

Международный журнал прикладных наук и технологий "Integral"

Научная статья

Original article

УДК 624.042.41



**ФИЗИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ИЗУЧЕНИЕ ВОЛНОВОГО  
ЗАПЛЕСКА**

**PHYSICAL MODELING AND STUDY OF WAVE SPLASH**

**Ялыгина Анастасия Александровна**, студент Инженерной академии РУДН  
Российский университет дружбы народов (РУДН) Российская Федерация, г.  
Москва, ул. Миклухо-Маклая, 6. [jalygina@mail.ru](mailto:jalygina@mail.ru)

**Мордвинцев Константин Петрович**, доцент, кандидат технических наук,  
Российский университет дружбы народов (РУДН) Российская Федерация, г.  
Москва, ул. Миклухо-Маклая, 6. [mkp58@mail.ru](mailto:mkp58@mail.ru)

**Грицук Илья Игоревич**, доцент, кандидат технических наук, Российский  
университет дружбы народов (РУДН), Российская Федерация, г. Москва, ул.  
Миклухо-Маклая, 6, Институт водных проблем Российской академии наук  
(ИВП РАН), Российская Федерация, г. Москва, ул. Губкина, 3, Московский  
автомобильно-дорожный государственный технический университет  
(МАДИ), Российская Федерация, г. Москва, Ленинградский пр., 64.  
[I.I.Gritsuk@pfur.ru](mailto:I.I.Gritsuk@pfur.ru)

**Yalygina Anastasia Aleksandrovna**, student of the Engineering Academy of the  
Peoples' Friendship University of Russia, Peoples' Friendship University of Russia  
(RUDN University) Russian Federation, Moscow, st. Miklukho-Maclay, 6.  
[jalygina@mail.ru](mailto:jalygina@mail.ru)

Международный журнал прикладных наук и технологий "Integral"

**Mordvintsev Konstantin Petrovich**, Associate Professor, Candidate of Technical Sciences, Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University) Russian Federation, Moscow, st. Miklukho-Maclay, 6. mkp58@mail.ru

**Gritsuk Ilya Igorevich**, Associate Professor, Candidate of Technical Sciences, Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University), Russian Federation, Moscow, st. Miklukho-Maclay, 6, Institute of Water Problems of the Russian Academy of Sciences (IWP RAS), Russian Federation, Moscow, st. Gubkina, 3, Moscow Automobile and Road Construction State Technical University (MADI) Russian Federation, Moscow, Leningradsky pr., 64. I.I.Gritsuk@pfur.ru

**Аннотация.** При строительстве гидротехнических сооружений и дальнейшей их эксплуатацией возникает проблема, связанная с накатом волн на плоский откос. Цель работы заключалась в проведении физического моделирования волновых процессов заплеска на горизонтальную поверхность при различных меняющихся внешних факторах. В статье рассматривается методика и ход проведения лабораторных экспериментов по изучению влияния волнонагонного явления. В результате моделирования получены величины длины и высоты заплеска, меняющиеся в зависимости от различных параметров наката волн, что в дальнейшем позволит получить зависимость процесса.

**Annotation.** During the construction of hydraulic structures and their further operation, a problem arises associated with the run-up of waves on a flat slope. The purpose of the work was to carry out physical modeling of wave processes of splashing onto a horizontal surface under various changing external factors. The article discusses the methodology and course of laboratory experiments to study the influence of the surge phenomenon. As a result of the simulation, the values of the length and height of the splash were obtained, which vary depending on the various parameters of the wave run-up, which in the future will make it possible to obtain the dependence of the process.

Международный журнал прикладных наук и технологий "Integral"

**Ключевые слова:** волновое воздействие, заплеск, надежность, эксперимент, строительство, нормы, гидротехника.

**Keywords:** wave action, splash, reliability, experiment, construction, norms, hydraulic engineering.

### **Введение**

Проблема наката волн на плоский откос является важной в рамках гидротехнического строительства. Разнообразные примеры подходящих волн рассмотрены в литературе; обзор старых работ дан в книге (Пелиновский, 1996), приведем также последние публикации (Massel & Pelinovsky, 2001; Carrier et al, 2003; Kânoğlu, 2004; Tinti & Tonini, 2005). Однако во всех упомянутых работах не исследовались параметры длины и высоты заплеска волны, которые я решила рассмотреть в данной статье.

