ТЕХНОЛОГИЧЕН АЛГОРИТЪМ ЗА ОПРЕДЕЛЯНЕ ИЗНОСВАНЕТО НА КОРАБНИЯ КОРПУС

Гл. ас. д-р инж. Х. В. Христов, доц. д-р инж. Ю. Москов

ВВМУ „Н. Й. Вапцаров – Варна, ул. „Васил Друмев” №73
e-mail: h.hristov@nvna.eu, *y.moskov@naval-acad.bg*

Abstract: The measurement of the ship’s hull is a check and a survey with a quantitative assessment of damage by systematic measurements of residual thicknesses. The measurements are carried out by the ship repair works according to the instructions and requirements of the classification organization. The publication provides a detailed description of an algorithm for determining the wear of the ship’s hull.

Keywords: ship’s hull, ship’s hull measurement, ship hull wearing, Thickness measurement guidance

Резюме: Дефектацията на корабния корпус представлява проверка и обследване с количествена оценка на повредите, чрез систематични измервания на остатъчните дебелини. Дефектацията се извършва от кораборемонтния завод по указанията и изисквания на класификационната организация. Публикацията предлага подробно описание на технологичен алгоритъм за определяне износването на корабния корпус

Ключови думи: Дефектация на корабен корпус, износване, корабна обшивка, технологичен алгоритъм

Увод

Основните видове дефекти включват *износване* - намаляване на строителните размери на връзките от корпусните конструкции вследствие корозия, ерозия или механично изтриване; *остатъчни деформации* - изменение на първоначалната форма на конструкцията в следствие на пластична деформация и *пукнатини* [10].

За всестранна оценка на техническото състояние на корпуса или отделни елементи от неговите конструкции, корпусните връзки се подразделят на групи и подгрупи.

Документите по дефектацията включват актовете и чертежите, на разгънатата външна обшивка, обшивката на палубите, второто дъно, водонепроницаемите прегради, надстройките и корпусния набор.

За анализиране износването на корабните корпуси се определя както общото износване, за определени връзки или подгрупи връзки, така и местно износване на определени детайли от корабния корпус. Като количествени характеристики на износването се приемат средната остатъчна дебелина, на връзка или подгрупа връзки, или общото остатъчно лица на напречното сечение. Районите за изследване се определят в зависимост дължината на кораба и усмотрението на инспектора от кораборемонтния завод или от класификационната организация [10].

1. Изследване износването

На фиг.1 е показана технологичната последователност на изследването на износването на корабния корпус.

