”. С. Авдев представи дирхем на хан Абдулах (1363–1368г.) с контрамарка „Т” (Авдев 2007, 236), отнесена от него към управлението на Йоан Тертер (фиг. 1/ 2). Монетите с различни варианти на контрамарка „Т” са типични и добре известни сред татаро-генуезките издания в Крим (фиг. 1/ 2.1, 2.2). Първоначално се бе изградило мнението, че монетите са контрамаркирани в средновековния град Тана / Азов (наследникът на античния град Танаис на устието на р. Дон), но според Н. Фомичев (Фомичев 1991, 334–335) контрамаркирани монети с такъв знак в Азов не са открити.

Очевидно контрамарките от тип „Т” са нанасяни разположени в генуезко-татарските колонии на Крим от монетарните ателиета. С. Авдев позовавайки се на интернет ресурс, представи татарски дирхем с кръгла, татарска контрамарка от типа „Хан” (фиг. 1/ 3) и предположи, че „по някакви по-обща причини, по това време са били контрамаркирани и други дирхеми” (Авдев 2007, 237). Така представено това лаконично съобщение не пояснява какво е имал автора предвид? Контрамарките от типа „Хан” са често срещани по татарските монетни типове и не изискват представянето им в контекст с предполагаемите добруджански контрамарки (фиг. 1/ 3.1). Действително съществуват монети от подобни типове с кръгла, но добруджанска контрамарка (Ovtcharov, 2013).

Повечето татарски и литовски контрамарки са нанасяни върху сребърни и медни монети. Очевидно при тази практика не става въпрос за регулиране спрямо съществуващите стандарти или акт на прокламиране на владетел. По скоро това е изява на финансовите власти отговорни за

различните райони на монетната циркулация и затова се срещат монети с по две и повече контрамарки. Една друга възможност, макар и малко вероятна е монетите да са били контрамаркирани по граничните пунктове или обменяни там с вече контрамаркирани монети. Имайки предвид че в тази епоха трудно може да се говори за гранични пунктове от съвременен тип, за потвърждаване на подобна теза са необходими и археологически доказателства.

Любопитно е, че позовавайки се на труда на G. Schlumberger (G. Schlumberger 1876) G. Lunardi (Lunardi 1980, 153) е включил при монетните емисии отсечени на о. Родос една емисия анонимни български монети от тип II „кръст с надпис *icxs*/тамга” (Дочев 2009, 120, фиг. 6). Според двамата учени, издаването им трябва да се отнесе за периода 1278–1307 г., което с малка поправка се приближава до установеното за тях от К. Дочев – периода 1323–1330 г.

## II. Монетите с голяма буква „Д”, приписвани на Добротица?

За пръв път такива монети бяха публикувани от Т. Герасимов (Герасимов 1968, 10–12), който разчете на лицевата страна името на Добротица и на опаката страна монетарницата – Калиакра (фиг. 2/ 1). Това виждане на Т. Герасимов се възприе почти без възражения. Единствено К. Дочев изрази някои общи съображения и постави под въпрос отнасянето на тези монети към управлението на Добротица (Дочев 2009, 121). Две години след съобщението на Т. Герасимов, G. Lunardi публикува книгата си за генуезко-татарските монетосечения в Крим. Особен интерес представлява един рядък фолар от Кафа, сечен до 1433 г. (Lunardi 1980, 109, fig. C-58). Според мен, въпросният фолар може да се определи като типичен колониален генуезко-татарски тип (фиг. 2/ 2, 3). На лицевата страна има конична тамга – тама, а на опаквата, традиционния генуезкия герб – кули с порта и надпис: **CARA**, който на кирилица се превежда – **КАФА**. Този фолар се среща в различни варианти и с различни надписи (**CARA**, **CARE**, **CARR**, **CRR**), като някои от тях не са добре проучени. Метричните данни са: диам. 15/17мм и тегло 0,96/1,71 г.



Впечатляваща е стиловата приликата с отдаваните на Добротица монети. Метричните данни също са със сходни параметри: диам. – 15/20 мм и тегло – 0,80/1,80 г. Голямата буква „Д” (Тамга ?) на лицевата страна наподобява коничната тамга от татаро-генуезкото издание. На опаката страна, традиционното изображение на крепостните кули с порта от генуезките издания е заменено със символ „Т” а надписа **КАФА** с предполагаемото **КАЛК**, Калиакра?

От исторически извори знаем, че управлението на Добротица се отличава с десетилетия на конфронтация с Генуа. Странно би било Добротица да копира генуезки тип монета имайки предвид, че се намира във враждебни отношения с генуезците. Както е известно, взаимоотношенията се нормализират едва след неговата смърт, при неговия наследник Йоан Тертер. Сключени са и договорни отношения с Генуа през 1387 г. Впоследствие Генуа въвежда монопол върху търговията в Черно море. Според Авдев, обвързването с генуезците е основна предпоставка за възникване на монетосечения на Йоан Тертер. Ако този монетен тип принадлежи на добруджански владетел, това може да бъде единствено Йоан Тертер. Отнасянето на тези монети към неговото управление се позовава единствено на локализацията на монетните находки, които са откриват предимно във владенията му и в последно време нараснаха (Овчаров 2013). Очевидно е, че тези монетити имитират генуезкото издание и не е изненада, че надписите по G. Lunardi и К. Дочев, имат еднаква стилова характеристика (фиг. 2/ 4), което прави малко вероятно възможността да съществува надпис **КАЛК** / Калиакра. Представеното описание на генуезкия фолар по G. Lunardi (фиг. 2/ 4.1) е вероятно идентично с описанието на К. Дочев (фиг. 2/ 4.2), **CARA : CARA**, т.е. **КАФА**. Начинът на изписване на буквата **А** е характерен за повечето генузо-татарски издания и е идентичен при двата типа монети, който до сега се възприемаше при добруджанският вариант като **К** и от там следваше топонима Калиакра. Имайки предвид, че имитативните издания, следват първообраза, официалното издание, то вероятно става въпрос за надпис:

**КАФА**. Идентично изписване на буква **А (К)**, макар и от друг период има описано при дискуссионните български грошове в каталога на К. Дочев (Дочев 2009, 260, 265, 266; фиг. 3).

Така според мен, не трябва да се отхвърлят възможностите за преразглеждане на издателя на разгледаните монетни типове.

1. Имитативните фолари с „Д” са издания на Йоан Тертер или на генуезките търговци, резидирали във владенията му. Генуезкото влияние е дало отражение върху стиловите и метричните параметри на монетите, копирайки изданието от Кафа. Тази емисия е емитирана в монетарницата Калиакра (**КАЛК**) и е потвърждение на обвързаността му към генуезката монетна политика.

2. Фоларите с тамга „Д” – „делта” и надписи **CARA/CARE** са рядък генузо-татарски тип, който е бил произвеждан в нелокализирана монетарница, намираща се във владенията на добруджанските владетели или в непосредствена близост до тях. Имайки предвид зависимостта на тези владетели от Златната Орда, това твърдение е напълно възможно. При този вариант е заменен традиционния генуезкия герб – кули с порта с тамга „Т”, която е известна от генуезките издания и контрамарки (фиг. 1/ 2, 2.1, 2.2) и по случайност, частично съвпада с монограма на владетеля Йоан Тертер, известен от Дръстърските монетни издания (РТР). В подкрепа на тази теза се явява една татарска контрамарка със символ „Д” – „делта”, идентична по начин на изписване и гравьорска работа с голямата буква „Д” която обичайно се възприемама в българската литературата за титлата Деспот. С повече фантазия и желание за откривателство, може спокойно да добавим татарските контрамарки от типа „Д” (фиг. 4) към изданията на Добротица. Според мен, начина на изписване на деспотския символ „Д” с прилежащите му странични рамена е повече от странен, а доказателствата подкрепящи съществуването на надпис **КАЛК** на този етап за незадоволителни.

Представеното по-горе виждане, хвърля нова светлина върху тези монетни типове и е възможно до допринесе до решение на дискусията (фиг. 5).



Фиг. 1

**ΛΓΕΝΧ**

Фиг. 3



Фиг. 4



Фиг. 2

Фиг. 5. (d. 14 мм; m. 0, 30г)

Неописан сребърен грош от края на XIV или средата на XVв.

Л: Св. Георги (Св. Евгений ?), прав настреща с копие в дясна ръка, нечетлив надпис: ОА Г....?

О: Монограм съставен символи- Т (тау), V и звезда. По периферията свързани акантови листа и зрънчест кръг от точки.

Метричните данни както и стиловите особености биха определили монетата като генуезко-татарска от района на Крим. Стиллова аналогия има с монетосеченето на Генуезката банка св. Георги (1453г) от Кафа въпреки, че на тях светецът е на кон. Ако изображеният светец е Св. Евгений, то вероятен издател

може да се окаже близък до Трапезундската империя. Подобно изображение на светеца се среща при изданията на Йоан II (1280-1297), (Сear, стр370 изобр. 2609). Според Бронеvски, 1867г. стр.344, след приседияването на Трапезунд към Османската империя (1461г), наследници на бившата императорска фамилия се заселват на Крим и вероятно са получили определен суверенитет. Любопитно е, че на територията на Трабзунд се срещат археологически паметници със символ Т. Ако приемем възможността да е изобразен Т-образен кръст, тогава стилова аналогия съществува с златните емисии „Тарий“, изданият на от о. Сицилия по времето на Великия дук Роджер (XI в). Интересно е, че единични находки се откриват на територията на Североизточна България, т.е. във владенията на Добруджанските владетели (?). Въпреки оживената дискусия, която се проведе, все още е трудно да се определи кой е поръчител на това монетосечене. Искam да благодаря на колегите, които се включиха: Проф. Русев, Молдова; Музеен кабинет на монетите-Федосия, Украйна; Ернест Оберлендер, Романия; Проф. Емеринг и Проф. Хан, Австрия; Нумизматичния кабинет към Брититанския музей и Фитзуилиам музей, Англия; Германското нумизматично дружество; сътрудници на Американското нумизматично дружество, Съединени Американски Щати.

### Благодарности

Докладът е финансиран от ФНИ Фонд „Научни изследвания“, по договор № ДФНИ-K01/0014 от 04.12.2012 на тема „Технологично развитие на монетосеченето по българските земи от Античността до Възраждането”

### Литература

G. Lunardi. Le monete delle colonie genovesi. – ASLSP (Atti della societa ligure di storia Patria), NS. Genova, 1980.

Н. Фомичев. Монетното обръщение в средновековния град Азов през 10–15 век. Международен конгрес по Византология, с. 334–35, 1991.

С. Авдев. Българските средновековни монети. София, 2007.

Т. Герасимов. Медни монети на деспот Добротица – владетел на Карвунската Земя. – Археология, 3, 1968, с. 10–12.

К. Дочев. Каталог на българските средновековни монети XIII–XIV век. Велико Търново, 2009.

O. Retowski. Genuesko-Tatarskija monety. Sinferopoli, 1896, 1897, 1901.

O. Retowski. Die Munzen der Girei. Pietroburgo, 1901, p. 26.

V. Ovtcharov. Detailed investigation of countermarked coinage from Dobrudja Despotat. – In: REDIVA, 2013.

В. Овчаров. Редки и неописани български монети от XIV век. – AMV (Acta musei Varnaensis), VIII-2, 2013.

Ю. Борейша, А. Казаров. О надчеканках „Колюмн” Витовта Кейстутовича и Свидригайлы Ольгердовича. Минск, 2009.

G. Schlumberger. Numismatique de Rhodes avant la conquête de l’île par les chevaliers de Saint-Jean (les Gabalas et leurs divers successeurs). – Revue Archéologique, 31, 1876.

М. Бронеvски. Описание Крыма. – ЗООД, VI, 1867.