**Цель:** изучение волнового заплеска на горизонтальную поверхность и установление зависимости его величины от высоты и длины волны и возвышения линии кордона над уровнем воды.

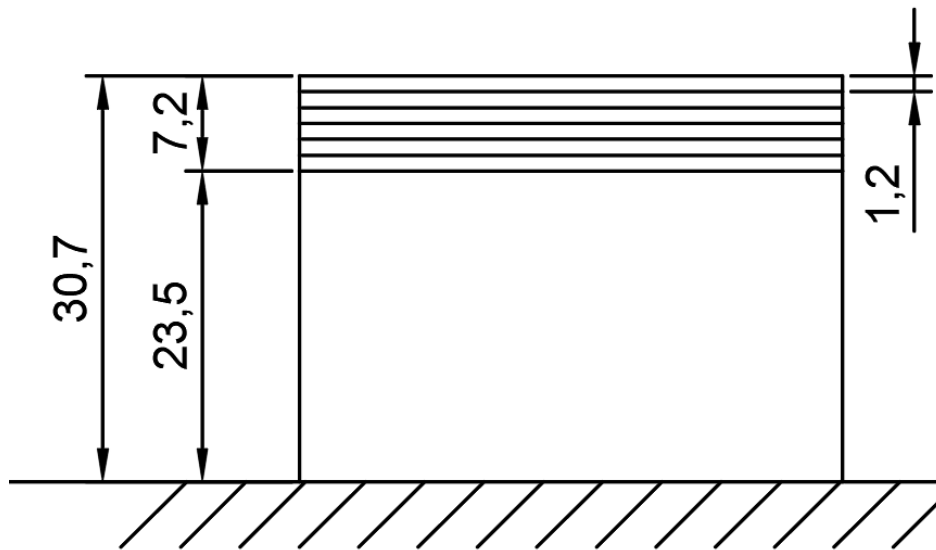


Рисунок 1. Схема экспериментальной установки.

волнопродуктором ставятся друг на друга 6 пластинок из влагостойкой фанеры толщиной 1,2 см, что позволяет изменять отметку горизонтальной площадки. Для того, чтобы пластинки не смывались волной, на них ставятся грузы. На стенки лотка наносится масштабная сетка для измерения высоты и длины заплеска. По ходу опыта меняются параметры волны, а также возвышение отметки кордона над уровнем воды путём снятия или добавления пластин.

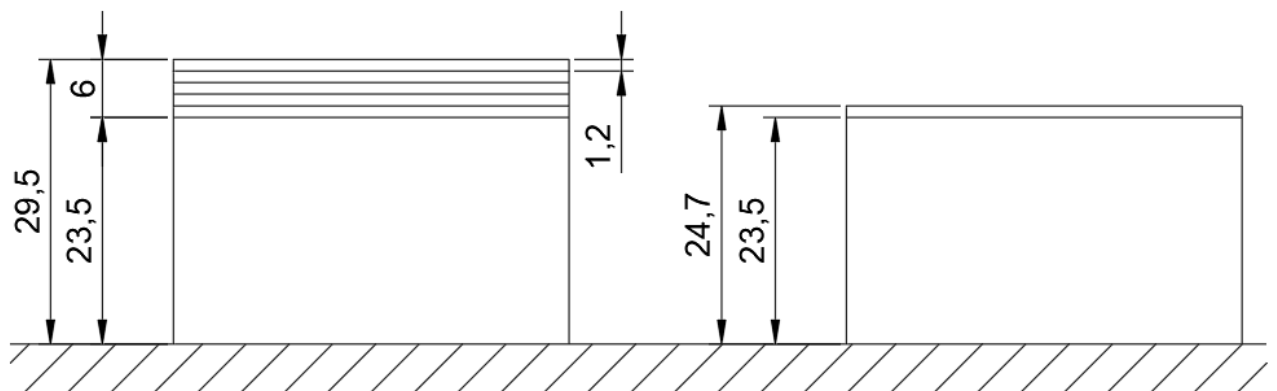


Рисунок 2. Изменение высоты экспериментальной установки путём снятия пластин.

