

**ОСОБЕНОСТИ НА ПРЕВОЗА ПО МОРЕ НА НАСИПНИ ТОВАРИ
СКЛОННИ КЪМ ВТЕЧНЯВАНЕ**

Делян Щерев

*Технически университет-Варна, Факултет по морски науки и екология,
9010, Варна, България*

**SPECIAL FEATURES FOR CARRIAGE BY SEA OF SOLID BULK CARGOES
THAT MAY LIQUIFY**

Delyan Shterev

*Technical University-Varna, Faculty of Marine Science and Ecology
9010, Varna, Bulgaria*

Abstract

Liquefying cargoes carried with ships may decrease ship's stability in certain conditions. The article presents that problem and makes recommendations to deck officers regarding ship's safety in emergencies. The recommendations are based on the conclusions about the effects of free surface on liquefying cargoes.

Key words: liquefying cargoes, stability, trim.

Тиксотропните товари, т.с. товари, склонни на оводняване при определени условия на транспортиране (трусове вибрации, натиск) са особен вид насипни товари, превозвани по море с кораби без тара в насипно състояние: руди и рудни концентрати, някои марки въглища, минерални и изкуствени торове и др.

Превозът по море на тиксотропните товари е свързан с определена степен на опасност за кораба, екипажа и околната среда, която може да бъде предизвикана от някои техни специфични свойства, и преди всичко способността им да се преместват (сместване), оводняват, самонагриване и samozапалване.



Фиг.1.

Сместването на товара при клатенето на кораба, т.е. пресипването му към левия или десния борд предизвиква наклоняване, което във времето се увеличава и може да доведе до дори обръщане на кораба (фиг.1).

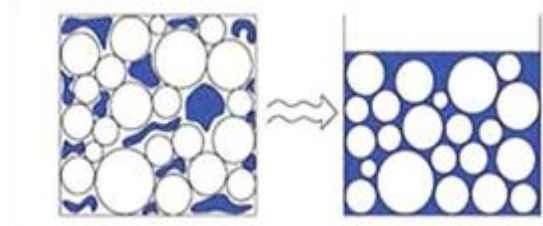
Физическият състав на посоченият вид насипни товари може да се разглежда като състав от фракции твърди частици, вода и въздух (фиг.2). В зависимост от тяхното взаимоотношение се определят основните физико-механически свойства на насипния товар: плътност и специфичен товарен обем и др.

Ако товарът в процеса на транспортиране е подложен на клатене и вибрации, то протича някакво уплътняване и слягане, големината на която може да се изрази със зависимостта

$$\Delta H = H_{\rho_{\max}} - H_{\rho_{\min}} \quad (1)$$

където $H_{\rho_{\max}}$ - височина на фигурата при максимално уплътнение, m;

$H_{\rho_{\min}}$ - височина на фигурата на товара при минимално уплътнение, m.



Фиг.2.

Уплътнението на товара може да стане не само за сметка на намаляване на порите на товара под въздействието на динамичните сили (тръскане, вибрации), но и за сметка на статичното натоварване. В условията на морския превоз това ще зависи от височината на запълване на трюма. Практиката показва, че за повечето насипни товари динамичните натоварвания предизвикват по-голямо уплътняване на частиците в сравнение със статичните.

Влажните и ниско дисперсни товари се уплътняват по-бавно. Скоростта на уплътняване в този случай ще се определя от бързината на изстискване на наличната вода.

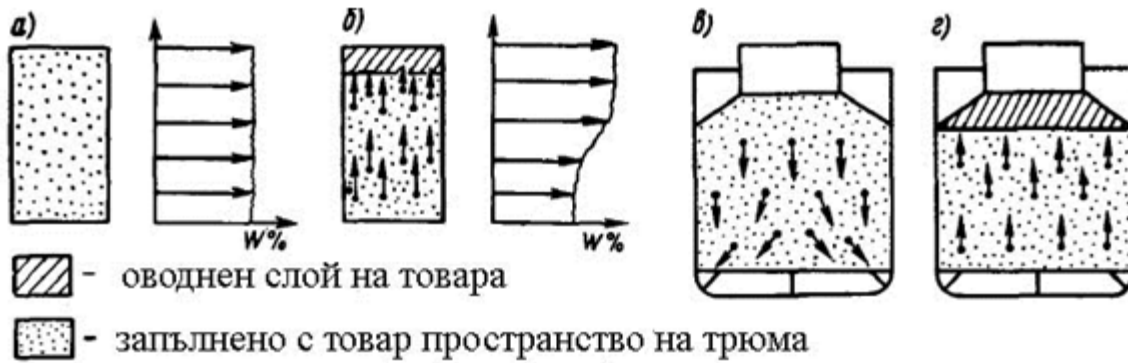
Наличието на влага в масата на насипния товар оказва влияние на взаимовръзката между частиците на товара, а следователно, и на свойствата на самия товар. Влагата, влизаща в състава на насипния товар се подразделя на следните видове: конституционна, влизаща в състава на самото вещество; хигроскопична (водна пара), т.с. такава, която може да се погълща или отдава от товара в зависимост от параметрите на температурата и влажността на окръжаващата среда; молекулярна (филм) – влага, която се удържа от силите на молекулярното притегляне и обгръща частиците на товара; гравитационна (капилярна) – свободна влага, която напълно или частично запълва порите между частиците на товара.

