



II Всероссийская научная конференция
«ВОЛНЫ ЦУНАМИ: МОДЕЛИРОВАНИЕ, МОНИТОРИНГ, ПРОГНОЗ»

Посвящается 90-летию со дня рождения С.Л. Соловьёва

Сравнение дисперсионной и бездисперсионной моделей наката длинных волн на берег

А. Абдалазиз, И.И. Диденкулова
Д. Дутых, П. Денисенко



17 ноября 2020

Введение

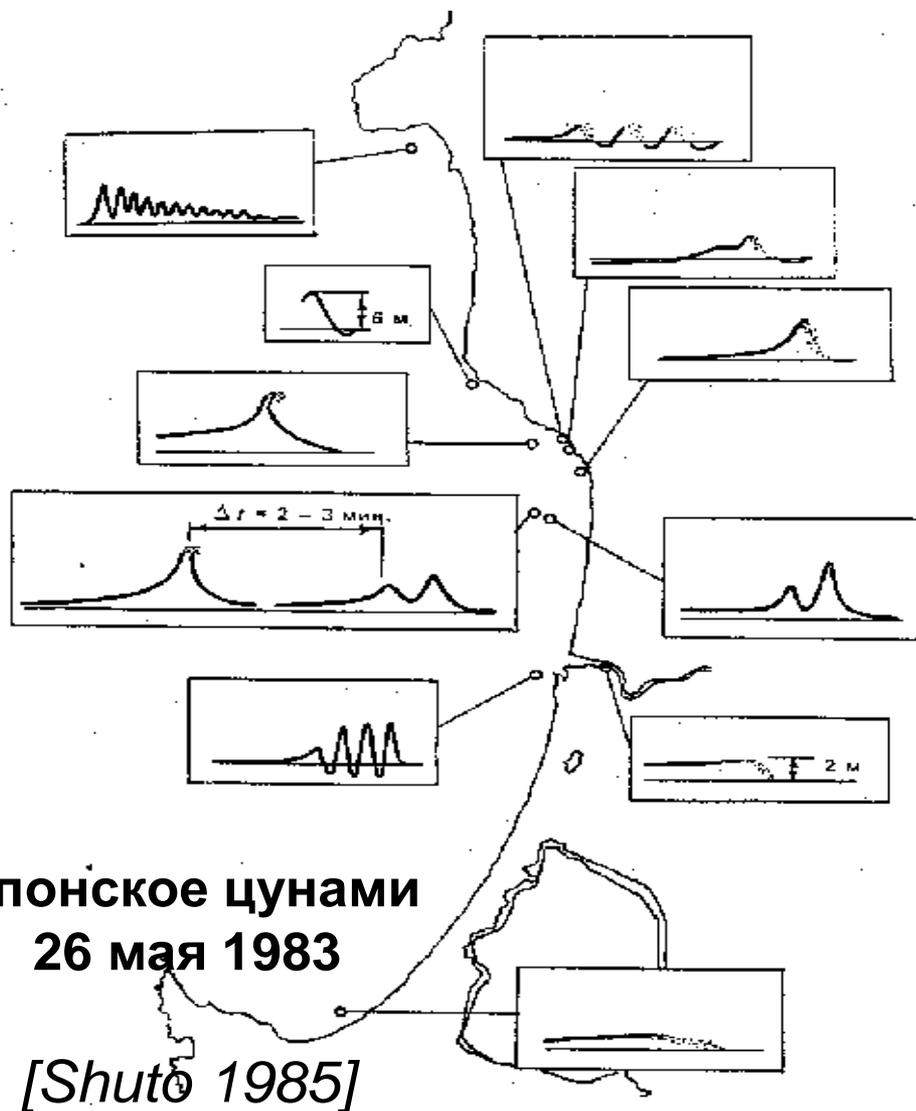
В задачах наката чаще используется нелинейная теория мелкой воды, чем дисперсионные модели.