Д. Сear. Каталог на византийските монети. София2000

### За контакти:

д-р Владимир Овчаров  
e-mail: vl.ovtcharov@yahoo.com

## LNG КАТО КОРАБНО ГОРИВО – ВЪЗМОЖНОСТИ И ПРОБЛЕМИ

Петър Георгиев

**Abstract:** *International Marine Organization has introduced restrictions on emissions that will come into force in 2015 in the Emission Control Areas and 2020 for the rest of the world. In order to be compliant with the restrictions, one of the solutions is using LNG as a fuel on ships. Today, around 40 ships are running on LNG and this number will grow. The paper calls naval architects to these problems and presents the pros and cons and starts discussion on the needs of future investigations.*

**Keywords:** *Emission Control Areas, LNG, MARPOL, NO<sub>x</sub> SO<sub>x</sub> Emissions.*

## 1. ИЗИСКВАНИЯ НА ИМО ЗА ОПАЗВАНЕ НА ОКОЛНАТА СРЕДА

През 1997 година към конвенцията MARPOL беше добавен Анекс VI съдържащ Правила за предотвратяване замърсяването на въздуха от кораби с цел да се намалят емисиите на серни окиси (SO<sub>x</sub>), азотни окиси (NO<sub>x</sub>), вещества разрушаващи озоновия слой (Ozone Depleting Substances - ODS) и летливи органични съединения (Volatile Organic Compounds - VOC) [1].

В съответствие с приетия регламент, Анекс влезе в действие на 19 май 2005 и той се прилага с обратна сила за двигатели с мощност по-голяма от 130 kW инсталирани на кораби построени сред 1 януари 2000.

Приетият Анекс, е ревизиран през 2008 и той въвежда: (1) актуализирани изисквания към качествата на горивата от юли 2010; (2) следващите степени – II и III на стандартите за NO<sub>x</sub> емисии на новите двигатели и (3) – ниво I на стандарта за NO<sub>x</sub> за съществуващите преди 2000 година двигатели.

С Анекс VI са дефинирани две групи изисквания към емисиите и горивата: 1) глобални и 2) значително по-строги за кораби в т.нар Зони за контрол на емисиите (Emission Control Area - ECA). Съществуващите зони са представени на Фиг. 1 а контролираните емисии и годината на приемане/влизане в сила са както следва: Балтийско море (SO<sub>x</sub>, 1997/2005); Северно море (SO<sub>x</sub>, 2005/2006); Северна Америка включваща бреговата ивица на САЩ и Канада (NO<sub>x</sub> и SO<sub>x</sub>, 2010/2012); Караибска

зона с Пуерто Рико и Американски Вирджински острови (NO<sub>x</sub> и SO<sub>x</sub>, 2011/2014).

### 1.1. Стандарт за NO<sub>x</sub> емисии

Ограниченията за емисиите (g/kWh) на NO<sub>x</sub> от дизеловите двигатели зависят за трите нива от оборотите (*n*) и са представени в Табл. 1 и на Фиг. 2 [1].

Табл. 1. Норми за емисии на NO<sub>x</sub>

| Дата            | NO <sub>x</sub> лимит, g/kWh |                              |
|-----------------|------------------------------|------------------------------|
|                 | <i>n</i> < 130               | 130 ≤ <i>n</i> < 2000        |
| 2000 (Ниво I)   | 17.0                         | 45. <i>n</i> <sup>0.2</sup>  |
| 2011 (Ниво /II) | 14.4                         | 44. <i>n</i> <sup>0.23</sup> |
| 2016*           | 3.4                          | 9. <i>n</i> <sup>0.2</sup>   |

\*В NO<sub>x</sub> ECA (Ниво II на стандарта извън ECA).

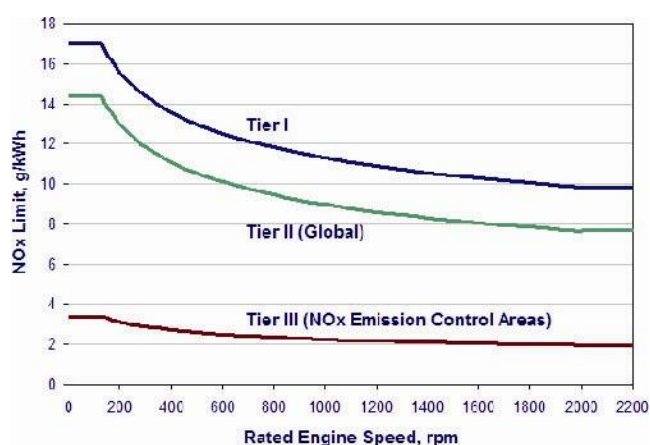
Тестването се извършва съгласно ISO 8178, който е международен стандарт за измерване на емисиите на отработени газове от двигатели, който не се използват по сухоземните пътища.

### 1.2. Съдържание на сяра в горивото

Анекс VI на MARPOL задава граници на съдържанието на сяра в горивото, като мярка за контрол на емисиите от SO<sub>x</sub>. Стойностите на тези лимити са в % m/m, което задава процентно съотношение на масите. Например, лимита за сяра в автомобилното гориво в ЕС е 0.001 % m/m = 10 mg/kg = 10 ppm (parts per million). Лимитите, както и годината на прилагане са представени в Табл. 2 и на Фиг. 3.



Фиг. 1. Съществуващи ЕСА зони в Северна Америка и Европа (адаптирано по [2])



Фиг. 2. Допустими нива на NO<sub>x</sub> в зависимост от скоростта на двигателя



Фиг. 3. Допустими съдържание на сяра в горивото

Едновременно с използването на гориво с ниско съдържание на сяра, могат да се прилагат и допълнителни технологични решения за намаляване на емисиите от SO<sub>x</sub>. Например, заедно с използването на гориво с 1.5% S в зоните SO<sub>x</sub>-ECA може да се използват скрубери или други устройства, които да сведат емисиите от SO<sub>2</sub> до  $\leq 6$  g/kWh.

Табл. 2. Норми за съдържанието на сяра в горивото

| Дата    | Лимит сяра в горивото, %<br>m/m |          |
|---------|---------------------------------|----------|
|         | SO <sub>x</sub> ECA             | Глобално |
| 2000    | 1.5 %                           | 4.5 %    |
| 2010.07 | 1.0 %                           | 3.5 %    |
| 2012    | 0.1 %                           | 0.5 %    |
| 2015    | 0.1 %                           | 0.5 %    |
| 2020*   | 0.1 %                           | 0.5 %    |

\*Алтернативна дата е 2025, което ще се реши през 2018

В Европа, Директива 2012/32/EU от 21.11.2012 актуализира предишна и задава съдържанието на сяра в морското гориво в съответствие с Анекс VI на ИМО, елиминирайки възможността за отлагане на решението за 0.5% след 2020 година.

### 1.3. Алтернативни технически решения

Корабособствениците имат три реалистични алтернативи за достигане на приетите нива на вредни емисии [3]:

#### a. За нивата на SO<sub>x</sub>:

- Използване на морско дизелово гориво (marine diesel oil - MDO);
- Инсталиране на скрубери;
- Преустройство на кораба за използване на LNG (Liquefied natural gas) като гориво.

#### b. За нивата на NO<sub>x</sub>:



- Единствена алтернатива е LNG като гориво, за достигане ниво III на стандарта.

Във всеки случай, на корабите ще трябва да се инсталират системи подобни на SCR (селективна каталитична редукция) ако се използва MDO и HFO (Heavy Fuel Oil).

## 2. LNG КАТО АЛТЕРНАТИВА НА ИЗПОЛЗВАНИТЕ ГОРИВА

### 2.1. Международни изисквания

Няколко са вече влезлите в сила или разработвани в момента международни изисквания, свързани с използването на втечен природен газ като гориво [5];

- Res. MSC 285(86) “*The Interim Guidelines address the safety of ships utilizing natural gas as fuel*” [4]. Издадена е през 2009 г и няма задължителен характер. Използването на LNG като гориво на кораби, което не го превозват, се разрешава от съответната Администрация;
- Понастоящем се разработва *International Code for Ships using Gas or other Low Flash-Point Fuels* (IGF Code). Освен за LNG, кодексът ще регулира използването и на други горива с ниска точка на възпламеняване – метилов алкохол, пропан-бутан и др. Поставеният срок за завършване е 2015 година.
- *International Code for the Construction & Equipment of Ships Carrying Liquefied Gases in Bulk* (IGC Code). Кодексът съдържа изискванията към корабите превозващи LNG, като нов момент в него е разработването на правила за плаващите средства за бункерване на корабите използващи втечен газ като гориво.

Кратка извадка от тези правила, дава представа за същността на изискванията.

Описание на съдържането и някои характеристики на втечения природен газ и е представено в Resolution MSC 285(86) [4]: Метан - 94.0%; Етан - 4.7%; Пропан - 0.8%; Бутан - 0.2%; Азот - 0.3% ; Плътност на газа - 0.73 kg/cm<sup>3</sup>; Плътност на течността - 0.45

kg/dm<sup>3</sup>; Калоричност (ниска) 49,5 MJ/kg; Метаново число – 83. Основните части са: Общо разположение и проектиране на системата; Пожарна безопасност; Електрически системи; Контрол, наблюдение и системи за безопасност; Компресори и газови двигатели; Производство, изработка и тестване; Изисквания към обслужването и обучението.

На базата на тази Резолюция са издадени и Правила на Класификационните организации, например GL [6] или ABS [7]. Минималните отстояние при разполагането на танковете за втечен газ трябва да бъдат:

- От бордовата обшивка на по-малкото от B/5 или 11.5 m ;
- От дъното на минимум B/15 или 2 m (по-малкото от двете);
- Никъде разстоянието d до външната обшивка да не бъде по-малко от 800 mm или следните стойности:
  - за танкове с обем  $V \leq 1000 \text{ m}^3$ ,  $d=0.8 \text{ m}$
  - за обем  $1000 \text{ m}^3 \leq V \leq 5000 \text{ m}^3$ ,  
 $d=0.75 + V \times 0.20/4000 \text{ m}$
  - за обем  $5000 \text{ m}^3 \leq V \leq 30000 \text{ m}^3$ ,  
 $d = 0.8 + V/25000 \text{ m}$

### 2.2. Реализирани кораби

Към 2013 година има преоборудвани 38 кораба за използване на LNG за гориво и са поръчани още толкова [5]. Прогнозите са за 1000 кораба до 2020 при използване на 5-7 млн. тона LNG на година. Повечето от въведените в експлоатация кораби са в Норвегия и са наблюдаване от DNV. На Фиг. 4 е показан първия кораб преоборудван за работа с втечен природен газ – ферибота “Glutra”. На Фиг. 5 е представен пътнически ферибот за 600 пътника, а на Фиг. 7 снабдителни кораби. На Фиг. 8 е показан един от трите кораба на Норвежката брегова охрана, с максимална скорост от 20 kn. Фигура 9 представя първият продуктовоз, използващ втечен природен газ и сертифициран от GL. Новите проекти са свързани с Ро-Ро кораб (Фиг. 10) и кораб за насипни товари на японската корабостроителница Oshima (Фиг.11). На фигурите е показано разположението на танковете за втечен природен газ.



