

DOI 10.15589/jnn20150502
УДК 629.5.01
К12

VESSEL FLOODABILITY
CALCULATION IN AVEVA MARINE DESIGN SYSTEM

РАСЧЕТ НЕПОТОПЛЯЕМОСТИ СУДНА
В СИСТЕМЕ ПРОЕКТИРОВАНИЯ AVEVA MARINE

Natalia N. Kabanova
natalya.mikosha@nuos.edu.ua
ORCID: 0000-0001-9172-0764

Н. Н. Кабанова
канд. техн. наук, доц.

Admiral Makarov National University of Shipbuilding, Mykolaiv

Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова, г. Николаев

Abstract. The issues on the specifics of input parameters setting and cargo vessel floodability calculation using Hydrostatic & Hydrodynamics module of Aveva Marine CAD system have been considered. The aim of the study is to substantiate the necessity of floodability calculation automation and demonstrate the system's capabilities that enable showing the influence of input parameters on the resulting ones. The details of working with Hydrostatic & Hydrodynamics module are described by the example of tanker floodability calculation. During the stated calculation, an experiment of compartment continuous flooding, floodable length curve tracing and calculation of the probabilistic compartmentation index were conducted. The influence of changing the bulkheads position on vessel floodability is shown. The results of the study can be used in educational process at higher educational institutions of various forms of training for students of shipbuilding specialties and in the practical work of organizations dealing with vessel design and seaworthiness determination. The considered technique allows modelling different situations that affect the seaworthiness and simplifying the further analysis of their influence. It also enables improving the calculations efficiency by increasing their accuracy and reducing the laboriousness of this process using the CAD system.

Keywords: floodability; vessel; Aveva Marine; compartment flooding; floodable length curve; probabilistic compartmentation index.

Аннотация. Приведено описание методики расчета и особенностей задания входящих параметров для последующего анализа непотопляемости судна путем использования системы автоматизированного проектирования Aveva Marine.

Ключевые слова: непотопляемость; судно; Aveva Marine; затопление отсека; кривая предельных длин отсеков; вероятностный индекс деления на отсеки.

Анотація. Наведено опис методики розрахунку і особливостей завдання вхідних параметрів для подальшого аналізу непотоплюваності судна шляхом використання системи автоматизованого проектування Aveva Marine.

Ключові слова: непотоплюваність; судно; Aveva Marine; затоплювання відсіку; крива граничних довжин відсіків; імовірнісний індекс поділу на відсіки.

REFERENCES

- [1] Bugaev V. H. *CAD/CAM/CAE-sistemy. Avtomatizirovannoe proektirovanie sudov : uchebnoe posobie* [CAD/CAM/CAE systems. Computer-aided design of vessels: study guide]. Vladivostok, Far East State Technical University Publ., 2008. 250 p.
- [2] Golubeva E. V. *Algoritm resheniya osnovnogo voprosa nepotoplyaemosti s uchetom modeli zatopeniya germetichnykh vodonepronitsaemykh otsekov nadvodnogo korablya cherez proboiny* [Algorithm for solving of the basic issue of floodability considering the model of vessel hermetic watertight compartments flooding through damages]. *Programmnye produkty, sistemy i algoritmy — Software, systems and algorithms*. 2014, no. 3, pp. 1–10. Mode of access: <http://swsys-web.ru/algorithm-for-solving-the-problem-unsinkable-ship.html>.
- [3] Zuev V. A. *Osobennosti prepodavaniya professionalnykh distsiplin pri podgotovke bakalavrov-korablestroiteley* [Specifics of teaching the professional disciplines at bachelors of shipbuilding training]. *Kontsept — Concept*, 2012, № 11 (November), pp. 1–7. Mode of access: <http://e-koncept.ru/2012/12151.html>.

- [4] Borysov R. V., Lugovskiy V. V., Mirokhyn B. V., Rozhdestvenskiy V. V. *Statika korablya: uchebnoe posobie* [Statics of the ship]. Saint Petersburg, Shipbuilding Publ., 2005. 256 p.
- [5] Tsurenko Yu. Y. *Rascheti po statike korablya s ispolzovaniem EVM : uchebnoe posobie* [Ship statics calculations using a computer: study guide]. Severodvinsk, Institute of shipbuilding and marine Arctic technic, 2002. 48 p.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Для повышения эффективности расчетов непотопляемости судна и визуализации процессов, их сопровождающих, целесообразно использование модуля Hydrostatic & Hydrodynamics системы проектирования Aveva Marine.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Теоретические основы расчета непотопляемости описаны в [3]. Вопросы автоматизированного проектирования судов рассмотрены в [5]. Автоматизации расчетов мореходных качеств судна посвящены работы [2, 4], однако они не позволяют обеспечить визуализацию затопления отсека в зависимости от времени от момента получения пробоины. Необходимость использования ЭВМ в расчетах различных характеристик судна обоснована в [1].