Расчеты наката волн, проведенные с помощью дисперсионных кодов, менее устойчивы по сравнению с расчетами, проведенными в рамках нелинейной теории мелкой воды. *[Bellotti, Brocchini 2002]*

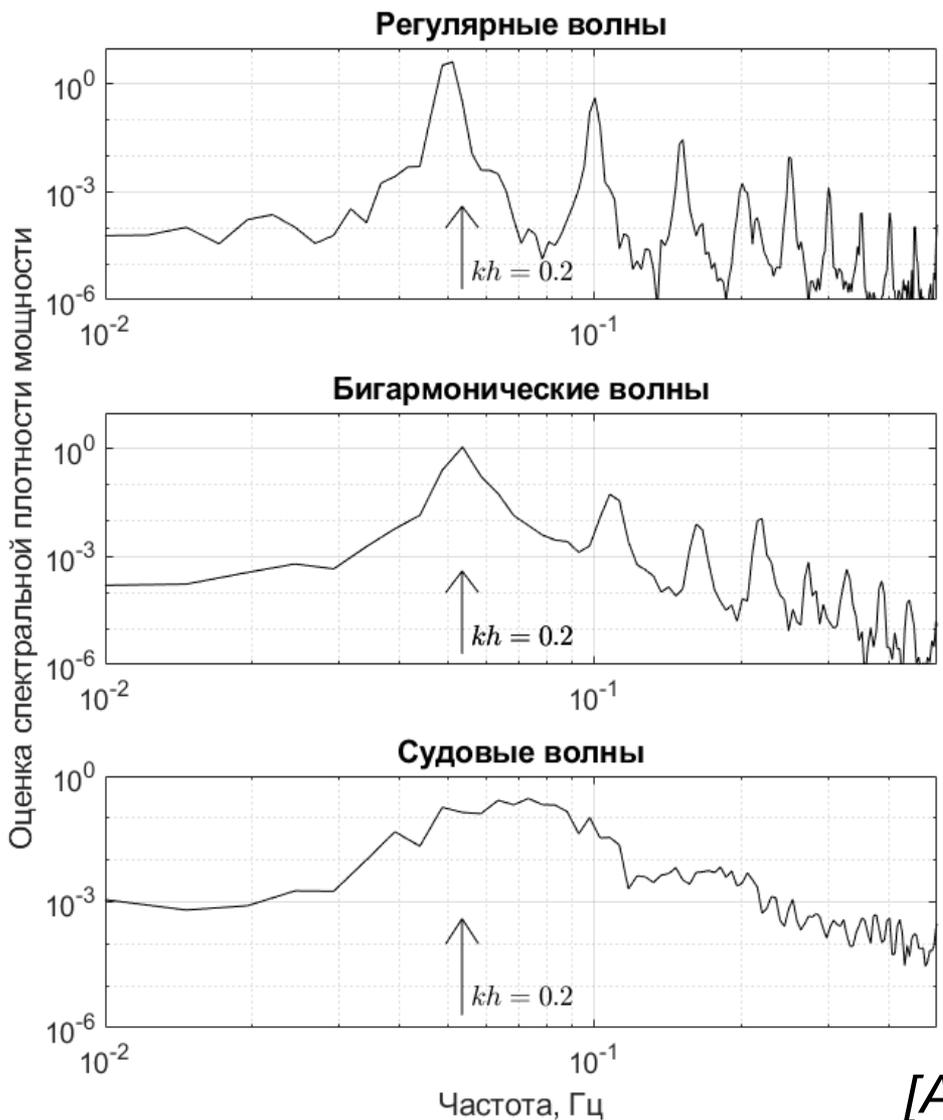
Нелинейная теория мелкой воды имеет низкое расчетное время и ей не свойственна недооценка высоты наката. *[Horrillo et al. 2006, Glimsdal et al. 2013]*

Валидация моделей проводится на ограниченном количестве экспериментов и экспериментальных условий.

Различные формы волн при подходе цунами



Эксперимент в Большом волновом канале (GWK)



$T = 20$ с
 $kh = 0.2$
(условия мелкой воды)

$T = 20, 10$ с

$T = 20 \rightarrow 10$ с

[Abdalazeez et al. 2020]

Математические модели

Нелинейные уравнения мелкой воды (NLSW) [Dutykh et al. 2011]

$$H_t + (Hu)_x = 0 \quad (Hu)_t + \left(Hu^2 + \frac{g}{2} H^2 \right)_x = gHh_x$$

где H - полная глубина бассейна, h – невозмущенная глубина,
 u – усредненная по глубине горизонтальная скорость