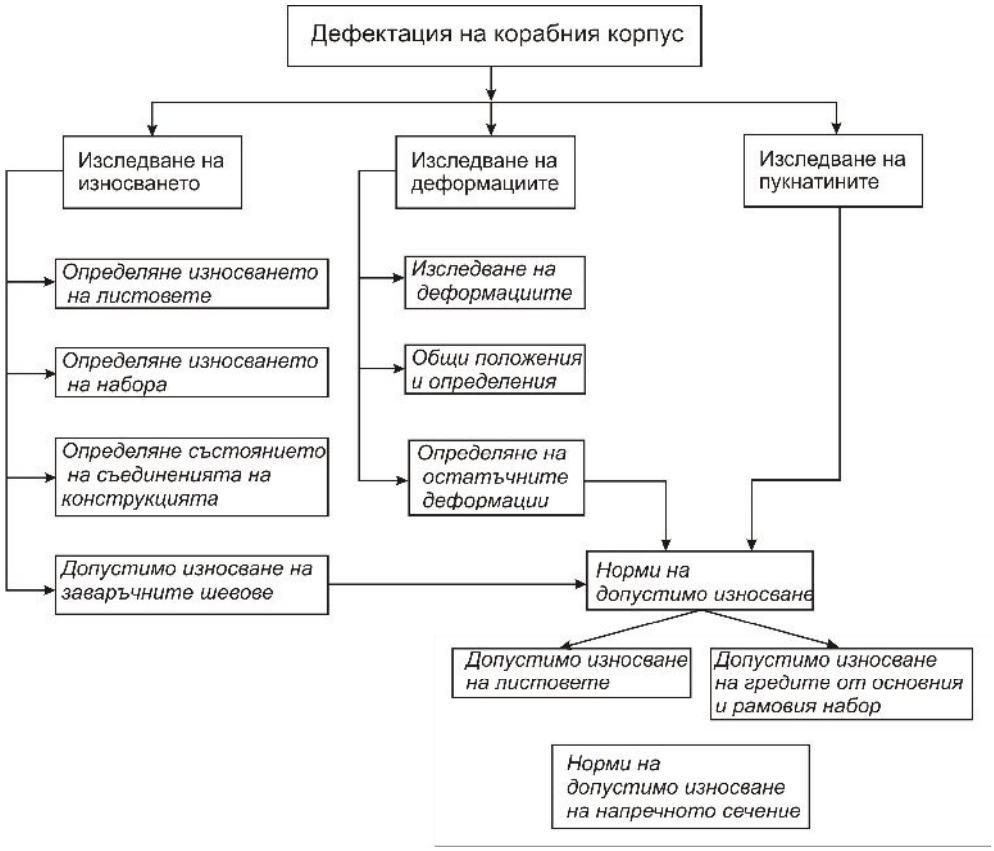
Определяне износването на листовете

Числената стойност на средната остатъчна дебелина се определя по формулата:

$$S_1 = \frac{\sum_n S_i}{n} \qquad (1) \qquad [3, 4, 9]$$

, където: S_i - дебелина на връзката в і -тото измерване;

n - брой на измерванията.



Фиг.1. Технологичен алгоритъм за дефектация на корабен корпус

Определяне износването на набора

Средната остатъчна дебелина на стената от набора, както при частичната, така и при пълната дефектация се определя по формула (1), използвайки първичните данни получени при измерванията. Броят на измерваните точки се подбира по усмотрение на оператора извършващ

оценката. В носовия и кърмовия отсек трябва да бъдат направени контролни измервания на дебелините в долните части на всяко трето ребро и мястото на съединение със скуловите кници, сантинните капаци, в местата до циментовата заливка над скула и в района на бордовите стрингери.

Резултатите от измерванията на елементите от корпусния набор се нанасят в таблица.

Определяне състоянието на съединенията на конструктивните елементи

Състоянието на заваръчните шевове се определя чрез външен преглед и измервания. Челните шевове с равномерно износване се оценяват в сравнение със съединяваните листове, а ъгловите - чрез измерване на катетите. Резултатите от измерванията се нанасят в таблица, която съдържа кратко описание на състоянието на заваръчния шев и околошевната зона и дължината на участъка от шева в метри (за който е характерно това описание). Участъците от корозиралите челни шевове с дължина до 100 м. следва да се разглеждат като поразени от язвена корозия с прилагане на съответните нормативи. Измерванията се извършват в съответствие с указанията [1, 2]. Остатъчната дебелина в мястото на местното износване на челния шев се определя като разлика между остатъчната дебелина на листа близо до износения шев и дълбочината на язвата в шева.

Допустимо износване на заваръчните шевове;

При определяне на допустимите износвания на заваръчните шевове е прието следното разделение на съединенията на листовете от обшивката в зависимост от характера на тяхната работа:

✓ Напречни челни съединения - разположени напречно на действащите основни сили в обшивката;

✓ Надлъжни челни съединения - разположени надлъжно на действащите основни сили в обшивката.

Износените заваръчни шевове подлежат на възстановяване при следните дълбочини от корозивно поражение:

✓ заваръчни шевове на обшивките:

- напречни челни шевове: до остатъчна дебелина на шева ≥ $0{,}9S_1$, но не повече от 2 мм. под повърхността на листа [6, 7, 8];

- ъглови заваръчни шевове - при намаление на изисквания катет с не повече от 1 мм. или 20%, в зависимост кое е по-голямо [7];

- напречни челни шевове, съединяващи елементите на бордовите стрингери, рамовите вертикални и хоризонтални ребра - при двустранното им общо износване на дълбочина не по-голяма от 3 мм. от повърхността на заварените елементи [7].

2. Изследване на деформациите

Остатъчните деформации се делят на: *бухтини* - остатъчни провисвания /деформации/ на ограничени участъци от листовете в границите на една шпация между гредите от набора без деформация на последните; *гофрировки* - остатъчни провисвания /деформации/ на листовете между няколко съседни греди от набора без деформация на последните; *общи деформации* - остатъчни провисвания /деформации/ на обшивката заедно с подкрепящия набор.

Като количествени характеристики на остатъчните деформации при дефектацията се приемат:

- ✓ За бухтини: стойност на максималната стрела на провисване (f), най-малък размер на бухтината в план, измерен в района на максималната стрела на провисване (b);
- ✓ за гофрировки: стойност на максималната стрела на провисване в разглежданата гофра (f), отношение на стрелата на провисване към шпацията (a), протежение на всяка гофра надлъжно по набора (l);
- ✓ За общи деформации: най-малък габаритен размер на общата деформация в план (b0), стойност на максималната стрела на провисване на разглежданата греда от набора в района на общата деформация (f), дължина на общата деформация надлъжно по разглежданата греда (l), стрела на провисването за разглежданата греда на база 300 мм в района на максималната стрела (f300), височина на стената от разглежданата греда (h), разстояние от точката на максималната стрела на провисване до най-близката недеформирана опора (c).

