

*Непомнящий Даниил Ильич*  
*Студент 1 курса магистратуры, департамент «Морской техники и*  
*транспорта»*

*Дальневосточный Федеральный университет*

*Россия, г. Владивосток*

*Радченко Данил Игоревич*

*Студент 1 курса магистратуры, департамент «Морской техники и*  
*транспорта»*

*Дальневосточный Федеральный университет*

*Россия, г. Владивосток*

*Богаутдинов Данил Витальевич*

*Студент 1 курса магистратуры, департамент «Морской техники и*  
*транспорта»*

*Дальневосточный Федеральный университет*

*Ведюшенко Илья Витальевич*

*Студент 1 курса магистратуры, департамент «Морской техники и*  
*транспорта»*

*Дальневосточный Федеральный университет*

*Россия, г. Владивосток*

*Научный руководитель: Герман Андрей Петрович*

**РАСЧЁТ ГИДРОСТАТИКИ И КАЧКИ КРУПНОТОННАЖНОГО  
СУХОГРУЗНОГО СУДНА В ПРОГРАММНОМ КОМПЛЕКСЕ  
«MOTION»**

*Аннотация: в статье изучается такой программный комплекс, как комплекс «Motion». Выделяются его достоинства и недостатки. Проводится расчёт значений килевой качки, перемещения миделя и волнового изгибающего момента на нерегулярном волнении. Анализируются полученные результаты.*

**Ключевые слова:** качка судов, изгибающий момент, цифровое моделирование.

**Annotation:** the article studies such a software package as the "Motion" complex. Its advantages and disadvantages are highlighted. The calculation of the values of keel pitching, midship displacement and wave bending moment on irregular waves is carried out. The results obtained are analyzed.

**Keywords:** ship pitching, bending moment, digital modeling.

## Введение

Цифровое моделирование и технологии играют важную роль в современном судостроении. Они позволяют улучшить процессы проектирования и постройки судов, а также повысить конкурентоспособность отрасли. Вот несколько ключевых преимуществ цифрового моделирования и его применения в судостроении:

- Снижение затрат на проектирование: Цифровое моделирование позволяет уменьшить расходы на создание физических прототипов и проведение дорогостоящих физических испытаний. Это экономит средства на ранних стадиях проекта.

- Ускорение процесса разработки проектов: Использование цифровых технологий позволяет существенно сократить время, необходимое для проектирования и разработки судов. Это способствует более быстрому выходу новых продуктов на рынок.

- Повышение точности и надежности: Цифровое моделирование позволяет более точно предсказывать поведение судна в различных условиях и на разных этапах его жизненного цикла. Это помогает улучшить качество и безопасность судов.

- Снижение рисков: Цифровые модели позволяют идентифицировать потенциальные проблемы и риски на ранних этапах проектирования, что

помогает предотвратить нежелательные инциденты и экономические потери в будущем.

Таким образом, цифровые технологии и цифровое моделирование имеют большой потенциал для улучшения судостроительной отрасли, обеспечивая более эффективные и инновационные подходы к проектированию и постройке судов.

### **Объект исследования и исходные данные**

Объектом исследования является крупнотоннажное сухогрузное судно «Jumbo Jubilee». Судно специализируется на перевозке генеральных грузов.

### **Расчёты и результаты**

На начальном этапе расчётной части работы производится процедура переноса координат теоретических шпангоутов в программу Motion – это выполняется пользователем в ручном режиме. В разделе "Редактирование" выбирается пункт "Элементы шпангоутов". Количество точек задаётся пользователем. С помощью клавиш (стрелка влево-вправо) выбранная точка перемещается в позицию с заданными координатами. Данную операцию нужно провести со всеми точками на каждом шпангоуте. Таким образом, координаты для каждой точки были откалиброваны вручную (рис. 1).

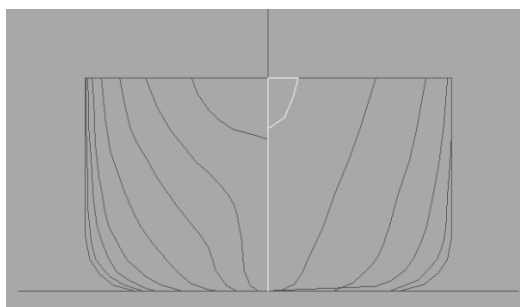


Рис. 1 – Ввод координат шпангоутов в программе Motion (проекция корпус)

На следующем этапе работы производятся расчеты значений килевой качки, перемещения миделя и волнового изгибающего момента на нерегулярном волнении [2]. Для повышения точности расчётов задано время равное 600 с, интервал вычислений 0,2 с. Диапазоны варьирования переменных: высота волны, выраженная через осадку судна  $T$  в пределах от  $0,75T$  до  $1,25T$  с шагом 0,25; скорость судна, выраженная через число Фруда  $Fr$  в пределах от 0 до 0,25 с шагом 0,05.