ЦЕЛЬ РАБОТЫ — обеспечение автоматизации расчета непотопляемости судна с помощью среды проектирования Aveva Marine.

Задачей исследования является описание методики расчета и задания входящих параметров для расчета непотопляемости судна в расчетном модуле Hydrostatic & Hydrodynamics.

Объект исследования — мореходные качества судна.

Предмет исследования — непотопляемость грузового судна.

В исследовании использованы **методы** теории корабля и автоматизированного проектирования.

ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА

Для обеспечения возможности проведения расчетов мореходных качеств необходимо наличие судовой поверхности с расставленными переборками и созданными отсеками. Это может быть осуществлено двумя путями:

– создание поверхности в Lines с доработкой в Surface & Compartment;

– импорт поверхности из сторонней автоматизированной системы проектирования в Surface & Compartment с последующей доработкой в указанном модуле.

Под доработкой понимается моделирование в Surface & Compartment основных элементов корпусных конструкций, генерация продольных и поперечных переборок, палуб и платформ с заданием их положений. Базируясь на имеющихся данных,

выполняется создание помещений и отсеков с указанием их типов и коэффициентов проницаемости.

После указанных операций проводится передача данных судовой геометрии в модуль Hydrostatic & Hydrodynamics.

Все расчеты проводятся с проектом нефтеналивного судна, характеристики которого представлены в таблице 1.

Расчет кривой предельных длин отсеков

Для расчета кривой предельных длин отсеков используется команда Floodable Length, находящаяся в блоке Regulations. До начала расчета необходимо задать входящие параметры на вкладке General (рис. 1). Таковыми являются:

– указание положений поперечных переборок, которые задаются в блоке Bulkheads;

– задание коэффициентов проницаемости отсеков по длине судна в Regions and Permeabilities. В соответствии с пунктами 2.6.2 и 2.6.1 Правил классификации и постройки морских судов, коэффициент для машинного отделения составляет 0,85; для грузовых танков — 0,7; для остальных отсеков — 0,95;

– указание палубной линии в Margin (Deck edge points);

– задание проектной осадки в Design Draft;

– указание дифферента в Trim;

– указание стандарта (одноотсечный и пр.), в соответствии с которым будет произведена проверка непотопляемости судна в Compartment Standart.

Вызов формы задания исходных данных выполняется путем нажатия правой кнопкой мышки на Floodable Length с последующим выбором опции Edit.

После выполнения необходимых настроек нажимается кнопка ОК и в дереве операций на функции Floodable Length нажатием правой кнопки мыши вызывается меню, в котором следует выбрать Calculation.

Таблица 1. Характеристики судна

Максимальная длина	244,710	м
Длина между перпендикулярами	231,210	м
Длина по ватерлинии	236,990	м
Ширина	32,200	м
Высота борта	19,200	м
Осадка	13,920	м
Полное водоизмещение	89344	т
Водоизмещение порожнем	18747	т
Дедвейт	70597	т

Расчет составляет, как правило, не больше 2 минут, таким образом существенно снижая трудоемкость расчетов и анализа влияния различных величин на результирующие показатели.

Отчеты по результатам расчета включают в себя значения: средней осадки и дифферента, для которых строится кривая предельных длин отсеков; водоизмещения по указанную осадку; абсциссы центра величины; фактора деления на отсеки. Кроме того, генерируются таблицы параметров кривой предельных длин отсеков, объединенные по критерию «коэффициент проницаемости» и ее графическое изображение (рис. 2, 3).

Анализ полученных результатов для рассматриваемого судна показал неудовлетворительную непотопляемость в районе машинного отделения и нескольких трюмов (рис. 2), что связано с большими длинами отсеков.

На рис. 2: $l_{отс}$ — длина отсека; L_s — длина судна; 1 — граница стационарности j -го коэффициента проницаемости; 2, 3 — кривые предельных длин отсеков соответственно без и с учетом их проницаемости; 4 — кривая границ отсеков

Проведем опыт по смещению поперечных переборок рассматриваемого судна.

