

УДК 656.6

АНАЛИЗ НЕПОТОПЛЯЕМОСТИ АВТОМОБИЛЕ-ПАССАЖИРСКОГО ПАРОМА КЛАССА М-СП

Белокуров Евгений Сергеевич¹, студентe-mail: evgenii204@yandex.ru**Кочнев Юрий Александрович¹**, доцент, д.т.н., профессорe-mail: tmnnkoch@mail.ru¹ Волжский государственный университет водного транспорта, Нижний Новгород, Россия

Аннотация. Обеспечение непотопляемости является одним из ключевых требований к судам смешанного плавания, к которым относятся и паромы класса М-СП. Согласно правилам Российского Классификационного Общества, непотопляемость судов данного класса должна быть обеспечена при стандартных схемах затопления, однако для оптимизации внутренней компоновки часто требуется оценка нестандартных сценариев. Одним из факторов, влияющих на аварийную остойчивость, является длина первого отсека за таранной переборкой – именно её увеличение повышает полезный объем корпуса, но снижает аварийный запас плавучести. В статье определена максимальная длина отсека, позволяющая сохранить необходимый запас плавучести, получена итоговая компоновка судна без установки двойных бортов.

Ключевые слова: судостроение, непотопляемость, судно смешанного плавания, автомобиле-пассажирский паром.

ANALYSIS OF THE SINKING OF THE M-SP CLASS CAR-PASSENGER FERRY

Evgeny S. Belokurov¹, Studente-mail: evgenii204@yandex.ru**Yury A. Kochnev¹**, Associate Professor, Doctor of Technical Sciences, Professore-mail: tmnnkoch@mail.ru¹ Volga State University of Water Transport, Nizhny Novgorod, Russia

Abstract. Ensuring unsinkability is one of the key requirements for mixed-navigation vessels, which include M-SP class ferries. According to the rules of the Russian Classification Society, the unsinkability of vessels of this class must be ensured under standard flooding scenarios, but the optimization of the internal layout often requires the evaluation of non-standard scenarios. One of the factors affecting emergency stability is the length of the first compartment behind the ram bulkhead, as increasing this length increases the useful volume of the hull but reduces the emergency buoyancy. The article determines the maximum compartment length that can be maintained while maintaining the required buoyancy, and the final layout of the vessel is obtained without the installation of double sides.

Keywords: shipbuilding, unsinkability, mixed-mode vessel, passenger-car ferry.

Суда смешанного плавания, в частности автомобиле-пассажирские паромы класса М-СП, эксплуатируются в условиях, сочетающих выход в морские районы с ограниченной высотой волны и работу на внутренних водных путях. Эти условия предъявляют особые требования к непотопляемости судна и запасу аварийной остойчивости. Согласно правилам Российского Классификационного Общества (РКО), непотопляемость судов данного класса должна обеспечиваться для стандартных схем затопления. Однако при поиске оптимальной внутренней компоновки для более удобного размещения различных помещений в корпусе судна возникает необходимость оценки нестандартных сценариев, в частности – влияния длины первого отсека за таранной переборкой на остаточную остойчивость и аварийную осадку. В соответствии с правилами РКО непотопляемость считается обеспеченной если:

1. Предельная линия погружения не входит в воду;
2. Поперечная метацентрическая высота после затопления должна быть не менее 0,05 м.

Исследование построено на учебном проекте автомобильного паромы класса М-СП 3,5 (лед 10). Основные характеристики исследуемого судна: \

- длина по КВЛ - 90,5 м;
- ширина по КВЛ - 14,0 м;
- осадка – 2,9 м;
- водоизмещение – 2440 т.

Разработка чертежа и деление судна на отсеки произведено в САПР КОМПАС 3D, расчет методом постоянного водоизмещения произведен в вычислительном комплексе «Диалог-Статика».

Паром разделен на отсеки: пиковые, машинное отделение (в средней части корпуса), двойное дно. Оставшееся пространство разделено платформой и отведено под жилые и общественные помещения.

Предварительные расчеты подтвердили, что судно сохраняет положительную остойчивость при затоплении пиковых отсеков и машинного отделения. Критическими для непотопляемости оказались отсеки, расположенные между МО и пиками. Решить эту проблему удалось, разделив отсек на две равные части поперечной переборкой. При затоплении одного такого отсека совместно с отсеком двойного дна аварийная осадка снизилась. Далее был проверен сценарий затопления трёх отсеков, лежащих на одной вертикали (двойное дно, первый ярус и вышележащий отсек). Результат показал, что аварийная осадка находится на достаточном расстоянии от линии предельного погружения, а остойчивость обеспечена.