Фиг. 4. Първият кораб с гориво LNG [8]



Фиг. 5. Пътнически ферибот за 600 пътника [9]



Фиг. 6. Снабдителни кораби използващи LNG като гориво [9]



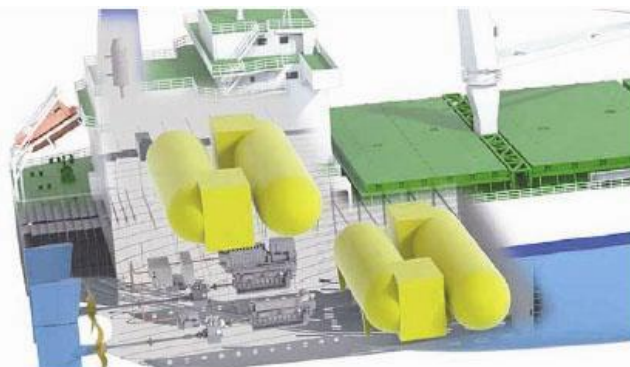
Фиг. 7. Норвежки кораба на бреговата охрана [9]



Фиг.8.Първият продуктовоз с LNG гориво [10]



Фиг. 9. Проект на Ро-Ро [9]]



Фиг. 10 КНТ на фирмата Oshima [9]



### 3. ПРОБЛЕМНИ ВЪПРОСИ

Предимствата и недостатъците на използването на втечнения природен газ като гориво на корабите могат да се обобщят в Табл. 3[3]

Табл.3. Предимства и недостатъци на LNG като гориво

| Предимства                                                                                                                                                                                                                                                            | Недостатъци                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Няма нужда от системи за селективна каталитична редукция-Selective Catalytic Reduction;</li> <li>• Намалва емисията CO<sub>2</sub>;</li> <li>• По-малка и лесна поддръжка на двигателя, поради по-чистото горене;</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Непълното изгаряне го прави по-опасен от CO<sub>2</sub> парников газ;</li> <li>• Необходими са допълнителни мерки за пълно изгаряне при прилагането на кораб;</li> <li>• Необходимо е повече пространство за съхранение на горивото;</li> <li>• Ограничени възможности за бункерование;</li> <li>• Липсват обучени кадри по поддръжка и обслужване на цялата верига.</li> </ul> |

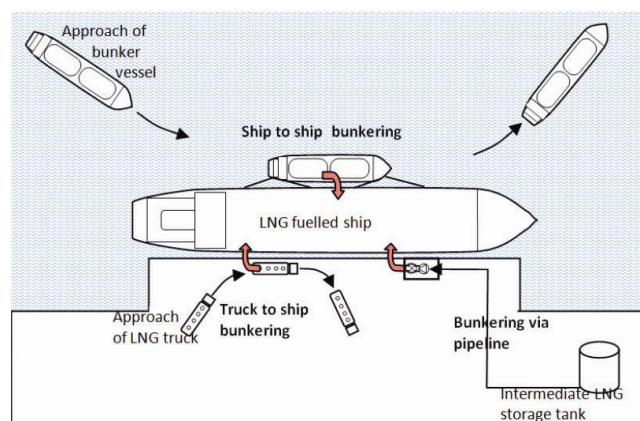
Важното предимство е, че ще може да се достигнат нормите по отношение на SO<sub>x</sub> и NO<sub>x</sub> при същевременно около 20% по-ниско ниво на отделян CO<sub>2</sub>. Наред с това, непълното изгаряне на метана, го прави 20-25 пъти по-опасен парников газ, сравнен с CO<sub>2</sub> и това, компрометира ефекта от намалението на CO<sub>2</sub>. Поради “по-чистото” горене, поддръжката и обслужването на двигателите е по-лесно и икономично.

Наред с безспорните предимства, използването на LNG като гориво има все още редица проблеми, които възпрепятстват разпространението му във всички части на континента. Специалната форма на танковете, необходимостта от изолации и изискванията за разположение, водят до 3 - 4 пъти по-голям обем за горивото, сравнен с класическите схеми.

На Фиг. 11 са показани различни схеми за бункерование на кораба, което може да стане от брегова станция, чрез камиони или чрез снабдителен кораб по море. Момент от бункерование на кораб от камион е представен на Фиг. 12. Въпреки различните начини,

местата за бункерование са недостатъчни и са предимно съсредоточени в Норвегия (Фиг. 13). Това е и основната причина там да има най-много кораби в експлоатация използващи втечнен природен газ като гориво.

Сериозна пречка пред мащабното прилагане на LNG като гориво се отчита и липсата на подготвени кадри, свързани с бункерването, експлоатация и обслужването на новите системи и устройства.



Фиг. 11. Схеми за бункерование с LNG[11]



Фиг.12.Бункерование от камион на брега [13]



Фиг.13.Станции за бункерование с LNG [12]

#### 4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Извършеното кратко проучване, представя сравнително нов проблем, който е показателен, за процеса на търсене на инженерни решения за повишаване на ефективността на морския транспорт и едновременно опазване на околната среда и намаляване на вредните емисии.

Наред с безспорните предимства от използването на втечения природен газ като гориво, се открояват и двете основни групи проблеми – организационни и чисто технически. Към организационните можем да причислим развитието на международното законодателство и Правила, както и необходимата инфраструктура за доставка и бункерване на LNG.

Втората група проблеми са свързани с чисто технически решения и по-скоро с надеждна методика за оценка на ефективността от прилагането на едно или друго решение, за съществуващи и новостроящи се кораби.

Това изследване поставя повече въпроси, отколкото дава отговори, особено за българските условия и преди всичко има ли втечен природен газ в района на Черно море.

На сайта [14] са описани всички терминали за втечен природен газ в Европа. В района на Черно море или в непосредствена близост терминали за внос на LNG са:

- Revithoussa Island, Megara Bay – Attica – Гърция;
- Izmir, Aliaga, - Източна Турция;
- Marmara, Ereğlisi – Източна Турция

Кратко описание на състоянието на снабдяването на района на Черно море с втечен природен газ дава украинският посланик в Турция Сергей Корсунский в статия във вестник *Today's Zaman* (един от трите ежедневника в Турция излизати на английски език. Основан 16 януари 2007) с интригуващото заглавие “LNG terminals around the Black Sea: Fact or fiction?”.

Първоначалната идея за доставка на втечен природен газ от Катар за Украйна, Румъния, Унгария и България е малко вероятна поради нежеланието на Турция до допусне трафик в Босфора на кораби превозващи LNG.

Като нов момент е отбелязан проекта AGRI LNG (Azerbaijan- Georgia- Romania Interconnector). Проектът AGRI предвижда пет стъпки: транспортиране на азербайджански газ от съществуващия тръбопровод на запад през Грузия до черноморското пристанище Кулеви (петролен терминал собственост на Азербайджан); втечняване на газа; транспортиране на втечения газ чрез малки танкери до Констанца (Румъния); регазифициране и доставка в тръбопроводната система на Румъния както и част за Унгария и евентуално потребление в Австрия. Този проект е в развитие, но не са ясни конкретните резултати.

Авторът на статията прави заключението, че нищо не може да се случи в нашето море без Турция, затова е разумно да се предположи, че южната ни съседка може да участва в развитието на пазара на втечен природен газ в Черно море. Това може да се направи по два начина: чрез тръбопровода Набуко, като се предостави маршрут до брега на Черно море при Трабзон или Самсун и се изгради терминал за втечен газ; да се използва газ от Северен Ирак, който да се достави до Самсун и да се втечни там. Заключението е, че през Черно Море е най-безопасно транспортирането на втечен природен газ, сравнено с прекарването на тръбопровод или кораби през Босфора.

Въпреки тази неясна картина по отношение снабдяването с втечен природен газ, специалистите в България трябва да са готови със своите технически решения, относно приложимостта и ефективността на тази нова тенденция. Възможно е нейното прилагане да бъде наложено от обстоятелствата свързани с международните норми за корабоплаване.

Според автора, заслужава внимание проучването на възможностите за прилагане на LNG като гориво на новия ферибот “Варна” по линията Варна – Порт Кавказ.

#### Литература

- [1]. <http://www.dieselnet.com/standards/inter/immo.php>
- [2]. DNV report. Shipping 2020, [www.dnv.com](http://www.dnv.com)

- [3]. Semolinos, P., Olsen, G., Giacosa, A. LNG as marine fuel” Challenges to be overcome. 17<sup>th</sup> International Conference & Exhibition on Liquefied Natural Gas, April 16-19, 2013, Houston, Texas
- [4]. RES. MSC.285 (86). Interim Guidelines on Safety for Natural Gas-fuelled Engine Installations in Ships. adopted on 1 June 2009
- [5]. Henning M. LNG Fuelled Shipping – A Post Singapore JIP Update. Sea Asia – Technical day 11 APRIL 2013,
- [6]. Guidelines for the Use of Gas as Fuel for Ships, Germanischer Lloyd, 1 May 2010.
- [7]. Guide for Propulsion and Auxiliary Systems For Fueled Ships. ABS, May 2011 (Updated July 2013)
- [8]. Stokholm, R.M., Roaldsoy, J.S. LNG used to power the FERRY “GLUTRA” in Norway. The world first FERRY to run on LNG. <http://www.ipt.ntnu.no/~jsg/undervisning/naturgass/dokumenter/Stokholm2002Paper.pdf>
- [9]. Teo, T. LNG Fuel. What’s current & What’s Next, Oshima ECO-Ship 2020, January 2012
- [10]. [http://www.gl-group.com/en/press/news\\_lng\\_fuelled\\_bit\\_viking.php](http://www.gl-group.com/en/press/news_lng_fuelled_bit_viking.php)
- [11]. Näslund, M. LNG - Status in Denmark. Technology and Potential. Project report, Danish Gas Technology Centre, ISBN : 978-87-7795-348-
- [12]. Skjervheim, A. Availability of LNG for bunkering. 29th International Bunker Conference, Copenhagen, April 2008.
- [13]. <http://www.elbehafen.de/en/news/>
- [14]. <http://abarrelfull.wikidot.com/lng-terminals-in-europe>
- [15]. Korsunsky, S. LNG terminals around the Black Sea: Fact or fiction?, *Today's Zaman*, 20 March, 2011

**За контакти:**

Петър Георгиев  
доц. д-р  
Технически университет - Варна  
Зам. Декан НКР на КФ  
e-mail: petar.ge@tu-varna.bg



**НЯКОИ ХАРАКТЕРИСТИКИ НА БЪЛГАРСКАТА МОРСКА КУЛТУРА****Александър Александров****Въведение**

Напоследък все по-често и по-ясно се изказват становища, че държавата ни няма приоритети и лидери, които да поведат хората. Едно от доказателствата за това е, че сме на последно място в Европейския съюз по БВП. В тази насока съществуват и редица други параметри, които показват състоянието на нацията. Например, демографската криза, която се забелязва още в края на 80те години, но сега сме най-силно застаряващата нация в света. Не е за подценяване и словесната ни самооценка: „Има народи, които от пустинята направиха рай, докато ние правим от рая пустиня”. За целите на този доклад повече факти за плачевното ни състояние не са необходими. По-скоро си заслужава да се обърне внимание на някои възможности за излизане от това тежко положение. Спираме се на няколко компонента: природни дадености, традиции, способности на хората, национална и международна обстановка.

Река Дунав и Черно море, а чрез тях и Световния океан, са ресурс с много сериозен потенциал, който сме длъжни да използваме. За целенасочени и ефективни действия е необходимо да имаме цялостно обвързана национална дунавска и морска политика, стратегии, планове и програми за развитие на дунавска и морска индустрия. Тезата ни е, че тези две индустрии могат да бъдат един от комплексните стратегически национални приоритети. И за това има обективни предпоставки. Създаването на българската морска и дунавска индустрия започва няколко години след Освобождението от Турско робство, когато тогавашните ръководители на нашата държава са започнали изграждането им. България е имала морска и дунавска индустрия, които са се развивали с различни темпове във времето. Имало е период на основаване и разрастване (1880 – 1980 г.)

последван от упадък след това. Тези срокове са относителни, но при една сериозна работа, е възможно да бъдат уточнени. Разглежданите индустрии имат една и съща структура. Тук ще анализираме само морската индустрия.

През 1879 г. са поставени основите на бъдещия ни военно-морски флот. Само две години по-късно през 1881 г. - на Морското училище (сега вече имаме морска образователна система), а през 1892 г. и на Българското търговско параходното дружество, т.е. съвременното корабоплаване. В края на 80те години на XX век тази индустрия вече има завършен вид, което личи от функционирането на редица морски дейности: корабостроене и прилежащите му отрасли; корабоплаване със значителен национален корабен тонаж; морска образователна и научно-изследователска система; застраховане, пристанищни дейности и пилотаж; търсене и спасяване и опазване на морската среда; морски туризъм и други. Корабостроенето и кораборемонта, които са част от тежкото машиностроене, заедно със съпътстващите ги отрасли от леката индустрия определят морската индустрия като стратегическа, тъй като тя участва в промишлената част на националния брутен вътрешен продукт и осигурява работни места за много хора. В недалечно минало имаме формулировка – „България – морска държава”. Ако за други неща само се е говорело, то тук беше направено много. Вече отдавна е известно, че още в годините преди смяната на обществената система и сега в продължаващия преход, обществото ни е в криза. Независимо от това някои отрасли на морската ни индустрия продължават да служат на хората. За запазването и развитието им, както и за появата на нови сектори от основно значение е състоянието на нашата морска култура.