Модифицированные уравнения Перегринна (mPer)

$$H_t + Q_x = 0$$

$$\left(1 + \frac{1}{3} H_x^2 - \frac{1}{6} HH_{xx} \right) Q_t - \frac{1}{3} H^2 Q_{xxt} - \frac{1}{3} HH_x Q_{xt} + \left(\frac{Q^2}{H} + \frac{g}{2} H^2 \right)_x = gHh_x$$

где Q – горизонтальный момент

[Duran et al. 2018]

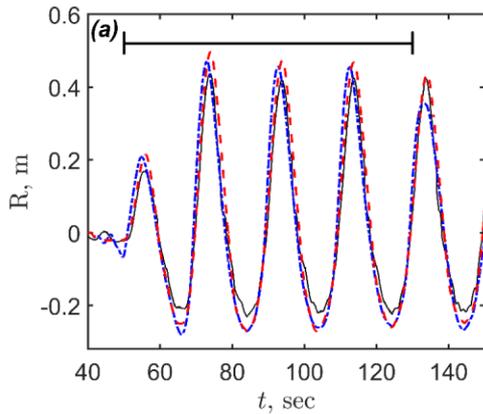
Численная модель

- Использовался метод конечных объемов. Численная схема основана на локально полиномиальной реконструкции второго порядка.
- Число точек пространственной сетки было постоянным и равно 4000, так что пространственное разрешение составляло ~6 см
- Для дискретизации во времени использовались вложенные методы Рунге-Кутты 3 и 2 порядка (ode23 в MATLAB, уровнем погрешности 10^{-4} , характерный временной шаг ~0.01с)
- В качестве ГУ использовалась запись волнографа на расстоянии 50 м от волнопродуктора
- Обе модели учитывали донное трение по формуле Маннинга с коэффициент шероховатости $0.016 \text{ с/м}^{1/3}$ для грубого асфальтового покрытия

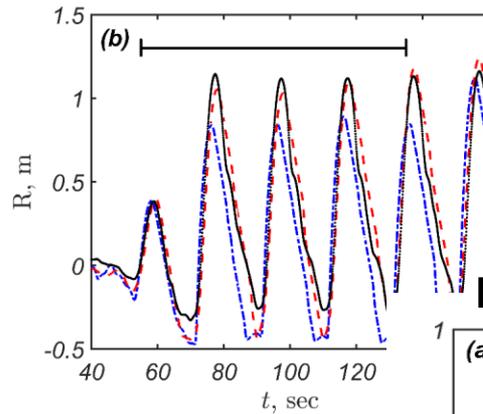
[Dutykh et al. 2011]