Как видно из рис. 3, проблема длин отсеков была решена.

Расчет вероятностного индекса деления на отсеки

В соответствии с правилами Регистра, для проверки непотопляемости судна необходим расчет ве-

роятностного индекса деления на отсеки. В Aveva такая функция доступна. Для этого необходимо создать сценарии аварий. В нашем случае это затопление машинного отделения и находящейся под ним топливной цистерны.

Сперва выполняются базовые настройки в Probabilistic Setup:

- выбор требований (Solas, 1992, Part B-1 Reg. 25-1);
- стандарт по затоплению отсеков (2);
- границы отсеков, при необходимости.

Далее в Probabilistic Scenarios создаются варианты аварийных затоплений отсеков. Для этого достаточно использовать кнопку Create Damage Cases и в появившемся окне во вкладке Compartments указать перечень аварийных отсеков. Комбинации отсеков будут сгенерированы системой автоматически, однако их впоследствии можно редактировать.

После выполнения указанных операций в Probabilistic Stability во вкладке General указать:

- проектную осадку (13,92);
- весовой коэффициент (1);
- дифферент (-1,475);
- аппликату центра тяжести (12,675);
- минимальное значение аппликаты центра тяжести, необходимое в случае оптимизации, которая выполняется системой автоматически в случае неудовлетворительной непотопляемости по заданной аппликате (10,257).

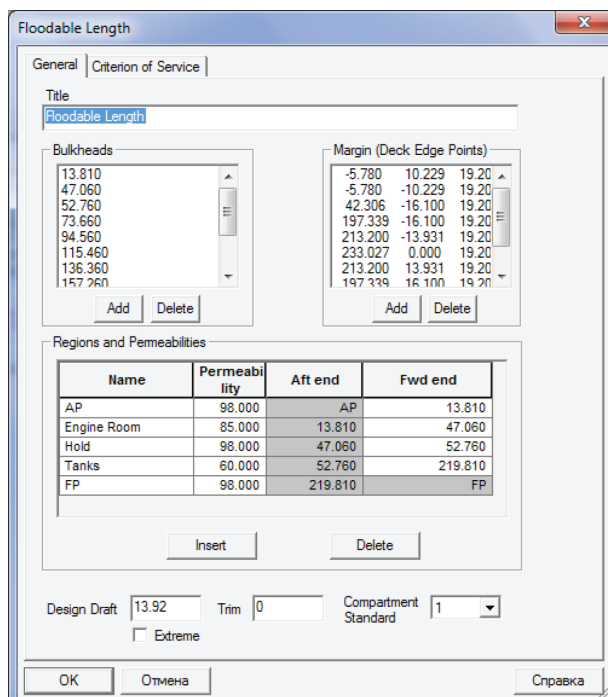


Рис. 1. Задание входящих параметров для расчета кривой предельных длин отсеков

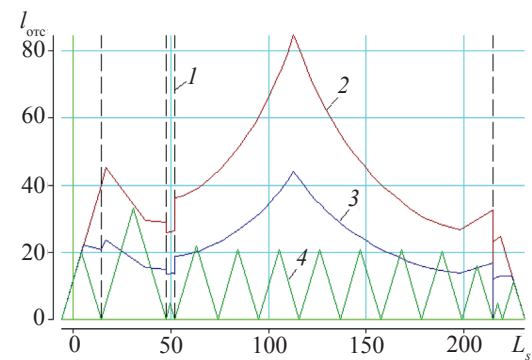


Рис. 2. Кривая предельных длин отсеков

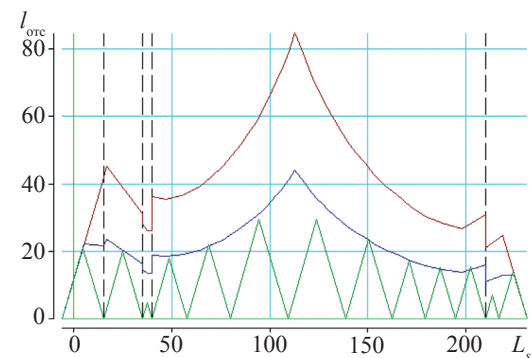


Рис. 3. Кривая предельных длин отсеков после смещения переборок

На вкладке *Damage and waves* в *Probabilistic Stability* выбрать интересующие типы затопления отсеков.