За опори на гредите от набора се смятат платформите, рамовите връзки, здравите прегради и др.

Всички бухтини и гофрировки в средната част на кораба, които са разположени в ширстречнкия пояс, в районите където завършват прекъснатите връзки (надстройка, рубка, надлъжни комингси, прегради и др.) а също по палубата и дъното на кораба, напречна система на набора, подлежат на измерване и определяне на местата им.

Бухтините в останалите райони от корпуса се измерват, ако максималната стрела на прописване е по-голяма от $0{,}1b \geq 15$ мм или 25 мм, в зависимост кое е по-малко, а гофрировките с максимална стрела на прописване >25 мм.

Общите деформации, които имат максимална стрела на провисване > 20 мм подлежат на измерване и определяне местата им.

Максималните стрели на провисване за бухтините, гофрировките и общите деформации се измерват по отношение на първоначалната недеформирана повърхност. За измерителен инструмент може да бъде използвана линийка с милиметрови деления.

Количествените резултати от измерванията на бухтиннте, гофрировките и общите деформации се нанасят в таблици. Бухтнните, гофрировки и общите деформации трябва да бъдат описани в документите по деформацията с прилагане на скици за повредите и посочване местата на измерванията.

3. Изследване на пукнатините

Конструкциите в зоните, където има местно износване или остатъчна деформация (при бухтини, гофрировки или общи деформации), а също местата с по-голяма концентрация на напреженията (при ъглите на изрезите, краищата на надстройките, в местата на съединяване фалшборда с ширстрека, стените на надстройките и др.), трябва да бъдат подложени на внимателен оглед за появата на пукнатини.

Резултатите от прегледа трябва да бъдат нанесени в документите по дефектацията, с описание на характера на пукнатините, размерите и определяне на мястото им в чертежите.

4. Норми за допустимо износване

Като норматив за допустимото износване е приета допустимата остатъчна дебелина на връзките или общото остатъчно лице на напречното сечение на подгрупата връзки. Допустимите остатъчни дебелини на отделните връзки и общото остатъчно лице на напречното сечение на подгрупата връзки от корпуса се определят по отношение на строителните

дебелини (So) и строителния съпротивителен момент на набора (Wo), или за съответните им лица от напречното сечение на подгрупата връзки, които се изискват по правилата на КО.

Ако правилата на КО не могат да бъдат приложени (липсват препоръки за остарели конструкции и др.) се допуска прилагането на правилата, по които е бил построен кораба.

За корпус, който е построен по правилата на друга класификационна организация, се разрешава определянето на допустимата остатъчна дебелина на връзките и общото остатъчно лице на напречното сечение на подгрупата връзки, като се изхожда от строителната дебелина изисквана по тези правила.

✓ Допустимо износване на листове

Нормативите за общото износване се отнасят до отделния лист или износването на еднородните връзки от подгрупата. Нормативите за местното износване се отнасят само за участъка от листа между гредите от набора.

- *Нормативи за общо износване*

$$S_1 \geq \alpha_2(S_0-\Delta S) \qquad (2) \qquad [5]$$

, където: α_2 - коефициент за общо износване;

S_0 - строителна дебелина на листа, изисквана по правилата на КО, мм;

ΔS - надбавка към дебелината, посочена в правилата на КО, мм;

При липса на указания в правилата за надбавки се приема $\Delta S=0$

За еднородните връзки от групата

$$S_2 \geq \alpha_2 \frac{\sum m(S_0-\Delta S)b}{m\sum_m b} \qquad (3) \qquad [5]$$

, където: α_2 - коефициент за общо износване;

b - широчина на разглеждания лист;

m - брой на връзките.

- *Нормативи за местно износване*

по дебелина:

$$S_3 \geq \alpha_3(S_0 - \Delta S) \qquad (4) \qquad [5]$$

по повърхността, която е поразена от корозия:

$$S \leq \beta S_0, [см^2] \qquad [5]$$

, където: α_3 , β - коефициенти за местно износване;

S – повърхност, поразена от местна корозия;

S_0 - лице на повърхността на част от листа, която е ограничена от връзките на надлъжния и напречен набор.