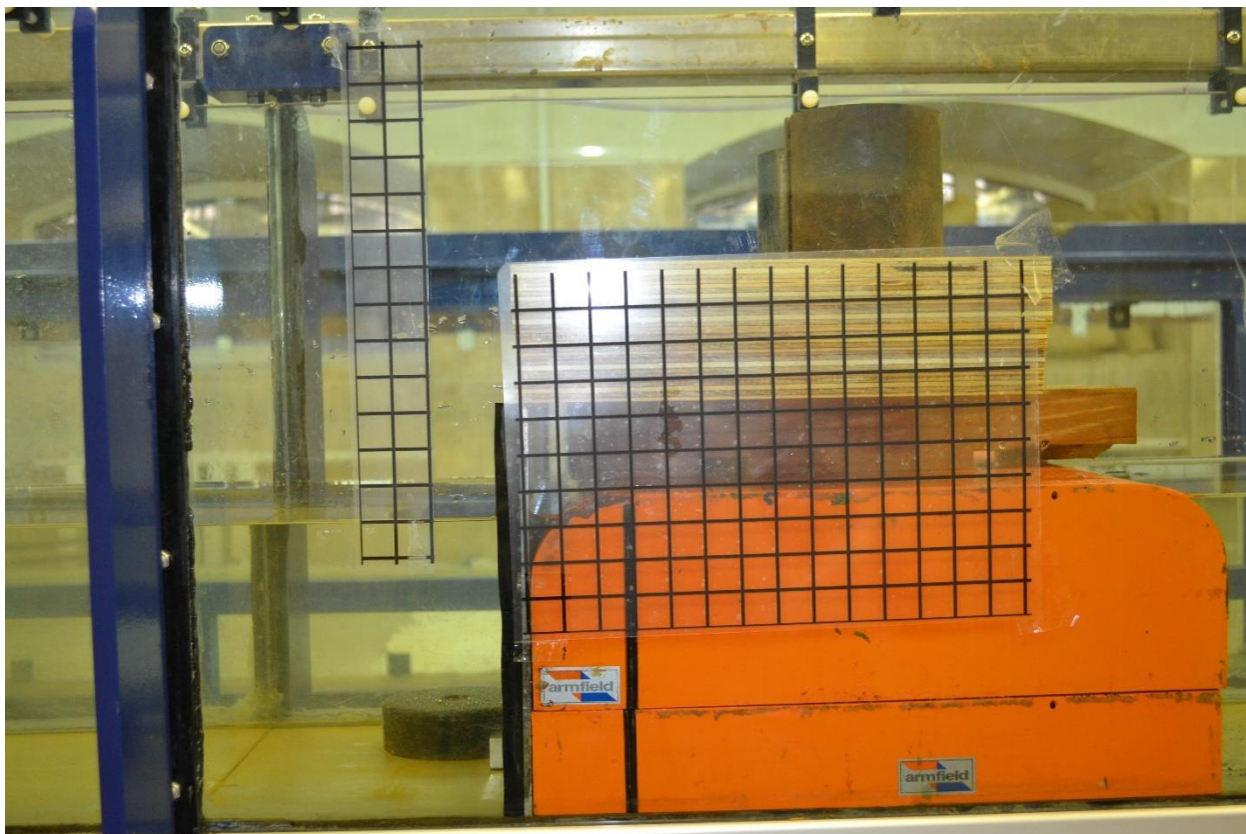


Рисунок 3. Экспериментальная установка



Рисунок 4. Гидравлический лоток с волнопродуктором.