Наред с това много е важно да се приобщим към приоритетите на страните от Европейския съюз (ЕС), които отговарят и на нашите национални интереси. В този смисъл използването на морските и дунавски ресурси е комплексен приоритет за Евросъюза и повечето държави-членки. Неопровержимо доказателство за това са редица резолюции и директиви на Европейския парламент (ЕП) и Европейската комисия (ЕК), които съвсем ясно показват, че морската политика и практиките за реализирането ѝ са декларираны с приоритетно значение.

Потенциал има. Държавата би трябвало да стане гарант, тъй като морската индустрия има стратегически отрасли, засягащи националната сигурност. Би могло да се очаква, че обявяването на приоритетно значение, финансовото и организационно подпомагане ще спомогне за активизиране на хората. Освен това записването на този приоритет в националните планове и програми за икономическо развитие изисквани от европейските институции е важна предпоставка за обосноваването и обективно достигане до средствата по редица еврофондове, които по морската тематика не са малко. От нас зависи, доколко рационално ще ги използваме. Доказано е, че финансиране има, но за стойностни идеи. Отново стигаме до състоянието на културата, и в частност на морската култура.

### Определения и класификация

Понятието „Култура“ (от *латински cultura* означава *да култивирам*) има с много аспекти, поради което трудно се характеризира с едно определение. Различните дефиниции за културата отразяват многообразието от разбирания или критерии за оценяване на човешката дейност.

Определението на UNESCO за култура е:

“Култура е множеството от отличителни духовни, материални, интелектуални и емоционални черти на дадено общество или обществена група. Тя обхваща освен изкуството и литературата, начина на живот, формите на съжителство, ценностните системи, традициите и вярванията.”

Терминът и концепцията за първи път се появяват през 18-ти век и означават процес на усъвършенстване. Обичайно е думата култура в много страни да се употребява за означаване на общественото разслоение. Тя често се използва по отношение на предмети и дейности, предназначени за *елитарна* употреба, като изискана кухня, изкуство и музика. Понякога това се нарича висока култура за разлика от масовата култура. През 19-ти век смисълът се насочва към развитието на личността и поведението на индивида, свързано главно с неговото образование. Съществуват и други значения. През 20-ти век думата култура става централна идея на антропологията и означава еволюиращата човешка способност за класификация и представяне на опита чрез символи и проявяването на творчески наклонности, за които се изисква въображение

В книгата си "Ерос и Култура" Зигмунд Фройд я дефинира така:

"...думата "култура" характеризира цялата сума от успехи и начинания, с които човешкият род се е отдалечил от животинските ни предшественици, и която служи на две цели: за защита на хората от природата и за регулиране на човешките взаимоотношения."

През 1952 Крюбер и Клъкхоф съставят списък с над 200 различни дефиниции на култура, като три от основните са:

- Изтънчен вкус в областта на изящните изкуства и хуманитарните науки, дефиниция известна още като „висока култура“;
- Цялостен модел на човешкото познание, вярвания и поведение, зависещ от способността за символно мислене и социално образование;
- Комплекс от споделени ценности, цели, поведения и практики, който е характерен за дадена организация или група.

Хемингуей казва: “Всичко, което е далеч от морето, е дълбока провинция”, а Артър Кларк възкликва: “Как може тази планета да се нарича Земя, след като 80% от нея е вода”.

За целите на този доклад културата има цялостен смисъл. Тя се класифицира като:

- Физическа и духовна;

- Общочовешка и професионална (в случая-морска).

Примери:

- Политическа морска култура;
- Правна морска култура;
- Икономическа морска култура
- Здравна морска култура - морски спортове и туризъм;
- Морска история-именити български моряци;
- История на гражданското корабоплаване;
- Военно-морска история;
- Морско образование и наука;
- Професионална морска култура: оценка на риска, култура на безопасността, Култура на сигурността и опазване на околната среда и други;
- Поведенчески модели в българското мореплаване;
- Морска археология и подводно културно наследство;
- Морски паметници по нашето крайбрежие;
- Морето в изкуството: изобразително; театрално-филмово; музикално; танцувално;
- Издателска дейност.

### Характеристики на българската морска култура

Една литературна справка ще даде възможност да достигнем до редица изводи за състоянието на българската морска култура и предложения за бъдещи действия.

Ето едно становище отпреди близо 140 години, което е поместено в електронното издание на „Морски вестник” (бр.4, 25.02-11.03.2009 г., РУСКИ ДИПЛОМАТИЧЕСКИ ДОКУМЕНТИ ЗА МОРСКОТО И РЕЧНОТО СТОПАНСТВО НА ДУНАВСКИЯ ВИЛАЕТ (1865 – 1879 Г.))

„.....Записката е част от документален сборник, в който изследователят Иво Жейнов е събрал по съществени и непубликувани досега документи на Генералното консулство на Русия в Русе от 1865 до 1877 и 1879 г., съхранявани в Архива на външната политика на Руската империя (АВПРИ) към

Министерството на външните работи на Руската федерация.

..... Дунавският вилает има за северна граница река Дунав в протежение на повече от 300 мили, а за източна - Черно море, приблизително около 200 мили. При такива условия мореплаването тук би трябвало да бъде доста развито, но основният жител на този край от България е запазил в своите вени нравите и поминъка на предците си, дошли тук от волжките степи: той е бил и остава и до днес пастир и не само че не се е възползвал от ползите на благоприятното местоположение, а напротив, отстъпил ги е по Дунав на турците, а по Черно море на гърците....”

Вероятно точно тогава, веднага след Освобождението от Турско робство, нашите държавници са решили да „изненадат” света, като започват изграждането на морската и дунавската ни индустрии. Кратки сведения за това са дадени в увода. До края на 80те години на 20 век двете индустрии са в подем.

В началото на прехода, през октомври 1993 г. на национална среща в Български морски квалификационен център (БМКЦ), беше разгледана идеята за по-ефективното използване на морските и дунавските ни ресурси. В основата беше хипотезата, че създадената материална база, интелектуален потенциал, доказани успехи и международна същност на двете индустрии ще бъдат добра предпоставка за стабилност в годините на едно преустройство. На срещата се събират над 120 души от цяла България - представители на морската и дунавската индустрии, военно-морските сили, морския академичен сектор и други отрасли на двете индустрии. Направен е обзор на състоянието на някои от нашите морски учебни заведения (МУЗ). Обсъжда се възможността морската образователна система (МОС) да бъде фактор на стабилност и връзка между институциите. Приета е резолюция за обявяване пред Законодателната, Изпълнителната, Местната власт и Президентството морската и дунавската индустрия да станат един от важните национални стратегически приоритети. Документът беше внесен в Българска морска камара от представителя на Параходство БМФ – кдп Александър

Данаилов, зам.ген.директор по търговската експлоатация. Второто решение беше всяка година различни морски учебни заведения и институции да поемат организирането на национални форуми под надслов „Морската и Дунавската индустрии – един от важните национални стратегически приоритети”. Нито едно от двете предложения не се случва. Вторият форум се провежда на 04.11.2010 г. във Варна. Основен организатор е фондация „Морски съдби” (ФМС). Следващите два са през 2011 г. в Русе и през 2012 г. в Бургас, организирани от Българска морска камара със съдействието на Българска Дунавска камара и Бургаска морска асоциация, след което инициативата е прекратена. За сметка на това ФМС на 24.06.2013 г. провежда във Варна първия национален форум „Състояние и проблеми на българската морска култура” във връзка с Международния ден на моряка, обявен от Международната морска организация за 25 юни (Приложения 1 и 2). На всички форуми са поканени представители на Народното събрание, Правителството, Президентството, които не се отзовават. Обърнато е внимание само от местните власти, което е показателно за цялостното отношение и философията ни, свързани с използването на морските ресурси.

В следващите редове ще срещнем потвърждение на това становище. Информацията е от: „Форум абв”, а събитието е съвсем скорошно. Подбрани са само някои от коментарите.

- Leo  
02/03/2012, 10:36  
Цитат(pass @ 01/03/2012, 18:25)
  - Че плУваме, плуваме..., то е ясно! Кучешката!
  - Че затриха корабостроенето, и това е ясно! Защо ли (!)... Интересно! Не! Не е интересно! Ясно е!
  - Че бѣка от клакѣори, и това е ясно! Просто е ясно! Поради същата причина!
  - Ори, ори... Диййй, воле, диййй... Щеше да е смешно, ако не беше жалко!

Народното творчество (песни) не е от вчера: "Овчарче си в лодка стоеше и на меден кавал свиреше!"

- jojo\_zvjara  
02/03/2012, 10:53

Самотния капитан е изключение.  
<http://corcaroli.f2f.cx/gg.htm>, както и Папазови с яхтата Джу.

Не сме морска нация. Нямаме традицията и историята на холандеца, англичанина, испанеца, португалеца. Българина до преди четиридесет - петдесет години е бил дълбоко свързан със земята си - нивичка, дворче. Понеже сега повечето са натъпкани по градовете тази връзка е изгубена. И сега не сме нито морски, нито земеделски.

- Горския  
02/03/2012, 11:01

Бе истински "морски нации" са тези, които имат излаз на открито море, на Океан! Там хората от дълбока древност са привлечени от въпроса "какво ли има отвъд океана" и започват малко по малко да отиват все по-далеч и по-далеч. С разказите си и "съкровищата" възбуждат любопитството на други и така се формира "морска нация". Черно море е затворено, далеч от просторите на Океана и не подбужда към морски авантюри.

Това че, например чехи, швейцарци имат яхти и яхт-клубове не ги прави морски нации. Дори държавите около Средиземно море, които нямат излаз на Океан не са в пълния смисъл на думата "морски нации" - нямат големи мореплаватели, открития и завоевания - всичко това, което с поколения предизвиква интерес, желание, нужда за далечни мореплавания!

- Ask  
03/03/2012, 11:53

По повод цитат (Горския @ 02/03/2012, 11:01) Индия, Япония, Китай и други също имат излаз на океан, ама не са известни пътешественици и откриватели. Това означава ли, че не са морски нации? Виж, арабите с

техните овързани таки са стигали чак до Индийския океан, ама това пак не ги прави морски нации. Турците и те граничат със затворени морета, но се гордеят с известността на техния Пири, ама това дали ги прави морска нация?

- Горския  
05/03/2012, 10:38

По повод цитат (Ask @ 03/03/2012, 12:53)

...Индия, Япония, Китай и други също имат излаз на океан, ама не са известни пътешественици и откриватели. Това означава ли, че не са морски нации?

Морските нации (Англия, Испания, Португалия, Франция, Русия, Холандия ...) са такива, понеже са имали силна, изключителна, приоритетна ФИНАНСОВА подкрепа от властимащите: финансова и политическа!  
Подкрепа и подбуда за далечни, "отвъдморски" пътешествия и съответно завоевания!

В крайна сметка нашите съвременници с болка установяват същото, което е написал руският дипломат преди 140 год.

През 2010 г. Българска стопанска камара прави изследване и установява, че у нас има разработени 260 стратегии. Между тях няма нито една свързана с използването на ресурса море и р. Дунав. Само десетина процента от всичките наистина се спазват и работят. Липсата на една цялостна стратегическа идея с възможности за дългосрочно развитие поставя в големи затруднения целенасочеността на обществото и обезмисля творческите му усилията. От това се получава едно „разхвърляно“ количество от дейности. Добър пример за това са от една страна някои изпълнени проекти за наблюдение на р. Дунав и черноморското ни крайбрежие, но от друга - отсъствието на наши морски пристанища в стратегическите планове на ЕС. Друго не може и да бъде след като самите ние, на местно (Варненско) и национално ниво вече няколко десетилетия не можем да определим къде е мястото на

пристанище Варна-Изток: дали на брега на морето, където е сега или на брега на Варненското езеро със сериозни принципни ограничения като: плитководие, навигационни опасности (канала и Аспаруховия мост), мъгли през немалка част от годината и други. Случаят е показателен и с това, че откроява някои черти от народопсихологията ни. Например, поговорката: „Не ми давай акъл, дай ми пари“ (пари за пристанището имаше от т.н. Японски заем, който ние не използвахме, защото нямаше идеи за какво да ги инвестираме).