✓ Допустимо износване на гредите от основния и рамови набор

Нормативите за общото износване па гредите от набора се отнасят за отделна греда или гредите от еднородния набор на подгрупата връзки. Средната остатъчна дебелина на стената (пояса) от гредата или части от нея (между опорите) се определя по формулата:

$$S_1 \geq S_0 \text{ , мм} \qquad (5) \qquad [5]$$

Средната остатъчна дебелина на стената (пояса) от еднородните връзки на подгрупата се определя по формулата:

$$S_1 \geq S_0\text{-, мм} \qquad (6) \qquad [5]$$

Където: α_1, α_2 - коефициенти за износване на набора;

W_0 - съпротивителен момент на гредата, изискван от правилата на КО;

h - височина на гредата, см;

b - широчина на пояса на гредата, см; к=1/3 за основния набор и 1/4 за рамовия набор;

S_0 – строителна дебелина на стената (пояса) на гредата, изисквана по правилата при h и b, мм.

Нормативите за местното износване се отнасят за гредата или части от нея (между опорите).

- При едновременното местно износване на стената и пояса остатъчните дебелини на пояса (S_3^n) и стената (S_3^e) трябва да удовлетворяват условието:

$$bS_3^n + khS_3^e \geq khS_0^e + bS_0^n - 10W_0, \text{ мм} \qquad (7) \qquad [5]$$

- При местното износване само на пояса - да удовлетворява условието:

по дебелина:

$$S_3^n \geq S_0^e - 10W_0 \qquad (8) \qquad [5]$$

по лице на напречното сечение:

$$S_n \geq S_0^e - W_0, \text{ мм} \qquad (9) \qquad [5]$$

- При местното износване само на стената - да удовлетворява условието:

$$S_3^e \geq S_0^e - 10W_0, \text{ мм} \qquad (10) \qquad [5]$$

✓ Норми за допустимо износване на напречното сечение

Съпротивителният момент в средната част на износения корпус при корабите с L≥80 м и наличие в този район на общо износване близко до допустимото трябва да бъде проверен по отношение на връзките от подгрупи.

В този случай се определят действителните съпротивителни моменти спрямо палубата и дъното по средните остатъчни дебелини на листовете за най-износеното сечение.

Стойността на съпротивителния момент на напречното корпусно сечение спрямо палубата и/или дъното изчислена по средните остатъчни дебелини в разглежданото сечение трябва да бъде не по-малка от допустимата

$$W_{d(b)}^{W} \geq K.W_{d(b)} \qquad (11) \qquad [5]$$

, където: $W_{d(b)}$ - съпротивителен момент на напречното корпусно сечение за горния ръб на палубния стрингер до борда, или за външния ръб на хоризонталния кил. Ако на кораба са използвани одобрени средства за корозионна защита стойността на $W_{d(b)}$ се приема без допустимото от Правилата намаление;

K - коефициент, зависещ от дължината на кораба и броя на палубите.

Изводи:

1. Представената технологичната разработка се явява унифициран документ с паралелна практическа база данни за характерните неизправности. Технологичният алгоритъм е валидиран за всички проверки включително потвърждаването на класа на корабния корпус.

2. Елементите на методиката са изключително достъпни за всички управленски и изпълнителски нива без да е необходима особена допълнителна квалификация.

3. Технологичният алгоритъм е с отворен цикъл, който дава възможност за непрестанно усъвършенстване и допълване на всички етапи от манипулацията. Модулите и съставните му елементи са изградени на база експертен опит и лесно могат да се вградят в програмен продукт.

Използвана литература

1. Манов, М., Люцканов, К. Плазмено напластяване на стомани с индиректен плазмотрон. // Морски научен форум, 2016, № 1, с. 61-65, ISSN 1310-9278.

2. Инструкция на БКР за оценка състоянието на корабния корпус.

3. A Guide to Ship Handling Edition 2007.

4. Lloyd's Register Maximum Permissible Diminution Levels.

5. IACS "Bulk Carriers - Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structure".

6. IACS Surveyor's Glossary, Hull Terms and Survey Terms (July 2003).

7. IACS Recommendation 20 "Guide for inspection of ship hull welds".

8. IACS Shipbuilding and Quality Repair Standards for New Construction and Existing Ships (July 2003)

9. IACS UR W 11 "Normal and higher strength hull structural steels"

10. Manov, M. Investigation of Morphology of Ti-6Al-7Nb after sulphuric anodizing. // Pomorski zbornik, 2017, № 53, p. 85-91, ISSN 0554-6397.