Сравнение численных и экспериментальных данных

Малая амплитуда



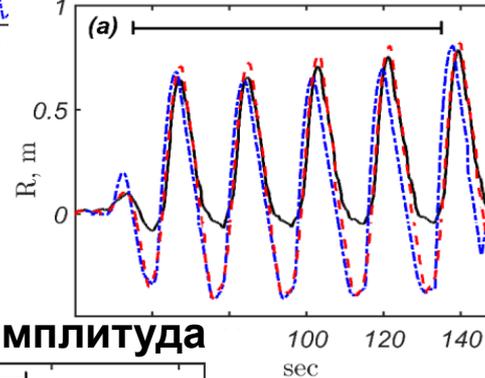
Большая амплитуда



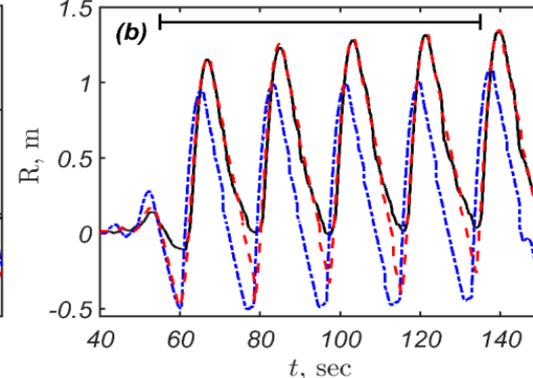
Регулярные волны

Бигармонические волны

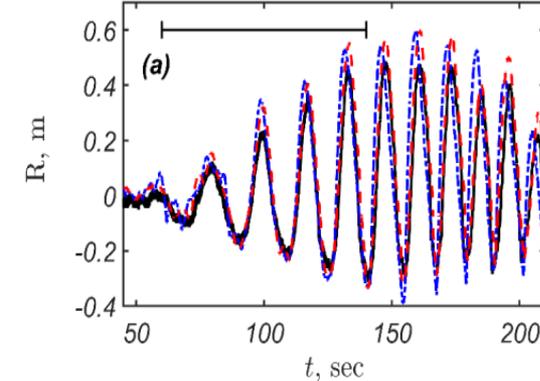
Малая амплитуда



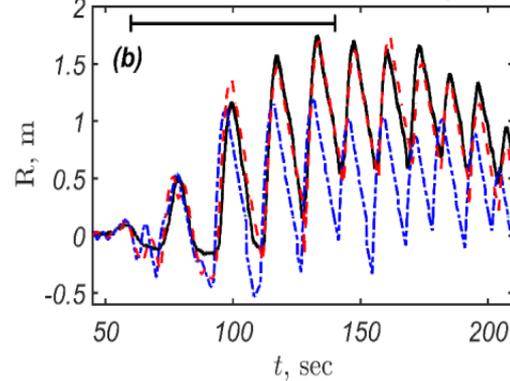
Большая амплитуда



Малая амплитуда



Большая амплитуда



«Судовые» волны

NLSW

mPer

Experiment

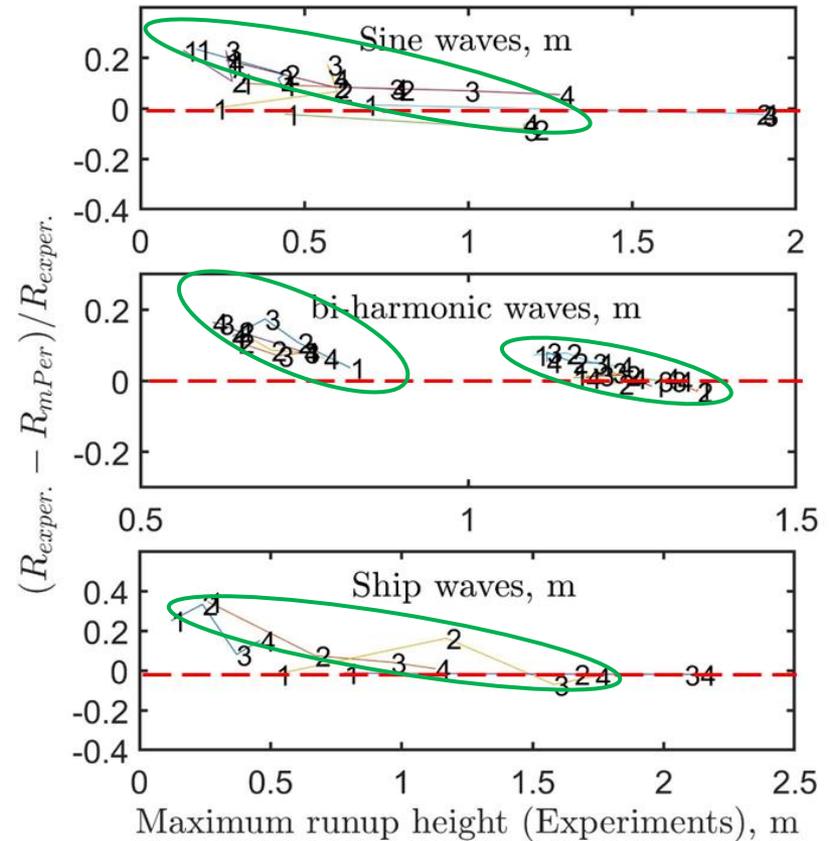
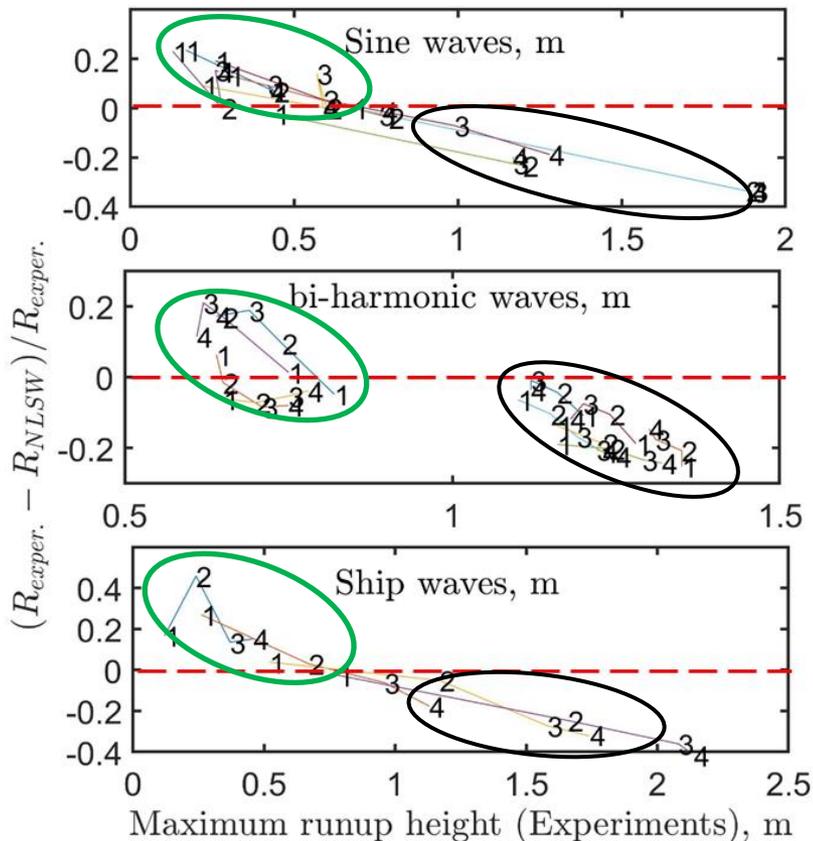
[Abdalazeez et al. 2020]