Как може да бъде оценено, че фондация „Морски съдби“ съвместно с Българската асоциация на морските капитани (БАМК) и Клубът на корабните механици (ККМ) повече от 6 години обосновават пред Варненската общинска и Областна администрация идеята в Морската градина да бъде изградена пластична композиция „Морски труженици“ – символ на всички, които са свързани с морето, а Министерството на културата и прилежащите му институти да забранят изграждането на скулптурата?!

Можем ли да приемем, че с постъпките си:

- Владимир Гаргов, Иван Иванов и Тодор Тодоров съответно капитан, гл. механик и боцман на контейнеровоза „MOL SUMMER“, които на 02.02.2012 г. край бреговете на Папуа, Нова Гвинея спасяват 116 души от потъналия ферибот „Rabaul Queen“ и

- Петър Петров – механик на пътническият кораб „Коста Конкордия“, който на 13.01.2012 г. спасява над 500 души от потъващия край бреговете на Италия кораб, компенсират липсата или недостатъчната морска култура на множеството?

Защото в същото време край бреговете на България и то във видимост на брега (около 10 мили) загиват 8 души от потъналия на 27.09.2008 г. кораб „Толстой“. Спасени са само двама. На 29.11.2010 г. също на десетина мили от н.Емине потъва м/к „Карам 1“. От 10 души екипаж загиват 5. Какво са правили през това време отговорните брегови служби за търсене и спасяване на море?

Признак за сериозни слабости в системата ни за националната сигурност по море е случаят с турския кораб „Седит 4“,



който в края на м.февруари 2011 г. застава на котва в забранения район около платформа „Галата” на фирма „Петреко”. Тя е на 12 мили източно от н.Галата, т.е. пред Варна. От платформата по дъното на морето до брега минава тръбопровод, по който тече природен газ. Териториалните ни води се наблюдават с помощта на съвременни радиотехнически средства от службите на четири министерства: на отбраната, на вътрешните работи, на транспорта и на земеделието. Оставяйки подробностите за анализаторите, тук ще подчертаем само някои от най-важните характеристики на случая:

- корабът пресича линията на тръбопровода с двете си котви; подводните снимки показват щети;
- арестуван е и застава на кей в пристанище Варна-запад за изясняване на случая;
- престоява близо 30 дни, без нашите власти да вземат решение и напуска пристанището и териториалните ни води, необезпокояван от никого.

В този случай можем със смирение да възкликнем, че наистина „Господ е българин” и не само това, а и да добавим, че ние сме галените му деца.

Тогава как можем да си обясним факта, че през 80те год. на 20 век тези две индустрии, функциониращи и световно признати (в класацията на ООН за морски нации ние сме между първите 40 държави) през последните три десетилетия са обречени на разрушаване? Имаме ли и как да бъде оценена нашата морска култура при условие, че:

- Европейският съюз вече два програмни периода 2007-2013 и 2014-2020 г. приема с приоритетно значение прилагането на интегрирана морска и Дунавска политика за по-ефективно използване на морските и вътрешно-водни ресурси;

- Поставя се акцент на интензивното развитие на морската и Дунавската индустрия и в същото време:

- в нашите национални приоритети не се споменава нищо такова („Споразумението за партньорство с Европейския съюз”);

- от 260 стратегии няма нито една, която да е свързана с развитието на морската и Дунавската индустрии.

## Изводи и препоръки

### Изводи

Очевидно е, че България има природни дадености, за да бъде приет национален стратегически приоритет, свързан с комплексното и ефективно използване на морския и дунавския ресурси. Това не е въпрос на партийни и личностни пристрастия, защото обслужва интересите на цялото общество..

През последните 140 години в България са създадени морска материална база, морски интелектуален потенциал, морски традиции, морско образование и морска култура, които имат своето международно признание за значимост и насоки за развитие.

Интегрираната морска и дунавска политика и съответното управление на бреговата зона са постоянен приоритет за Европейския съюз, което потвърждава тяхната значимост и за нашата страна.

Но за съжаление досега държавата ни няма цялостна стратегия за използването на тези ресурси. Действа се по-скоро според епизодични и необвързани интереси.

### Препоръки

Морската академична общност, морските неправителствени организации и публичните институции да координират дейността си и съдействат по-целенасочено за формиране на морския облик, разширяване морската култура и отстояване интересите на нацията за развитие и оползотворяване на морския ресурс.

Морската академична общност да бъде един от основните инициатори и организатори на по-ефективни действия, свързани с обосновката и реализирането на национална интегрирана морска политика и управление на бреговата зона.

Необходимо е, специално за Варна, да се извърши сериозно проучване и се обоснове най-добрият вариант за мястото и развитието

на пристанището – важен елемент от морската инфраструктура на града и страната.

Техническият университет във Варна разполага с висококвалифицирани морски специалности, които могат да окажат реално съдействие, както на местно, така и на национално ниво при обосновката и приемането на национална стратегия за ефективно използване на морските ресурси.

## ПОКАНА

Фондация „Морски съдби“ с одобрението на Инициативния комитет за честването във Варна на Международния ден на моря и съдействието на Община Варна, Общински съвет Варна и Областна администрация Варна Ви канят да участвате в работата на националния форум

### „СЪСТОЯНИЕ И ПРОБЛЕМИ НА БЪЛГАРСКАТА МОРСКА КУЛТУРА“

Варна, 24 юни 2013 г., 9:00 - 18:00, Община Варна, зала Пленарна



РЕПУБЛИКА БЪЛГАРИЯ  
Министър на образованието и науката

ДО  
Г-Н АЛЕКСАНДЪР АЛЕКСАНДРОВ  
ОРГАНИЗАЦИОНЕН СЕКРЕТАР НА  
ФОНДАЦИЯ „МОРСКИ СЪДБИ“

24 юни 2013 г., Варна

УВАЖАЕМИ ГОСПОДИН АЛЕКСАНДРОВ,  
УВАЖАЕМИ ГОСПОЖИ И ГОСПОДА,

За мен е удоволствие да Ви поздравя с провеждането на конференцията „Състояние и проблеми на българската морска култура“ именно тук, във Варна, в навечерието на Международния ден на моря.

България, чиято източна граница е Черно море, винаги е била активен участник в процесите, свързани с международната морска култура. Българските специалисти, работещи в секторите, свързани с морето, имат значителен принос по отношение развитието на корабостроителството. Затова е толкова важно да има форуми, които да набелязват проблемите и начините за решаването им по отношение на морската култура.

Събития като днешното доказват, че споделянето на добрите практики създава традиции за мултиплициране на знанието и опита сред специалистите в тази област.

На всички участници в конференцията „Състояние и проблеми на българската морска култура“ пожелавам плодотворна работа и професионални успехи.

ПРОФ. Д-Р АНЕЛИЯ КЛИСАРОВА  
Министър на образованието и науката

## Литература:

Александров Ал. Г., Паунова С. В., Недялков В., Оптимизиране на Българската морска образователна система за повишаване качеството на обучението и квалификацията и привеждането им в съответствие със стандартите на Европейския съюз, Министерство на транспорта и съобщенията, ИА „Морска администрация“, Национален форум, 2003 г.;

Александров Ал. Г., Морската индустрия – един от важните национални кономически приоритети на България, Сб. Юбилейна научна конференция „60 год. кат. Икономика на транспорта“, УНСС, 2010;

Александров А., Иванов И., Предпоставки за приемане на морската и Дунавската индустрии като един от важните национални приоритети на България, Съюз на учените, секция ТУ, Варна, 2012 г.

Alexandrov A., Investigation into an optimal model of Maritime Education and Training system amongst the European Union member states in the light of the international legislative instruments and new technologies, World Maritime University, Malmo, Sweden, 1999;

Alexandrov Al.-The EU Strategy for the Black Sea - some aspects of maritime search and rescue and safety of life at sea (a Master point of view), International conference, Black sea institute, Bourgas, 2011

Alexandrov Al.-A safety model at sea, Marine scientific forum „Problems of maritime education, sciences for the sea and ship, v.1, Naval Academy “N.Y.Vaptsarov”, Varna, 2008;

European Parliament 2009 – 2014, Committee on Regional Development, Opinion of the Committee on Regional Development for the Committee on Foreign Affairs on an EU Strategy for the Black Sea (2010/2087(INI)), 02.12.2010 – Strasbourg;

[http://dariknews.bg/view\\_article.php?article\\_id=690164](http://dariknews.bg/view_article.php?article_id=690164), Арестуван турски кораб избяга на Гранична полиция, 26 март 2011;

[www.dnevnik.bg](http://www.dnevnik.bg), Потъналият край Емине кораб е имал 10 души екипаж, 27.09.2008;

[www.varnautre.bg](http://www.varnautre.bg), Издирват още петима от екипажа на потъналия "Карам 1", Жулиета Цветкова, 29.11.2010;

[www.morskivestnik.com](http://www.morskivestnik.com), Александров Ал., Обосновка на фондация „Морски съдби“ за изграждане на морски символ на Варна, 21.04.2010;

## За контакти:

Александър Г. Александров  
Капитан далечно плаване  
Магистър по морско образование, Световен морски университет, Малмьо, Швеция  
Стипендиант на ЕК в СВМ, Малмьо, Швеция  
Научен сътрудник в Международния морски изследователски център, Кардиф, Уелс  
e-mail: alekb@gmail.com

## ЗА ТАКА НАРЕЧЕНИТЕ „АМУЛЕТИ КОННИЦИ С МЪЖКА ГЛАВА”

Йото Валериев, Йордан Бояджиев

**Abstract:** The article presents results of analyzes of group of tiny metal plastic ornaments. Studies were made with non destructive device "Bruker S1 Sorter". The pendants "horses with male head" are described by the archaeologists as casted from bronze, but the metalographic analyse shows that two such figures kept in Varna Historical Museum consist except Cu / copper (about 60-70 %) also Zn / zinc (20 % and more). That proportion of the metals is totally different than in the so called pendants "horseman on the left" (see the table). In that connection it is important to remember that as a pure metal, the zinc was obtained in the end of the Middle Ages, and the production in big quantities started not until the end of 18th century. The "Proto-Bulgar" identification of pendants "horses with male head" is rejected – there are grounds to date these artifacts at the time of the Late Middle Ages and beyond, most probably in the 19th century.

**Keyword:** roentaen analysis, metal plastic ornaments, amulets - horses

На една група паметници на дребната металопластика – така наречените амулети „кончета с мъжка глава” са спирали вниманието си мнозина автори – някои в обобщаващи трудове[1], други – в статии с тема „прабългарски амулети”[2]. Определяни като „образи на прадеда у славяни и прабългари”, „шамански маски към изображението на кон”, „антропоморфизирани образ на Тангра” или „конника-герой” и пр., тези любопитни „висулки” (всички имат отвори за окачване) така и останаха незадоволително обяснени.

Най-подробно върху тях се спира К. Меламед, която посочва местата и обстоятелствата при откриването на „амулетите-коне, яздени от мъжка глава”, а също така и дава най-пълна библиографска справка[3]. Още в началото на статията авторката уточнява, че „всички [автори] са еднородни” в прабългарската принадлежност и датировка в VIII–IX в.[4] с изключение на Л. Джидрова, която ги отнася между края на V – края на VIII в.[5]. След обширен екскурс из източните митологии, авторката все пак заключава, че има основания „амулетите да се свържат сравнително с най-голяма вероятност с прабългарската култура, но дадената им засега датировка VIII–IX в. да се приеме твърде условно”[6].