В зависимост от съдържанието на указаните видове влаги товарите се подразделят на сухи, съдържащи само конституционна влага; въздушно-сухи, съдържащи конституционна и хигроскопична влага; влажни, съдържащи свободна влага.

Всички насипни товари могат да се разделят по принципа на сместването им на два вида: товари подлагащи се на „сухо смесване“ и на товари сместващи се в овлажнено състояние. Именно последните са от групата на тиксотропните товари.

Опасността от „сухо“ сместване на насипните товари е прието да се характеризира с ъгъла на естествения откос α . Счита се, ако $\alpha > 35^{\circ}$, то товарът условно не е опасен по отношение на сместване. Ако $\alpha < 35^{\circ}$ - товарът е опасен.

Тиксотропните товари под действието на клатенето и вибрациите могат да преминат в разводнено състояние и представляват голяма опасност за кораба в следствие на възможно протичане или придвижване към някой от борд при клатенето му. Механизмът на това явление може да се опише по следния начин. Съдържащата се в товара влага под действието на тежестта гравитира надолу и увелича малките частици, проправяйки им мигриращ път. В долната част товарът се размива и уплътнява като изтласква водата към по-горния слой. В резултат на във „вертикален разрез“ на товара може да се определят три основни слоя: долен –



а – разпределение на влагата по височина по време на покой;

б – разпределение на влагата по височина при вибрации и тръскане;

в – миграция на свободната влага на товара в трюма на кораба;

уплътнен (смес от малки частици с голяма плътност, глинеста порода и вода); среден слой – разводнен; горен слой - неуплътнен и рохкав (фиг.3). Под действието на относителните движения между корабния корпус и товара при люлеенето и вибрациите, незапълнените с товар пространства се запълват, което допълнително ускорява миграцията на по-дребните и с по-голяма плътност частици надолу.

На фиг.4 е показан резултатът от разводняването на товар от желязна руда в процеса на превоз по море.



Фиг.4. Товар желязна руда преди и след разводняване

Количествените критерии за устойчивост на кораба независимо от вида на товара са подредени в две групи: за формата на диаграмата на статичната устойчивост (диаграмата на Рид) и за съпротивата срещу въздействието на околната среда. Препоръчителните критерии на устойчивостта при превоз на зърно, IMO Res. MSC. 23 (59) са

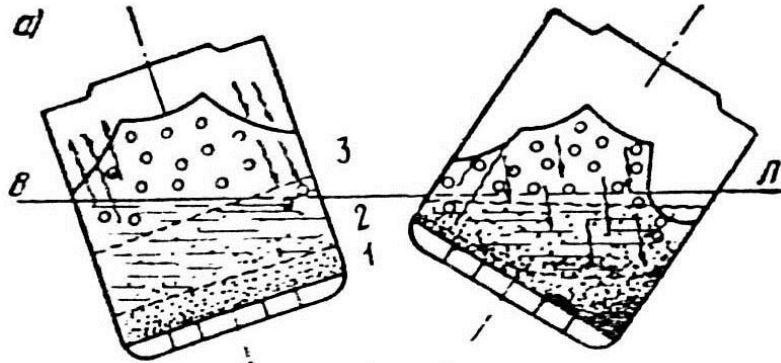
$$GM \geq 0,30m ;$$

$$\theta_r \leq 12^{\circ} \text{ или } \theta_r \leq \theta_d \text{ ако } \theta_d < 12^{\circ} ;$$

$$l_r \geq 0,075mrad$$

$$\lambda_0 = \frac{M_{VM}}{SF \cdot \Delta}$$

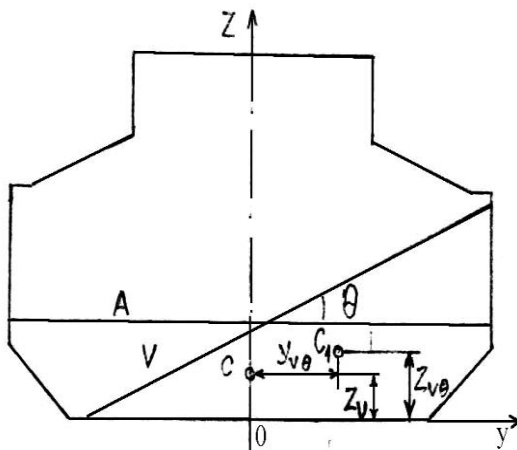
Ако се приеме, че критериите на ИМО при превоз на зърно са добре балансирани, то при превоз на разводняващи се товари безопасността на кораба е застрашена в следствие наличието на свободна повърхност, а най-опасен е случаят на миграция на влагата към дъното на товарното помещение, водещо до разводняване, респективно раздвижване на ниските слоеве товар. Едно такова раздвижване на ниските слоеве товар може да придвижи към борда цялата маса товар и да доведе до значителен статичен крен и в нередки случаи до обръщане на кораба (фиг.5).