Сравнение численных и экспериментальных данных

Накат на склон из грубого асфальта
(коэффициент шероховатости $0.016 \text{ с/м}^{1/3}$)

Нелинейная теория мелкой воды (NLSW)

Дисперсионная модель (mPer)



[Abdalazeez et al. 2020]

Сравнение численных и экспериментальных данных

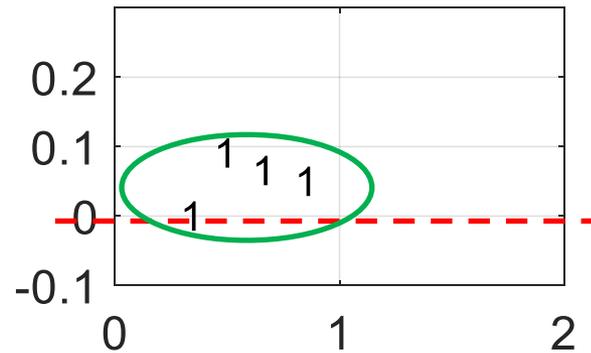
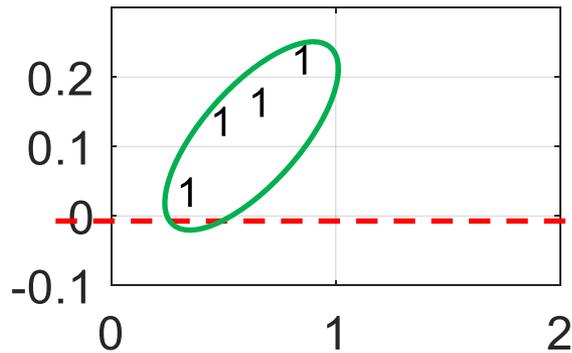
Накат на береговой склон, покрытый гладким пластиком
(коэффициент шероховатости = 0)

Нелинейная теория мелкой воды (NLSW)

Дисперсионная модель (mPer)