Колебанията в интерпретацията и датировката на амулетите „кончета с мъжка глава” бе частично преодоляна след статията на Р. Рашев за „съмнителни и недостоверни паметници на прабългарската култура”[7]. Макар да поставя въпросът за „странното” определяне на коментираните предмети и да отрича „прабългарската” им характеристика, то в края на коментара си Рашев не изключва

те да са все пак „византийски” (с паралел от X–XII в.), сиреч – също ги отнася към Ранното Средновековие[8].

Последно на амулетите „кончета с мъжка глава” се спират П. Георгиев в един каталог на паметници с антропоморфно изображение[9] и U. Fiedler[10] в статия за материалната култура на късните номади на Долния Дунав. И в двете работи се възприемат вече познатите характеристики и датировки.

Прочее, справедливо е да се припомни, че въпросните амулети или висулки „кончета с мъжка глава” най-често са публикувани заедно или поне са коментирани във връзка с друга група паметници на дребната металопластика – така наречените амулети „конници в ход наляво”. Възприетата в първите публикации „прабългарска” принадлежност на амулетите „конници в ход наляво” бе коригирана за пръв път от Л. Дончева-Петкова[11] и възприета окончателно след споменатата по-горе статия на Р. Рашев[12]. Това „съвместно публикуване” без съмнение изигра известна „подвеждаща” роля, както при интерпретацията, че и при двете групи паметници става дума за паметници на прабългарската култура, така и при датировката в Ранното Средновековие.



За нуждите на едно обобщаващо изследване бяха направени спектрални анализи[13] на група паметници – определяните като къснономадски – амулети „висящи пандантиви”[14], амулети „конници в ход наляво”[15] – всички с безспорна датировка в XI в., но също така и на две висулки „кончета с мъжка глава” (фиг. 1) от фонда на Археологическия музей във Варна.



**Фиг. 1.** Две висулки „кончета с мъжка глава” от фонда на Археологическия музей във Варна

Фигурките на „кончета с мъжка глава” се определят от изследователите като „бронзови“, но спектралното изследване на двете фигурки от фонда на музея във Варна показва, че освен Cu / мед (около 60-70 %) съдържанието на Zn / цинк при тях е в десетки пъти повече (достига 20 и повече %) от това при амулетите „конници в ход наляво” (виж таблица 1). В тази връзка е важно да се припомни, че като чист метал цинкът е получен в края на Средновековието, а в големи количества започва да се произвежда едва в края на XVIII в. Макар посочените данни да не са достатъчни за представително изследване, смятаме, че засега и те дават основание ако не да се отхвърли окончателно, то да се подложи на дълбоко съмнение определянето на висулките „кончета с мъжка глава” като ранносредновековни.

Към този извод може да се добави още:

1. Амулетите „конници в ход наляво” (с безспорна датировка в XI в.) са обемни, т.е. имат две страници с еднакъв сюжет. С други думи – те са лети в двустранно еднакви калъпи. Висулките „кончета с мъжка глава” са едностранно лети – т.е. имат една (предна) лицева страница – задната страница е плоска.
2. Сравняването на патината на двете групи също показва, че тази на амулетите „конници в ход наляво” е зеленикава (така нар. „благородна”), а тази на висулките „кончета с мъжка глава” – жълтокафеникава[16].
3. Любопитен пример в посока отхвърляне на „прабългарската” и изобщо на ранносредновековната идентификация на висулките „кончета с мъжка глава” е

представен в статия на Ж. Аладжов – „бронзова фигурка” от Рас, Браничево, явно – еднаква с разглежданите тук „кончета с мъжка глава”, но горната част завършва като пластина за окачване с отвор”кръст” [17].

4. Необходимо е също така да се припомни написаното и от Р. Рашев, че с някои редки изключения, тези фигурки произхождат основно от Западна и Южна България, Македония, Сърбия, Унгария[18].

5. Ако се изключат няколко случая на погрешно „приписване”, че са от Плиска и пр., всички „кончета с мъжка глава” са открити „при неизвестни обстоятелства” или в:

- „училищен двор (Синьо бърдо, Врачанско), където имало средновековен християнски некропол” [19];

- „случайно намерен в глинени пласт при разрушаването на стара къща” (Драговищица, Кюстендилско) [20];

- „предаден от майка на дъщеря като накит за престилка” (Нивянин, Монтанско) [21];

- „при изкопи в частен двор” (Остров, Врачанско) [22].

6. Доста странно е пропускането от почти всички писали по темата за висулките „кончета с мъжка глава”, че в първите споменавания за тия паметници е отбелязано, че са откупени или предадени в началото на XX в.:

- едно „конче с мъжка глава” за Археологическия музей в София, заедно с инструменти и други предмети от Димитър Берберски – потомък на известната фамилия златари Берберски от Враца[23];

- друг потомък на същата фамилия – Асен, пък подарил на музея във Враца много златарски произведения и инструменти, останали от баща му.

Това е дало основание на авторите на книгата „Старото златарство във Враца” С. Георгиева и Д. Бучински да посочат една доста по-късна дата за едно „конче с мъжка глава”, а именно – XIX в. [24]

Така, смятаме че отхвърлянето на „прабългарската” идентификация на висулките „кончета с мъжка глава” не е достатъчно, а има основания за отнасянето им във времето на Късното Средновековие и след това.

**Таблица 1.** Резултати от спектрални анализи на така нар.: амулети „кончета с мъжка глава” и амулети „конници в ход наляво”

Така наречените амулети „кончета с мъжка глава”, които са погрешно определяни като „ранносредновековни”

| Музей инв. № | Местонамиране | Образ                                                                             | Cu           | Sn | Pb           | Fe  | As           | Ni | Se | Ta | Co | Zn           | Ag | Mn | Ti | Rh |
|--------------|---------------|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------|----|--------------|-----|--------------|----|----|----|----|--------------|----|----|----|----|
| Вн-574-а     | Неизвестно    |  | 74,4<br>76,1 |    | 1,06<br>1,16 | 0,3 | 0,49<br>0,67 |    |    |    |    | 23,7<br>22,0 |    |    |    |    |
| Вн-574-б     | Неизвестно    |  | 78,7         |    | 1,74         |     | 0,49         |    |    |    |    | 19,1         |    |    |    |    |

Така наречените амулети „конници в ход наляво” с безспорна датировка в XI в.

| Музей инв. № | Местонамиране            | Образ                                                                               | Cu                   | Sn                    | Pb                    | Fe                   | As                   | Ni           | Se                   | Ta                  | Co           | Zn                   | Ag                  | Mn           | Ti   | Rh   |
|--------------|--------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|----------------------|--------------|----------------------|---------------------|--------------|----------------------|---------------------|--------------|------|------|
| Шн-24476     | Плиска / Външен град     |    | 72,1<br>71,2<br>75,9 | 15,8<br>16,0<br>12,9  | 6,82<br>7,34<br>6,18  | 1,86<br>2,02<br>1,77 | 2,29<br>2,77<br>2,42 | 0,18<br>0,21 | 0,02                 |                     |              | 0,66<br>0,59<br>0,62 |                     |              |      |      |
| Сс-4425      | Дръстър / Южна стена     |   | 58,4<br>60,9<br>59,6 | 8,0<br>7,14<br>6,01   | 29,7<br>28,7<br>28,7  | 0,67<br>0,93<br>0,57 | 2,12<br>2,23<br>3,55 |              | 0,08<br>0,06<br>0,07 | 1,02<br>1,55        |              | 0,1                  |                     |              |      |      |
| Сс-1880      | Цар Асен / Крепостта     |  | 75,0<br>71,9<br>73,5 | 9,64<br>10,3<br>10,10 | 12,4<br>14,5<br>13,0  |                      | 2,21<br>2,56<br>2,18 |              | 0,03<br>0,06         |                     | 0,05         | 0,73<br>0,69<br>0,75 |                     |              |      | 0,37 |
| Дч-1986      | Одърци / крепостта       |  | 78,0<br>82,7<br>71,9 |                       | 14,8<br>12,1<br>19,3  | 0,42                 | 3,42<br>2,73<br>4,4  | 0,17         | 0,05                 | 1,32<br>1,31        | 0,05         | 2,29<br>2,42<br>2,45 |                     |              |      |      |
| Дч-2766      | Одърци / некропол        |  | 54,4<br>53,4<br>60,5 | 7,33<br>6,74<br>5,93  | 36,9<br>38,3<br>29,1  | 0,26                 | 4,36                 | 0,11         | 0,06                 | 1,19<br>1,22        |              | 0,09                 |                     |              |      |      |
| Дч-3392      | Одърци / некропол        |  | 70,0<br>80,0<br>69,1 | 1,32<br>1,36<br>1,34  | 22,2<br>13,5<br>29,3  |                      | 4,58<br>2,85<br>0,8  | 0,2          | 0,09<br>0,08         | 1,61<br>1,37        |              |                      |                     |              |      |      |
| Вн-4040      | СИ България / неизвестно |  | 74,3<br>73,1<br>71,3 | 9,76<br>9,72<br>10,03 | 11,6<br>12,3<br>10,03 | 0,42<br>0,42<br>0,9  | 3,34<br>3,36<br>2,88 |              | 0,58<br>0,55         |                     |              | 0,52                 |                     |              | 4,34 |      |
| Вн-5540      | СИ България / неизвестно |  | 61,5<br>67,2<br>63,4 | 16,8<br>16,7<br>15,0  | 13,0<br>11,2<br>11,2  | 5,16<br>1,96<br>5,29 | 2,72<br>2,2<br>1,79  | 0,15<br>0,19 |                      |                     |              | 0,5<br>0,52          |                     | 0,25<br>0,33 |      | 2,97 |
| Вн-5541      | СИ България / неизвестно |  | 86,1<br>87,3         | 1,53                  | 6,55<br>5,03          | 5,21<br>4,05         |                      |              |                      |                     |              | 1,78<br>2,09         |                     | 0,38         |      |      |
| Вн-5542      | СИ България / неизвестно |  | 96,2<br>95,5<br>95,5 | 1,76<br>1,28<br>1,88  | 1,1<br>1,25<br>1,19   |                      | 0,76<br>0,88<br>0,67 |              |                      |                     | 0,02<br>0,02 | 0,53                 |                     | 0,18<br>0,18 | 1,09 |      |
| Вн-5708      | СИ България / неизвестно |  | 41,8<br>42,8<br>47,8 | 13,5<br>14,1<br>12,3  | 40,3<br>37,4<br>35,5  | 0,7<br>0,96<br>0,75  |                      |              |                      | 1,1<br>1,34<br>1,22 |              |                      | 2,6<br>2,72<br>2,52 |              | 0,68 |      |