Фиг.5

Следователно, от този момент безопасността на кораба ще се определя главно от кренящия момент, получен от приплъзването на товара, от запаса на устойчивост и от възможността да се възпрепятства по-нататъшното приплъзване на товара.

На фиг.6 е илюстрирано напречно сечение на трюм на универсален кораб за насипни товари. Трюмът е запълнен частично с товар с обем V , който по време на прехода се втечнява и при кораб в право положение свободната му повърхност заема положението "А" с център точка С. При наклоняване на кораба на ъгъл θ свободната повърхност на втечнения товар се наклонява на същия ъгъл θ при което центърът му от точка.



Фиг.6

При наклоняване на кораба на ъгъл θ свободната повърхност на втечнения товар се наклонява на същия ъгъл θ при което центърът му от точка. Статичните моменти на товара спрямо равнините XOZ и XOY нарастват с

$$\begin{aligned} \delta m_{xz}(\theta) &= \rho \delta m_{v_{xz}}(\theta) = \rho V y_{v\theta}; \\ \delta m_{xy}(\theta) &= \rho \delta m_{v_{xy}}(\theta) = \rho V (z_{v\theta} - z_v). \end{aligned} \quad (2)$$

Ако корабът плава с няколко частично запълнени трюма с различни количества товари с обеми V_i и във всичките трюмове товарът се втечнява, нарастването на статичните моменти следва да се изчисли по следните формули [6]:

$$\delta m_{xz}(\theta) = \sum \rho_i v_i y_{v\theta i}; \quad \delta m_{xy}(\theta) = \sum \rho_i v_i (z_{v\theta i} - z_{v_i}). \quad (3)$$

Това предизвиква промяна на положението и на центъра на масата на кораба

$$\delta y_G = \frac{\delta m_{xz}(\theta)}{\Delta} = \frac{1}{\Delta} \sum \rho_i v_i y_{v\theta i}; \quad \delta z_G = \frac{\delta m_{xy}(\theta)}{\Delta} = \frac{1}{\Delta} \sum \rho_i v_i (z_{v\theta i} - z_{v_i}). \quad (4)$$

и той ще се премести от точка G в точка G_1 и рамото на статичната устойчивост няма да

бъде GZ , а G_1Z_1

$$G_1Z_1 = Gz - (\delta y_G \cos \theta + \delta z_G \sin \theta) = Gz - \frac{1}{\Delta} \left[\cos \theta \sum \rho_i v_i y_{v_{\theta i}} + \sin \theta \sum \rho_i v_i (z_{v_{\theta i}} - z_{v_i}) \right]$$

или

$$G_1Z_1 = Gz - \frac{1}{\Delta} \sum \rho_i v_i \left[y_{v_{\theta i}} \cos \theta + (z_{v_{\theta i}} - z_{v_i}) \sin \theta \right] \quad (5)$$

където вторият член дава поправката към изправящото рамо, дължащо се на втечнения товар в частично пълните трюмове. Ако положим означението

$$m_{v_{\theta i}} = v_i \left[y_{v_{\theta i}} \cos \theta + (z_{v_{\theta i}} - z_{v_i}) \sin \theta \right] \quad (6)$$

и го наречем обемн момент на свободната повърхност на течността в корпуса, уравнение (5) ще добие вида

$$G_1Z_1 = Gz - \frac{1}{\Delta} \sum \rho_i m_{v_{\theta i}} = Gz - \delta Z_g \quad (7)$$

От анализа на формула (7) следва извода, че при определени условия поправката за свободна повърхност δZ_g може да се окаже достатъчно голяма, че да окаже отрицателно въздействие на устойчивостта на кораба.

Извод

Тиксотропните товари, обладаващи свойството да се оводняват в условията на морския превоз, ако това се допусне, променят схемата на разпределение на натоварването на кораба, намаляване на метацентричната височина и поява на устойчиво нарастващ опасен крен на кораба. Това трябва да се отчита и да бъде на вниманието на институциите и морските лица, отговорни за безопасността на корабоплаването.

Литература

1. IMO Resolution A.167(ES.IV) and A.749(18).
2. IMSBC Code, IMO Edition 2013;
3. International Code on Intact Stability, IMO Edition 2008;
4. Code of Practice for the Safe Loading and Unloading of Bulk Carriers;
5. International Grain Code, IMO Resolution MSC.23 (59);
6. Gard AS, Liquefaction of Solid Bulk Cargoes, 2014;
7. Lloyds Register/UK P&I Clube/Intercargo, Carrying Solid Bulk Cargoes Safely, 2013;
8. Code of safe practice for solid bulk cargoes (BC Code), IMO, London, 1998.