#### Описание хода эксперимента

Опыт состоял из 13 серий, в каждой из которых изменялись параметры волн. В начале каждой серии замерялся уровень воды в лотке с помощью

## Международный журнал прикладных наук и технологий "Integral"

масштабной линейки, что позволяла в дальнейшем узнать возвышение отметки кордона над уровнем воды. В программу волнопродуктора заносились нужные параметры волны и начиналась съёмка опыта на фото-видео аппаратуру. В каждой серии поочередно снималась одна пластина, чтоб найти связи высоты и длины заплеска от возвышения отметки кордона над уровнем воды.

Серия 1. Уровень воды в лотке 0,24 м, параметры волны и заплеска представлены в таблице 1.

Таблица 1.

№	Высота волны, м	Длина волны, м	Крутизна волны, м	Пологость волны	Возвышение линии кордона м	Высота стоячей волны	Высота заплеска, м	Длина заплеска, м
1	0,11	0,418	0,263	3,800	0,067	0	0	0
2	0,11	0,418	0,263	3,800	0,043	0	0	0
3	0,11	0,418	0,263	3,800	0,031	0	0,0137	0,0255
4	0,11	0,418	0,263	3,800	0,019	0	0,0218	0,0251
5	0,11	0,418	0,263	3,800	0,007	0	0,017	0,0358



Рисунок 5. Формирование наката волны на горизонтальную поверхность. Серия 1, опыт 3. Высота заплеска 0,0137 м, длина 0,0255 м.

Рисунок 6 позволяет увидеть формирование заплеска волны. На верху поток происходят завихрения за счёт огибания вертикальной стенки. На этой стадии видно, что профиль волны поднялся, а вода со стороны стенки вертикальна.

Серия 2. Уровень воды в лотке 0,257 м, параметры волны и заплеска представлены в таблице 2.

Таблица 2.

№	Высота волны, м	Длина волны, м	Крутизна волны, м	Пологость волны	Возвышение линии кордона, м	Высота стоячей волны	Высота заплеска, м	Длина заплеска, м
1	0,15	0,37	0,405	2,467	0,05	0	0	0
2	0,15	0,37	0,405	2,467	0,038	0	0,0149	0,0157
3	0,15	0,37	0,405	2,467	0,026	0	0,0216	0,0236
4	0,15	0,37	0,405	2,467	0,014	0	0,0246	0,0213
5	0,15	0,37	0,405	2,467	0,002	0	0,015	0,0348

6	0,15	0,37	0,405	2,467	0	0	0,0247	0,0321
---	------	------	-------	-------	---	---	--------	--------



Рисунок 6. Накат волны на горизонтальную поверхность. Серия 2, опыт 3. Высота заплеска 0,0246 м, длина 0,0213 м.

Рисунок 9 позволяет увидеть следующую стадию поведения волны - обрушение.

Серия 3. Уровень воды в лотке 0,255 м, параметры волны и заплеска представлены в таблице 3.

Таблица 3.

№	Высота волны, м	Длина волны, м	Крутизна волны, м	Пологость волны	Возвышение линии кордона, м	Высота стоячей волны	Высота заплеска, м	Длина заплеска, м
1	0,15	1,142	0,131	7,613	0,039	0	0	0
2	0,15	1,142	0,131	7,613	0,027	0	0	0
3	0,15	1,142	0,131	7,613	0,015	0	0,0187	0,0443
4	0,15	1,142	0,131	7,613	0,003	0	0,0266	0,0602
5	0,15	1,142	0,131	7,613	0	0	0,0298	0,0674



6	0,15	1,142	0,131	7,613	0	0	0,0446	0,0745
---	------	-------	-------	-------	---	---	--------	--------



Рисунок 7. Накат волны на горизонтальную поверхность. Серия 3, опыт 5.

Высота заплеска 0,0298 м, длина 0,0647 м.

На рисунке 10 уровень воды превышает отметку кордона, поэтому процесс как такового заплеска отсутствует. При таком процессе волна может взлетать над стенкой, либо профиль волны поднимается выше отметки.

Серия 4. Уровень воды в лотке 0,253 м, параметры волны и заплеска представлены в таблице 4.

Таблица 4.