**Литература:**

1. **N. Mavrodinov.** Le Trésor Protobulgare de Nagyszentmiklós. – *Archaeologia Hungarica*, XIX, 1943, p. 114, figs. 75-76; **Н. Мавродинов.** Старобългарското изкуство. София, 1959, с. 82, обр. 74; **С. Станилов.** Художественият метал на българското ханство на Дунав (7–9 век). София, 2006, с. 252, обр. 9.
2. **С. Машов.** Амулети-кончета от Врачанския музей. – МПК, 2-3, 1974, с. 65-67; **Ж. Аладжов.** Култови фигурки от района на Плиска. – Преслав, 3, 1983, с. 276-281; **Д. Овчаров.** За смисъла и значението на един вид ранносредновековни амулети. – В: Сборник в памет на проф. Станчо Ваклинов, София, 1984, с. 136-139; **К. Меламед.** Амулети-коне, яздени от мъжка глава. – Проблеми на прабългарската история и култура, 2, 1990, с. 219-231; **В. Иванишевич.** Амулети у облику кона из околине Браничева. – *Viminacium*, 6, 1991, с. 97-104 (недостъпна); **С. Станилов.** Старобългарски кончета амулети. – Плиска-Преслав, 5, 1992, с. 239-245; **Х. Стоянова.** Новооткрити ранносредновековни амулети кончета. – В: България, българите и техните съседи през вековете. Изследвания и материали от научната конференция в памет на доц. д-р Христо Коларов 30–31 октомври 1998 г. Велико Търново, 2001, с. 339-347; **Ж. Аладжов.** Амулетите-кончета от Нови пазар и лявото крило на прабългарската войска. – Плиска-Преслав, 9, 2003, с. 129-131;
3. **К. Меламед.** Амулети-коне, яздени..., с. 219-231.
4. **Пак там,** с. 219.
5. **Л. Цидрова.** Толкуване на еден специфичен тип на амулети од средниот век на Балканот. – *Macedoniae Acta Archaeologica*, 10, 1985–1986, с. фиг. 2.
6. **К. Меламед.** Амулети-коне, яздени..., с. 222.
7. **Р. Рашев.** Съмнителни и недостоверни паметници на прабългарската култура. – В: *Studia protobulgarica et mediaevalia Europensia*. По случай 100 годишнината от рождението на В. Бешевлиев. София, 2003, с. 162–163. Същото и в: **Р. Рашев.** Българската езическа култура VII–IX в. София, 2008, с. 224–225.
8. **Р. Рашев.** Съмнителни и недостоверни..., с. 162–163;
9. Разработка в интернет версия – виж: [http://issuu.com/kreksofin/docs/katalogantropomorfni\\_izobrazhenia](http://issuu.com/kreksofin/docs/katalogantropomorfni_izobrazhenia) = **П. Георгиев.** Каталог на паметници с антропоморфни изображения от ранното българско средновековие, с. 20–22
10. **U. Fiedler.** Zur zuche nach dem archäologischen niederschlag von Petschenegen Uzen und Kumanen in den Gebieten südlich der unteren Donau. – In: *The Steppe lands and the world beyond them. Studies in honor of Victor Spinei on his 70<sup>th</sup> birthday.* Iași, 2013, S. 277 (eds. F. Curta, B. Petru-Maleon).
11. **Л. Дончева-Петкова.** Отново за бронзовите кончета-амулети. – ГНАМ, IX, 1993, с. 111–114. Етническата характеристика на „амулетите конници“ позволява още възможности за прецизиране, но това не е тема тук.
12. **Р. Рашев.** Съмнителни и недостоверни..., с. 163–164.
13. Анализите бяха направени с преносим XRF анализатор, производство на фирмата Bruker, модел S1 Sorter. „Bruker S1 Sorter“ – специализиран за определяне елементното съдържание на метални сплави.
14. Виж литературата за тях у: **В. Йотов.** О материальной культуре печенегов к югу от Дуная – листовидные ажурные амулеты XI в. – *Stratum plus*, 5, 2000, с. 209–212; **С. Рябцева.** О листовидных украшениях подвесках, копоушках и решмах. – *Revista arheologică*, 1, 2005, с. 350–358.
15. **Л. Дончева-Петкова.** Отново за бронзовите..., с. 111–114.
16. Може да се сравни с паметници на металопластиката от Възраждането и по-ново време.
17. **Ж. Аладжов.** Амулетите-кончета..., с. 130–131, Обр. 3; **П. Георгиев.** Каталог..., с. 21.
18. **Р. Рашев.** Съмнителни и недостоверни..., с. 162–163; **П. Георгиев.** Каталог..., с. 21.
19. **К. Меламед.** Амулети-коне, яздени..., кат. № 6.
20. **К. Меламед.** Амулети-коне, яздени..., кат. № 15.
21. **К. Меламед.** Амулети-коне, яздени..., кат. № 1.
22. **К. Меламед.** Амулети-коне, яздени..., кат. № 5.
23. **С. Георгиева, Д. Бучински.** Старото златарство..., с. 55.
24. **С. Георгиева, Д. Бучински.** Старото златарство във Враца. София, 1959, с. 30; **С. Машов.** Амулети-кончета..., с. 66.

**За контакти:**

9300, гр. Добрич, ул. Константин Стоилов 18  
 Регионален исторически музей  
 Йото Валериев  
 e-mail: yotov\_81@abv.bg

9010, гр. Варна, ул. Студентска 1  
 Технически Университет  
 Йордан Бояджиев  
 e-mail: j\_boyardjiev@abv.bg

## МОНИТОРИНГ НА УСИЛИЯТА ПРИ УКРЕПВАНЕ НА ПРЕВОЗВАНИТЕ С КОРАБИ ТОВАРИ

Иван Иванов, Петър Георгиев

**Abstract:** Increasing the safety of ships is on the permanent focus of the IMO. The cargo securing of cargoes on ships is very important task and the not proper securing could be very dangerous for the crew, ship and the environment as well. The international requirements are included in Cargo Stowage and Securing Code (CSS Code) in force from 1991. Particular attention should be paid to lashings which may become slack due to the cargo deforming or compacting during the voyage. Lashings may also become slack when cargoes are loaded and secured in conditions of low ambient temperature and the vessel then proceeds to areas of significantly higher ambient temperature. Lashings should be regularly checked and re-tightened by the crew that could be also very danger task in open sea. One possible solution could be implementation of wireless sensor networks for monitoring the stresses in the securing elements. The paper describes the plan for laboratory experiment to be carried out in model basin of Technical University of Varna.

**Key words:** cargo securing, model basin, laboratory experiment, wireless monitoring

### 1. ИЗИСКВАНИЯ НА ИМО ЗА УКРЕПВАНЕ НА ТОВАРИТЕ НА КОРАБА

Непрекъснато повишаващите се изисквания към безопасната експлоатация на корабите доведоха до въвеждане на редица международни изисквания и Кодекси, свързани с безопасното укрепване на превозваните товари. В следващото изложение са представени основните нормативни документи, принципните изисквания и информация, до колко може да бъде опасно неправилното укрепване на товарите.

#### 1.1. Нормативни документи на ИМО

Международната морска организация (ИМО – *International Maritime Organization*) регламентира укрепването на товарите на море повече от 30 години. Хронологично са изброени някои от важните резолюции и кодекси приети от ИМО:

- Resolution A.489(XII) - "Safe stowage and securing of cargo units and other entities in Ships other than cellular containerships"- приета 19.11.1981.
- Resolution A.533(13) - "Elements to be taken into account when considering the safe stowage and securing of cargo units and vehicles in ships" – приета 17.11.1983
- Resolution A.581(14) - "Guidelines for securing arrangements for the transport of

road vehicles on Ro-Ro ships" – приета 20.11.1985

- Resolution A.714(17) - "Code of Safe Practice for Cargo Stowage and Securing" and amendments thereto - 06.11.1991
- MSC/Circ.675 - "Recommendations on the Safe Transport of Dangerous Cargoes and Related Activities in Port Areas" - 30.01.1995.
- MSC/Circ.745 - "Guidelines for the Preparation of the Cargo Securing Manual" -13.06.1996.
- MSC/Circ. 1026 - "Amendments to the Code of Safe Practice for Cargo Stowage and Securing (CSS Code)" -27.05.2002.

#### 1.2. Принципи при укрепването на товарите

В съответствие с Кодекса (CSS Code – [1]) силите по трите оси действащи върху крепежните елементи на товарите се определят от:

$$F_{(x,y,z)} = m \cdot a_{(x,y,z)} + F_{w(x,y)} + F_{s(x,y)} \quad (1)$$

където:  $m$  – маса на товара;  $a$  – ускорение по ос  $x, y, z$ , съответно;  $F_w$  – допълнителна сила от действието на вятъра;  $F_s$  – допълнителна сила от действието на вълните;  $F$  – сумарната действаща сила.

Ускоренията зададени в Кодекса, са представени на Фиг. 1, като при тяхното

определяне са отчетени следните фактори: 1- неограничен район на плаване; 2- една година експлоатация на кораба; 3- продължителност на рейса 25 дена; 4- дължина на кораба = 100 m; 5- експлоатационна скорост 15 kn; 6- отношение  $B/GM \geq 13$  (B- широчина на кораба, GM – метацентрична височина).

Разчетните ускорения се коригират с коефициент отчитащ различната дължина и скорост на конкретния кораб. Допълнително, напречните ускорения –  $a_y$  се завишават с коефициент при отношение  $B/GM < 13$ .

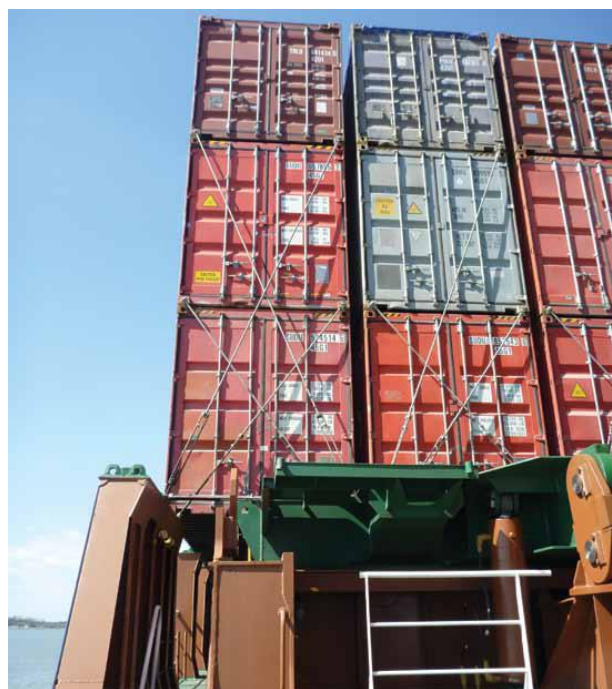
Укрепването на нестандартни товари (различни от контейнери), най-често се извършва с т.нар лашинги (от английската дума – *lashing*), които са съставени от неподвижни и подвижни крепежни елементи. Неподвижните са уши, планки, скоби и те са свързани постоянно към палубата или други конструкции на кораба. Подвижните са съставени от въжета или вериги, шегели и талрепи за натягане. На Фиг. 2 и показано схематично укрепване на контейнер при който се използвани стоманени пръти, а на Фиг. 3 и 4 е представено укрепването на трейлер и едрогабаритна техника съответно.

Балансът между външните сили и моменти и тези на крепежните елементи се проверява за:

- Напречно приплъзване на ляв или десен борт;
- Напречно обръщане на лява и десен борт
- Надлъжно приплъзване на нос или кърма

| Transverse acceleration $a_y$ in $m/s^2$ |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |   |  | Longitudinal acceleration $a_x$ in $m/s^2$ |
|------------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|---|--|--------------------------------------------|
| on deck, high                            | 7.1 | 6.9 | 6.8 | 6.7 | 6.7 | 6.8 | 6.9 | 7.1 | 7.4 |     |   |  | 3.8                                        |
| on deck, low                             | 6.5 | 6.3 | 6.1 | 6.1 | 6.1 | 6.1 | 6.3 | 6.5 | 6.7 |     |   |  | 2.9                                        |
| 'tween-deck                              | 5.9 | 5.6 | 5.5 | 5.4 | 5.4 | 5.5 | 5.6 | 5.9 | 6.2 |     |   |  | 2.0                                        |
| lower hold                               | 5.5 | 5.3 | 5.1 | 5.0 | 5.0 | 5.1 | 5.3 | 5.5 | 5.9 |     |   |  | 1.5                                        |
|                                          | 0   | 0.1 | 0.2 | 0.3 | 0.4 | 0.5 | 0.6 | 0.7 | 0.8 | 0.9 | L |  |                                            |
| Vertical acceleration $a_z$ in $m/s^2$   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |   |  |                                            |
|                                          | 7.6 | 6.2 | 5.0 | 4.3 | 4.3 | 5.0 | 6.2 | 7.6 | 9.2 |     |   |  |                                            |

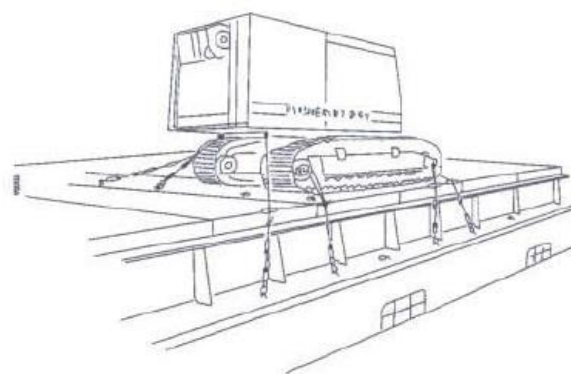
Фиг. 1. Разчетни ускорения на кораба



Фиг. 2. Укрепване на един стак от 3 реда контейнери [2]



Фиг. 3. Укрепване на трейлер [3]



Фиг. 4. Укрепване на едрогабаритна техника, [1]

Най-общо балансът на силите може да се представи чрез:

$$\text{- напречно приплъзване } F_y \leq F_{ym} + SF \quad (2)$$

$$\text{- напречно обръщане } M_y \leq M_m + SM \quad (3)$$

- надлъжно приплъзване  $F_x \leq F_{xm} + SF$  (4)

където:  $F_{xm}, F_{ym}$  – сила на триене между товара и палубата;  $M_y$  – напречен обръщащ момент;  $SF, SM$  – крепежна сила и момент на лашингите. Повече подробности могат да се намерят в [1].