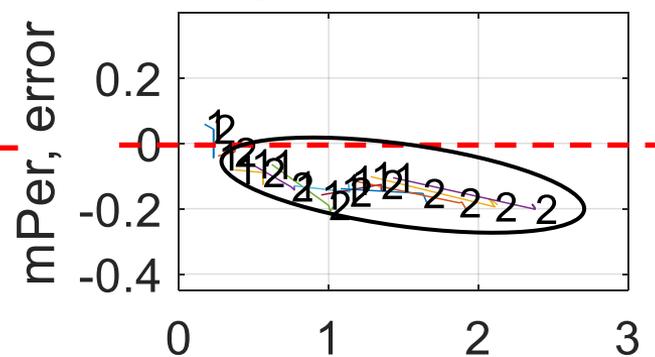
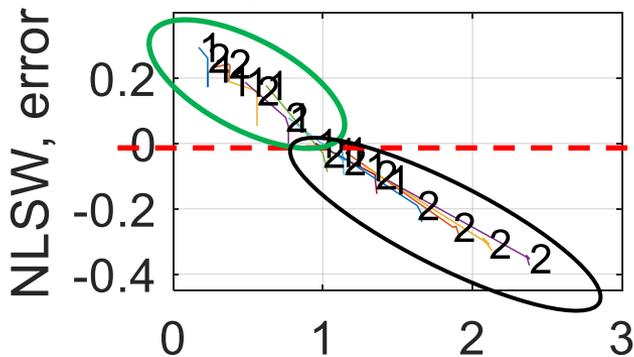
Single waves, m