Для расчетов необходимо на группу команд *Probabilistic Stability* нажать правой кнопкой мышки и в выпавшем меню выбрать опцию *Calculate*. После этого все расчеты, связанные с вероятностным делением на отсеки, будут выполнены.

Отчеты по результатам включают в себя: таблицы главных размерений, геометрии палуб, переборок и выбранных для анализа отсеков; таблицу зон повреждений и их графическую идентификацию на различных проекциях судна; типы анализируемых отсеков с коэффициентами их проницаемости, типами повреждений; диаграммы статической устойчивости аварийного судна для всех указанных повреждений, а также таблицы их параметров; таблицу расчета вероятностного индекса деления на отсеки.

Конечный результат представлен в таблице 2.

Как видно из таблицы 2, условие непотопляемости выполнено.

Моделирование затопления отсека

Моделирование затопления отсека выполняется командой *Continuous Flooding*, которая находится в блоке *Loading Conditions*.

В качестве примера приведено аварийное повреждение машинного отделения (ER) и расположенной под ним топливной цистерны (Bottom10).

В перечень исходных данных рассматриваемого расчета входят:

- а) выбор предварительно заданного варианта загрузки судна (100% груза + 100% запасов);
- б) указание приращения времени в секундах (10);
- в) указание периода затопления (0 : 05 : 00);
- г) задание параметров пробоины: ее локализация, ориентация, форма, размер (таблица 3).

В таблице 3: x , y , z — положение пробоины от нулевой точки соответственно по длине, ширине

Таблица 2. Вероятностный индекс деления на отсеки

L_s	236,9900
R	0,5993
A	0,8313

Таблица 3. Параметры повреждений отсеков

№	x	y	z	Width	Height	Shape	Orient.	Coeff.	Comp.ID1	Comp.ID2
0	25,0	16,1	1,75	3,0	0,5	Rectangle	Profile	0,1	ER	SEA
1	25,0	16,1	2,25	3,0	0,5	Rectangle	Profile	0,1	ER	Bottom10

Таблица 4. Параметры помпы

№	Comp.ID1	Comp. ID2	Flow Rate
0	ER	SEA	1.0

и высоте борта судна, м; *Width, Height, Shape* — соответственно ширина (м), высота (м), форма пробоины (форма может быть трапецевидной, эллиптической или прямоугольной, как в рассматриваемом случае); *Orient* — локализация пробоины (на проекции бок, корпус или полуширота); *Coeff* — коэффициент интенсивности потока; *Comp* — наименование поврежденного отсека; *Comp.ID1*, *Comp.ID2* — отсеки, соответственно из которого и в который перемещается поступившая вода;

д) задание коэффициента трения потока через пробоину (таблица 4). Чем ниже значение коэффициента, тем медленнее скорость потока.

В таблице 4: *Flow Rat* — скорость откачки воды, т/с.

Выбор параметра *SEA* (таблицы 3, 4) в качестве одного из отсеков обуславливает сообщение второго с забортной водой.

После запуска расчета и его осуществления можно просмотреть моделирование затопления с интерактивно заполняющимися отсеками с указанием аварийной посадки судна на каждом из шагов затопления.

Результаты расчетов включают в себя отчет по входящим параметрам в виде таблиц: характеристик выбранного варианта загрузки (наименование, процент заполнения, положение центра тяжести, границы отсека; типа, веса, плотности груза; момента от влияния свободной поверхности); параметров пробоины; характеристик помпы для перекачки забортной воды; зависимости посадки судна и параметров затопленных отсеков в зависимости от времени, прошедшего после аварии (таблицы 5, 6).

В таблице 5: *Elapsed Time* — время, прошедшее с момента аварии в формате ч : мин : с; *Heel* — крен, град.; *Trim* — дифферент, м; *Flood Water* — поступившая в отсеки вода, м.

В таблице 6: *ER, Bottom10* — количество поступившей в указанные отсеки забортной воды.

ВЫВОДЫ. 1. Система автоматизированного проектирования *Aveva Marine* позволяет значительно уменьшить временные затраты, связанные с расчетом мореходных характеристик судна, тем самым увеличивая продуктивность выполнения работ, связанных с его проектированием.