## 2. ОПАСНОСТИ СВЪРЗАНИ С УКРЕПВАНЕТО НА ТОВАРИ

Основни източници на опасност свързани с укрепването на товарите са:

- Неправилно поставен и/или укрепен товар в товарна единица – контейнер, трейлер;
- Свободна повърхност на цистерни, танк-контейнери или други товарни единици, които не са запълнени изцяло с течния товар;
- Зле поддържани рампи, лифтове и врати;
- Зле поддържани или слабо осветени палуби;
- Мокри палуби;
- Неправилно използвани неподвижни крепежни елементи;
- Недостатъчни на брой или неправилно използвани лашинги;
- Неправилно пресметната здравина вследствие грешна оценка на масата и координатите на масата на товара или неотчитане на метеорологичните условия на рейса;
- Невключени ръчни спирачки на превозните средства.

Какви в действителност могат да бъдат аварията от неправилно укрепване?

През януари 2008 година, аварира 6000 GT ферибот “Riverdance”, превозващ трейлери в Ирландско море [4]. Корабът в условията на лошо време, получава силни бордови колебания, при което, трейлери на палубата изпадат от стойките и лашингите се скъсват. Действията на Капитана не водят до подобрение и крена на кораба достига до 50° на ляв борд (Фиг.5). Вследствие на лошото време, кораба е изтласкан в близост до брега, където засяда (Фиг.6). Няма жертви и разлив на гориво.



Фиг. 5. “Riverdance” наклонен на ляв борд [3]



Фиг. 6. “Riverdance” заседнал на брега [3]

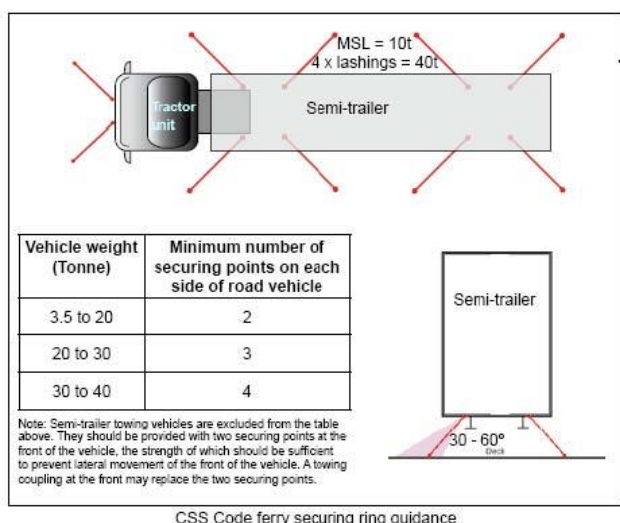
От извършеното разследване става ясно, че наред и с други фактори, за аварията са допринесли и причини свързани с укрепването: не всички лашинги са били правилно оразмерени, така както тези, които са задържали трейлерите при засядането на кораба; нямало е практика, да се претеглят трейлерите и теглото е оценявано приблизително, с отчитане дали са празни или с товар.

Друга авария с високо-скоростен ферибот е описана в [5]. След отплаване от пристанището и постепенно увеличаване на скоростта от 17 до 27 kn, фериботът получава диферент на кърма, при което се задейства аларма за отворена задна лява врата. Екипажът установява, че от там е “изпаднала” цистерна превозваща насипен товар, която се задържа само чрез кабината си на борда (Фиг.7). Разследването установява че част от причините са: не е включена ръчната спирачка на камиона и не е оставена предавката на скорост; неправилно е извършено укрепването на кораба в съответствие с изискванията на CSS (Фиг.8).





Фиг. 7. Цистерната изпаднала от кърмовата врата и държаща се на кабината [5]



Фиг. 8. Указания за броя и разположението на лашингите за укрепване на превозни средства [5]

Тези два примера са достатъчно красноречиви, за опасностите вследствие на неправилното укрепване.

Наред с различните указания, CSS Code изисква да се обръща специално внимание за разхлабване на лашингите. То може да се получи вследствие на деформиране на товара по време на преход, или при преминаване от район с ниска температура в такъв с висока. Ето защо се изисква контрол и при необходимост да се извършва допълнително натягане на лашингите.

Обхождането на товарните помещения и натягането на лашингите от екипажа крие не по-малко опасности, особено в открито море. В рамките на работата по проект финансиран от Фонд “Научни изследвания” този проблем се разглежда като едно от възможните приложения на безжични сензорни мрежи за мониторинг на параметри свързани с експлоатацията на кораба. За моделиране на процеса на укрепване на товар превозван с кораб и проверка работоспособността на измервателна система за събиране и предаване на данни по безжичен път е планиран лабораторен експеримент. Следващата част представя описание на експерименталната постановка.

### 3. ПЛАН ЗА ЛАБОРАТОРЕН ЕКСПЕРИМЕНТ

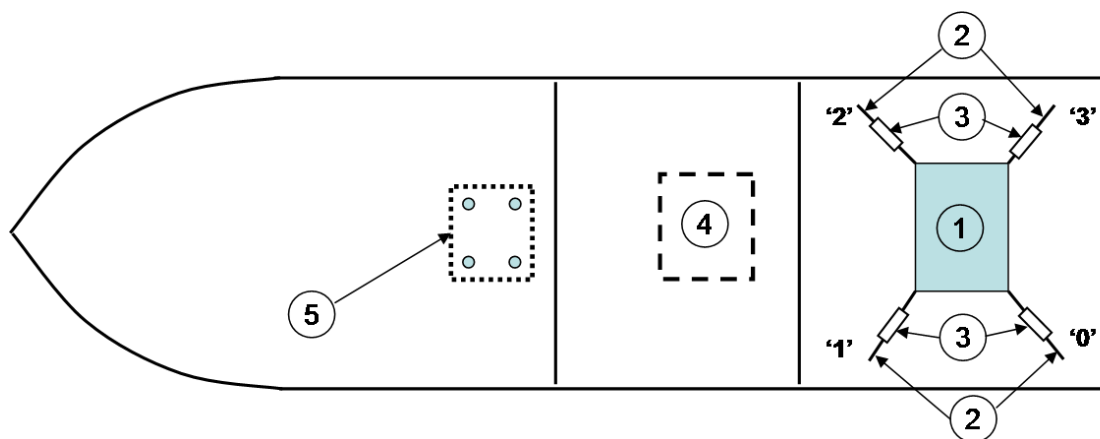
Експериментът да се проведе в опитния басейн на Технически университет – Варна.

За корабен модел се използва изработен такъв в рамките на приключил в катедра “Корабосторене” проект БОЕ-5-04/2008 “Приложение на съвременни методи и технологии при проектирането, строителството и модернизирането на речни кораби и състави” финансиран от фонд “Научни изследвания” (Фиг. 9). Моделът е с дължина 1.44 м.



Фиг. 9. Корабен модел за експеримента





Фиг. 10. Схема на експерименталната постановка

За получаване на регулярно вълнение се предвижда проектирането на пластинчат вълнопродуктор. С цел намаляване на корозията, вълнопродукторът да се изработи от неръждаема стомана. Схема на експерименталната постановка е представена на Фиг. 10.

Към модела, се прикрепва платформа в кърмовата част, на която да се постави метална кутия, моделираща товарна единица – (1). Чрез лазлични тежести поставени в нея може да се симулира промяна на масата и центъра на тежестта по височина на товара. Товарът (1) се поставя върху четири гумени тампона, с което се моделира укрепване на колесна техника на борда на кораба. Товарът (1) се укрепва с четири лашинга (2) номерирани от ‘0’ до ‘3’. На всеки от тях се монтират тензометрични преобразуватели за сила (датчици) (3) за регистриране на усилията от опън, изработени за нуждите на конкретния експеримент. На лашинг ‘2’ е монтиран двоен тензодатчик, за едновременно включване на еталонна и разработваната система за мониторинг. В съседство се поставя разработвания модул за измерване на усилията и безжично предаване на информацията (4). Моделът на кораба се закрепва посредством шарнирна пета (5) към буксировъчната количка.

С цел да се осигури референтно измерване и верификация на тестваната система, се планира едновременно измервания с алтернативна (еталонна) система.

Оборудването на опитния басейн позволява да се проведат опити на вълнение с

ход и без ход на модела. Отчитайки размерите на басейна и осигуряване достатъчен интервал за измерване се планира да се направят максимум 4 опита при различна дължина на вълната без ход на модела, както и до 4 опита при един режим на вълнение и 4 скорости в диапазона от 0.25 – 1.00 m/s. С отчитане дължината на модела, това съответства на числа на Фруд в диапазона 0.067-0.266, който е характерен за повечето типове търговски кораби.

В посока на развитие и усъвършенстване на системата се предвижда разработване на вариант за модул за безжично предаване на данни използващ технологията *Bluetooth*. За успешен ще се счита експеримента, ако се покаже, че няма загуба на съществена информация предавана от тествания модул, сравнена с алтернативна система, с доказани качества.

#### 4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проблемите с укрепването на товарите превозвани по море, са на вниманието на Международната морска организация (ИМО) от повече от 30 години. В момента са в сила редица Ръководства и Кодекси за безопасно разполагане и укрепване на товарите. Въпреки това, продължават да се случват аварии свързани с недостатъчното и/или неправилно подбрано укрепване на товарите.

При фериботните превози, както превозваната колесна техника, така и екипажа са изложени на значителни опасности. Недооценената маса и неправилния брой лашинги могат да са повод за сериозна

авария. Периодичната проверка на натегнатото състояние на лашингите извършвано от екипажа по време на преход в открито море крие не по-малко опасности.

Предлагания експеримент за доказване приложимостта на безжични сензорни мрежи за мониторинг на усилията в укрепването на товарите превозвани по море, ще позволи да се намери съвременно решение, което да бъде:

- в съответствие с постоянната грижа на морската общност за повишаване на безопасността на кораба;
- отговор на бурно развиващите се комуникационни технологии;

В България понастоящем съществуват няколко фериботни линии, като последната въведена в действие е Варна – Порт Кавказ, за превозване на вагони и трейлери. Тази и подобни разработки могат да намерят приложение в тези превози, с което да се повиши безопасността и ефективността на превозите.

#### Благодарности

Проведените изследвания и тяхното публикуване са осъществени в рамките на проект ДДВУ02/15 “Приложение на безжични

сензорни мрежи в системите за мониторинг и анализ на здравината на кораби и морски съоръжения” финансиран от националния Фонд “Научни изследвания”.

#### Литература

[16]. CSS Code- Resolution A.714(17) - “Code of Safe Practice for Cargo Stowage and Securing”, IMO, 1991

[17]. A Master’s guide to: Container Securing, LR, 2012Seasafe transport A/S,

[18]. <http://www.seasafe.no/index.php/en>

[19]. Risk Alert 11 - Steamship Mutual Loss Prevention Bulletins, February, 2010

[20]. Risk Alert 09 - Steamship Mutual Loss Prevention Bulletins, December, 2009

#### За контакти:

Иван Иванов

доц. д-р

Технически университет - Варна

e-mail:ivanivanov@tu-varna.bg

ISSN 1310-5833

---