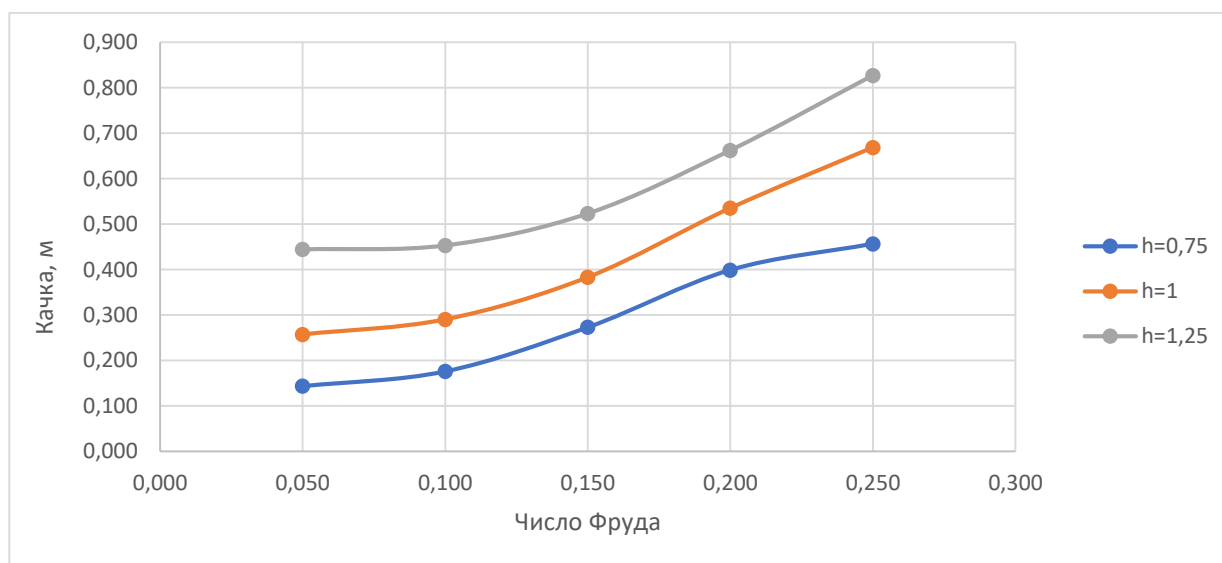
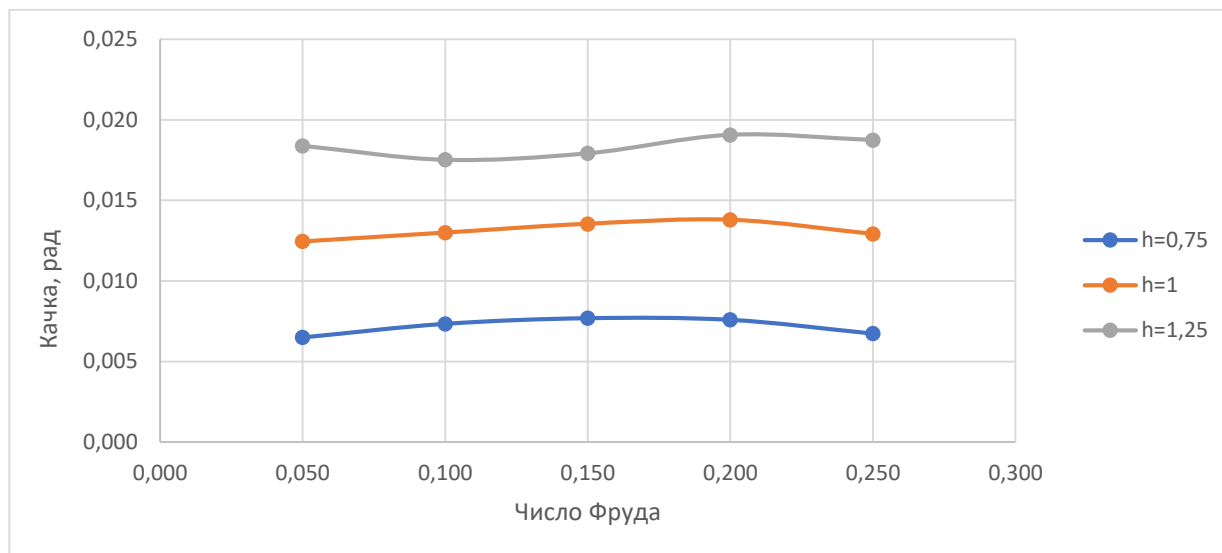
После выполнения расчетов подготавливаем данные для дальнейшего анализа полученных результатов. Полученные результаты расчета программа Motion генерирует в виде структурированного массива данных. Однако, модуль автоматического анализа результатов в программе отсутствует. В связи с чем, для удобства обработки результатов они были экспортированы сначала в Microsoft Word, для первичной обработки, затем в Microsoft Excel с последующим преобразованием.

### **Анализ результатов**

Анализ результатов производится при помощи стандартного отклонения. Стандартное отклонение – это мера разброса значений в наборе данных относительно их среднего значения. Оно показывает, насколько сильно каждое значение в наборе данных отличается от среднего значения этого набора, сколько изменений есть от среднего, или среднее. Для получения численного значения использовалась функция СТАНДОТКЛОНА(X:X).