Таблиця 5. Параметры аварийного судна

Elapsed Time	Heel	Trim	WL Radius	Flood Water
0:00:00	0	-3,617	14,174	0
0:00:10	0	-3,629	14,176	14
0:00:20	0	-3,639	14,178	28
0:00:30	0	-3,650	14,179	43
0:00:40	0	-3,660	14,181	57
0:00:50	0	-3,670	14,183	71
0:01:00	0	-3,681	14,185	85
0:01:10	0	-3,691	14,187	100
0:01:20	0	-3,701	14,189	114
0:01:30	0	-3,711	14,191	128
0:01:40	0	-3,721	14,192	142
0:01:50	0	-3,731	14,194	156
0:02:00	0	-3,742	14,196	170
0:02:10	0	-3,752	14,198	184
0:02:20	0	-3,762	14,200	198
0:02:30	0	-3,772	14,202	212
0:02:40	0	-3,781	14,203	225
0:02:50	0	-3,791	14,205	239
0:03:00	0	-3,801	14,207	253
0:03:10	0	-3,811	14,209	267
0:03:20	0	-3,821	14,211	281
0:03:30	0	-3,831	14,212	294
0:03:40	0	-3,841	14,214	308
0:03:50	0	-3,851	14,216	322
0:04:00	0	-3,860	14,218	335
0:04:10	0	-3,870	14,220	349
0:04:20	0	-3,880	14,221	363
0:04:30	0	-3,890	14,223	376
0:04:40	0	-3,900	14,225	390
0:04:50	0	-3,909	14,227	403
0:05:00	0	-3,919	14,229	417

Таблиця 6. Наполненность поврежденных отсеков

Elapsed Time	ER	Bottom10
0:00:00		
0:00:10	14	0
0:00:20	28	0
0:00:30	42	1
0:00:40	55	2
0:00:50	68	3
0:01:00	80	5
0:01:10	92	7
0:01:20	104	10
0:01:30	115	13
0:01:40	125	16
0:01:50	136	20
0:02:00	146	24
0:02:10	155	28
0:02:20	165	32
0:02:30	174	37
0:02:40	183	42
0:02:50	192	47
0:03:00	201	52
0:03:10	210	57
0:03:20	218	62
0:03:30	226	68
0:03:40	234	73
0:03:50	242	79
0:04:00	250	85
0:04:10	258	91
0:04:20	265	97
0:04:30	273	103
0:04:40	280	109
0:04:50	287	116
0:05:00	294	122

2. Возможность осуществления визуализации затопления, создание системой графиков при расчете непотопляемости судна, совмещенное с генерацией различных аварийных ситуаций путем вариации входящих параметров позволяет обеспечить наглядность, а также оценить их вклад в значение результирующего показателя, тем самым существенно облегчая работу проектанта, а также повышая про-

дуктивность обучения студентов кораблестроительных специальностей.

Перспективы дальнейших исследований состоят в моделировании с помощью системы Aveva Marine различных ситуаций, связанных с расчетом мореходных качеств проектируемого судна, с последующим анализом влияния входящих параметров на конечный результат.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] **Бугаев, В. Г.** CAD/CAM/CAE-системы. Автоматизированное проектирование судов : учебное пособие [Текст] / В. Г. Бугаев. — Владивосток : ДВГТУ, 2008. — 250 с.
- [2] **Голубева, Е. В.** Алгоритм решения основного вопроса непотопляемости с учетом модели затопления герметичных водонепроницаемых отсеков надводного корабля через пробоины [Электронный ресурс] / Е. В. Голубева // Программные продукты, системы и алгоритмы. — 2014. — № 3. — Режим доступа : <http://swsys-web.ru/algorithm-for-solving-the-problem-unsinkable-ship.html>.
- [3] **Зуев, В. А.** Особенности преподавания профессиональных дисциплин при подготовке бакалавров-кораблестроителей [Электронный ресурс] / В. А. Зуев, Н. В. Калинина // Концепт. — 2012. — № 11 (ноябрь). — Режим доступа : <http://e-koncept.ru/2012/12151.html>.
- [4] Статика корабля : учебное пособие [Текст] / П. В. Борисов, В. В. Луговский, Б. В. Мирохин, В. В. Рождественский. — 2-е изд., перераб. и доп. — СПб. : Судостроение, 2005. — 256 с.
- [5] **Цуренко, Ю. И.** Расчеты по статике корабля с использованием ЭВМ : учебное пособие [Текст] / Ю. И. Цуренко. — Северодвинск : Севмашвуз, 2002. — 48 с.

© Н. М. Кабанова

Надійшла до редколегії 14.09.2015

Статтю рекомендує до друку член редколегії ЗНП НУК
д-р техн. наук, проф. В. О. Некрасов