Single waves, m



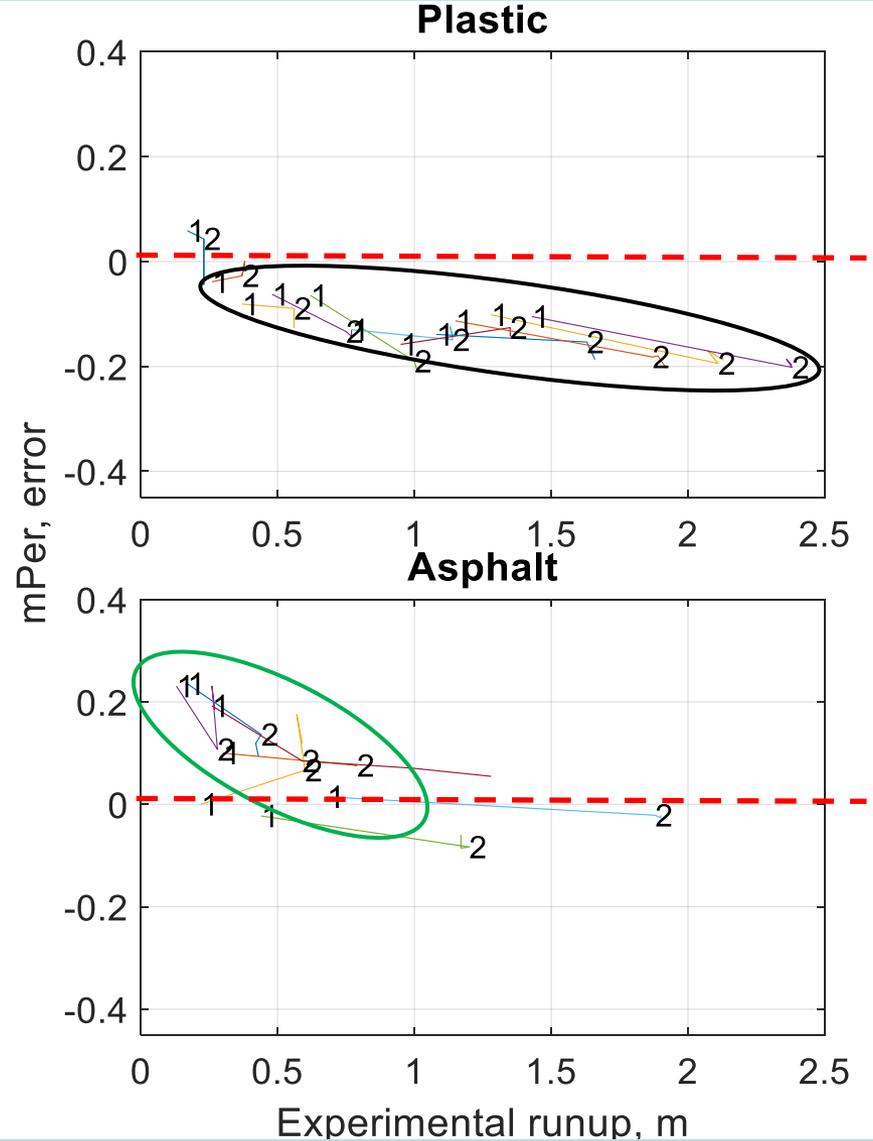
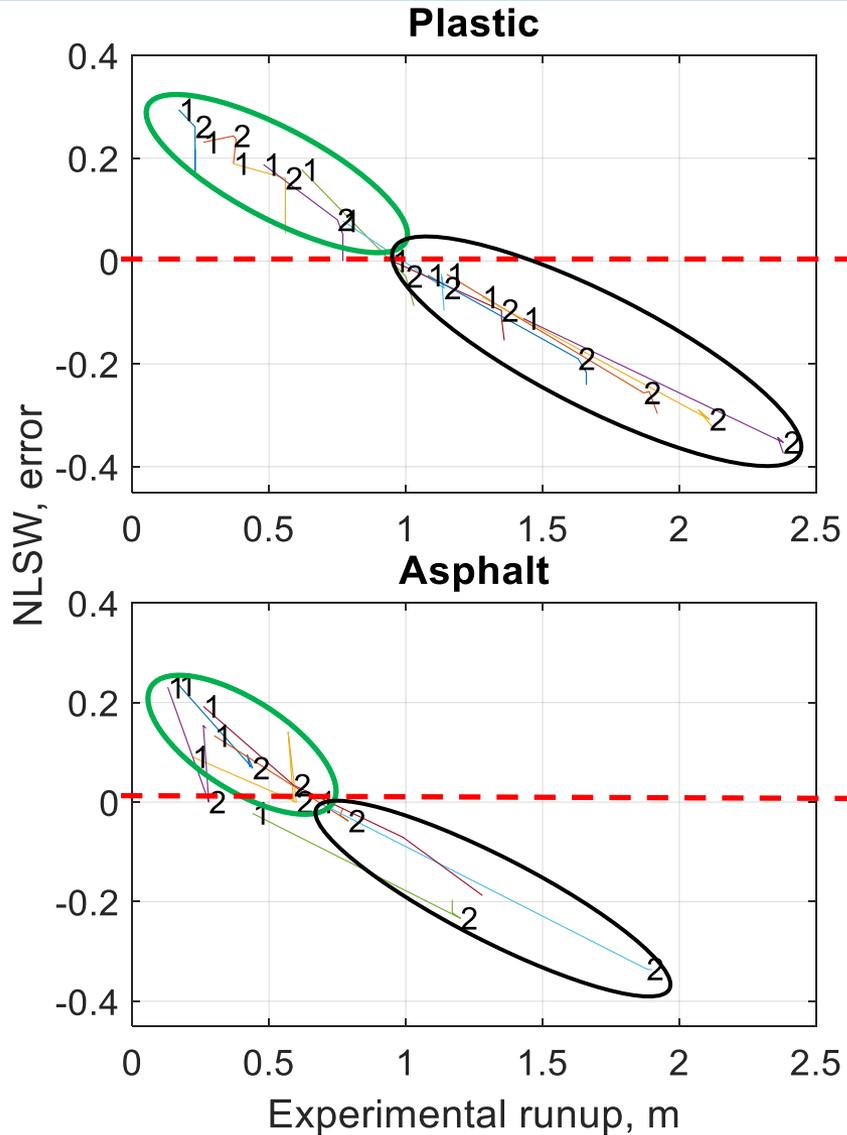
Regular waves, m

Regular waves, m



Experimental runup, m

Сравнение численных и экспериментальных данных



Заключение

- Проведено сравнение двух моделей: NLSW и mPer для описания наката длинных волн различной формы на склон с различным покрытием: грубый асфальт и гладкий пластик. Все рассматриваемые волны имели один и тот же период (характерную длительность) основного сигнала, равный 20 с и соответствующий условиям мелкой воды.
- Зависимость результатов и выводов о предпочтительности моделей от наличия трения (проблемы валидации).
- Необходимость выбора условий лабораторных экспериментов (размер бассейна, форма волн, шероховатость склона) адекватных для задач цунами.

Благодарю за внимание!