Процедура повторяется для всех шпангоутов, чтобы проследить изменение кинематических характеристик и их влияние на судно. Построение зависимостей (рис. 2) дало возможность более наглядно представить все изменения кинематических характеристик для судна и сделать соответствующие выводы: изменение длины волны, зависящей в данном исследовании от длины судна, незначительно повлияла на результаты, в

отличие от высоты волны, зависящей от осадки. Таким образом, чем выше значения высоты волны, тем будут выше значения килевой качки, волновых изгибающих моментов и смещение миделя.



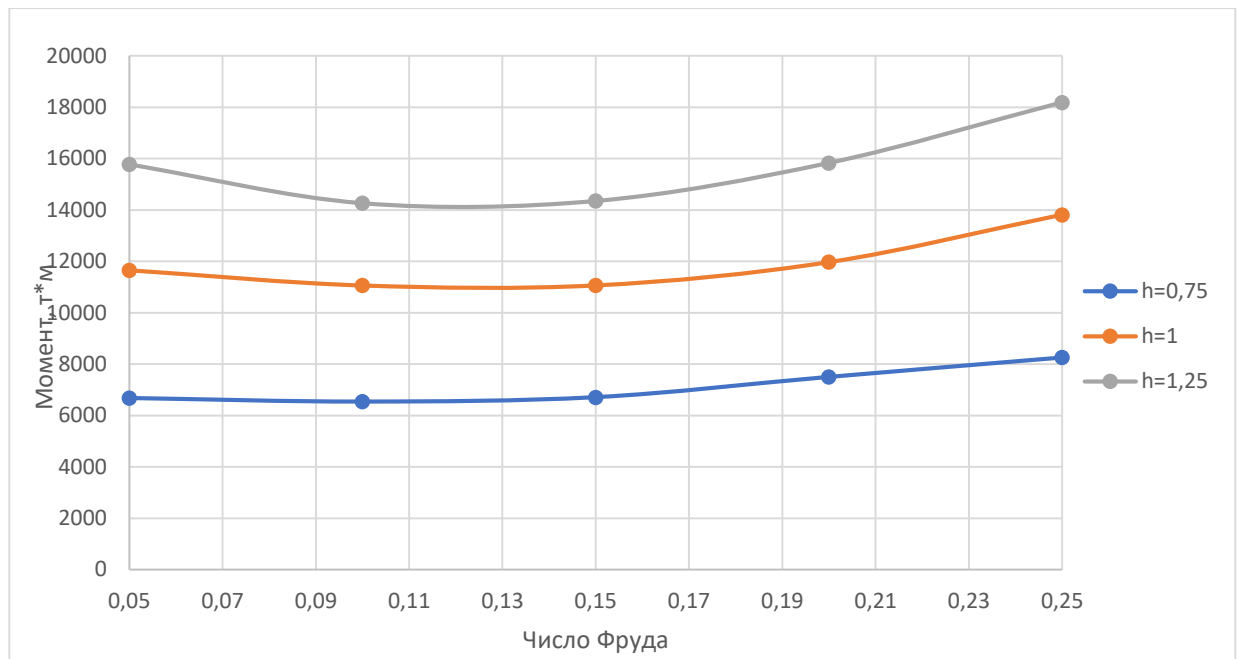


Рис. 2 – Зависимость килевой качки, перемещения миделя и волнового изгибающего момента от длины и высоты волны и скорости

В рамках исследования физической модели судна было выявлено, что в зависимости от скорости возрастают волновые изгибающие моменты, как отрицательные, так и положительные. Также от возрастания скорости максимальные изгибающие моменты будут смещаться по длине судна относительно миделя, что, в свою очередь, негативно влияет на прочностные характеристики судна [3].

### Заключение

В результате выполненной работы:

- Получены практические навыки по использованию программного комплекса Motion в целях исследования гидростатических характеристик судна и его качки.
- Рассчитаны гидростатические и кинематические характеристики качества физической модели судна, что дало представление о мореходных

модели в условиях нерегулярного волнения.

- Анализ результатов дал представление о возможности проецирования расчетов, выполненных на базе физической модели, на натурное судно.

- Полученные результаты заложили основы для дальнейших исследований в области судостроения, которые могут способствовать усовершенствованию морской техники и повышению безопасности на судах.

### **Список литературы:**

1. Суров О.Э. Влияние проектных характеристик судна на его мореходные и прочностные качества: диссертация канд. техн. наук: 05.08.03. – Владивосток, 2000. 252 с.

2. Войткунский Я.И. Справочник по теории корабля: В трёх томах. Том 2. Статика судов. Качка судов. – Л.: Судостроение, 1985. – 440 с.

3. Герман А.П., Грибов К.В., Новиков В.В., Шемендюк Г.П. О напряженном состоянии конструкций корпуса судна с широким раскрытием палубы // Морские интеллектуальные технологии. 2013. №S2. С. 25-28. EDN:QSTCXR.