Для определения максимально допустимой длины первого отсека за таранной переборкой были выполнены расчёты для трёх значений длины (в направлении от таранной переборки в корму к МО):

- L1 = 15,625 м;
- L2 = 20,150 м;
- L3 = 22,412 м.

Результаты расчетов даны в таблице 1.



Таблица 1

Длина отсека затопленного отсека, м	Малая метацентрическая высота при данной длине, м	Аварийная осадка, м	Максимально допустимая осадка (линия погружения), м
15,625	2,10	5,42	6,18
20,150	2,22	5,73	
22,412	2,34	6,03	

По результатам моделирования установлено, что при $L = 22,412$ м критерии непотопляемости ещё выполняются, однако дальнейшее увеличение длины приводит к недопустимому росту аварийной осадки. Таким образом, максимальная допустимая длина первого отсека составляет 22,4 м.

Итоговая компоновка паромы, обеспечивающая непотопляемость без установки двойных бортов, включает:

- таранную переборку;
- первый отсек длиной 22,4 м;
- последующие отсеки, разделённые поперечными переборками, с длинами, определёнными в ходе расчета.

Итоговая компоновка носовой оконечности судна представлена на рисунке 1 (кормовую оконечность возможно компоновать симметрично носовой).

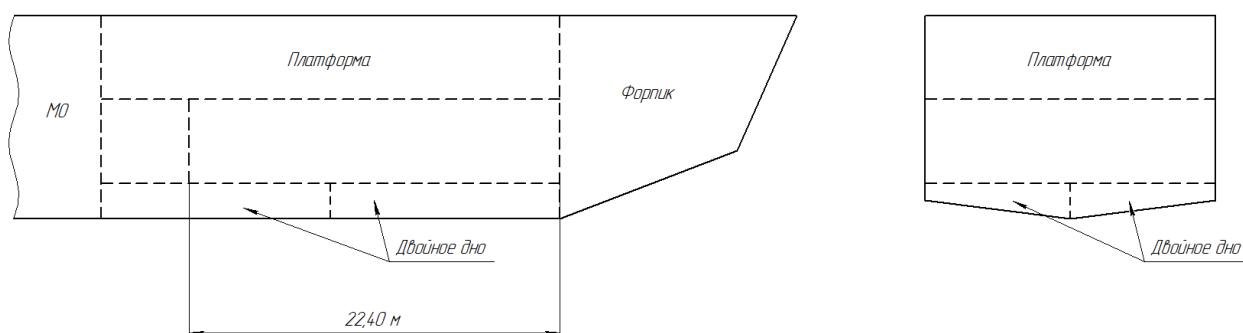


Рисунок 1 – Итоговая компоновка паромы

В результате исследования:

1. Подтверждено, что для паромы класса М-СП стандартное деление на отсеки не всегда гарантирует выполнение обоих критериев непотопляемости.
2. Определена максимальная длина первого отсека за таранной переборкой – 22,4 м, при которой после его затопления сохраняется положительная остойчивость и не превышает линия предельного погружения.
3. Получена рациональная компоновка судна без использования двойных бортов, что позволяет увеличить полезный объём при соблюдении требований РКО.
4. Для более точного прогнозирования рекомендуется изучить затопление аналогичных судов.

Список литературы:

1. Семенов-Тянь-Шанский В.В. Остойчивость и непотопляемость судов. – Л.: Судостроение, 1985. – 248 с.
2. Дорогостайский Д.В., Жуков Ю.Д., Нецветаев Ю.А. Теория и устройство судна. – М.: Транспорт, 2004. – 336 с.

3. Правила Российского Классификационного Общества (РКО) по судам смешанного (река-море) плавания. – М.: РКО, 2018.
4. ГОСТ Р 52782-2007. Суда смешанного плавания. Требования к непотопляемости. – М.: Стандартиформ, 2007.
5. Войткунский Я.И. Справочник по теории корабля. – Л.: Судостроение, 1985. – Т. 2. Статика судна. Качка. – 440 с.