№	Высота волны, м	Длина волны, м	Крутизна волны, м	Пологость волны	Возвышение линии кордона м	Высота стоячей волны	Высота заплеска, м	Длина заплеска, м
1	0,15	1,5	0,100	10,000	0,054	0	0,0238	0,0204
2	0,15	1,5	0,100	10,000	0,042	0	0,0232	0,0203
3	0,15	1,5	0,100	10,000	0,03	0	0,0245	0,0253
4	0,15	1,5	0,100	10,000	0,018	0	0,0365	0,0472
5	0,15	1,5	0,100	10,000	0,006	0	0,0353	0,0487
6	0,15	1,5	0,100	10,000	0	0	0,0424	0,0471



Рисунок 8. Накат волны на горизонтальную поверхность. Серия 4, опыт 4.

Высота заплеска 0,0365 м, длина 0,0472 м.

На рисунке 11 изображен процесс, характерный для короткой волны. На нем можно увидеть, что волна создаст ударное воздействие.

Для обработки и получения точных результатов опыта нужно специальное оборудование, которое отсутствует в нашей лаборатории. В связи с его отсутствием, был сочинен другой способ обработки данных. Производилась съемка в замедленном режиме, в дальнейшем отсматривалось видео по каждому номеру опыта и делался стоп-кадр. Каждый стоп-кадр загружался в программу AutoCAD, где выводился масштаб фото при помощи сетки масштабом 2x2 см, которая была наклеена на стенки лотка, и рассчитывались параметры волны и заплеска. Этот способ обрабатывания результатов опыта дал определённую погрешность, что, в целом, не помешало найти связи и сделать выводы.

Пример определения высоты заплеска в 8 серии 6-го номера.

Загружаем исходную фотографию в программу AutoCAD и измеряем длину ячейки, которая в действительности составляет 2 см, рисунок 26. Далее измеряем высоту заплеска, рисунок 27, и составляем пропорцию:

2 см – 5,13

X см – 11,79

Решая данную пропорцию, получаем, что  $X = 4,61$  см.

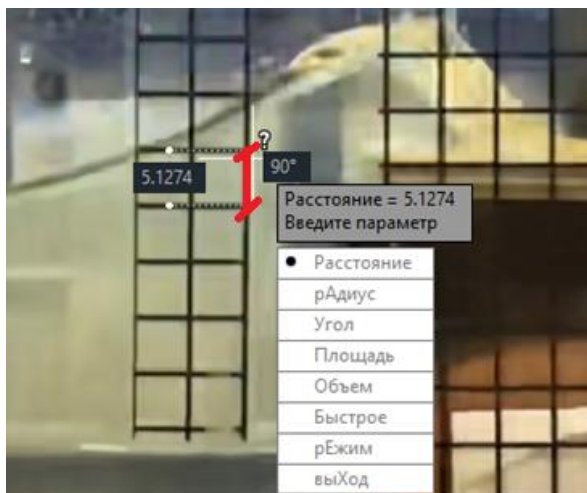


Рисунок 9. Определение масштаба фотографии.

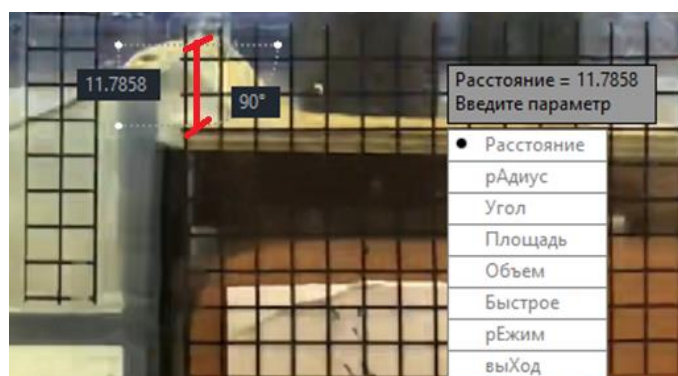


Рисунок 10. Определение высоты заплеска при помощи линейки.

Если же учесть, что похожие подобные исследования не проводились, а так же в нормативных документах отсутствует информация по данной тематике, то этот вопрос является актуальным.

Соответственно, данная проблема, без сомнения, требует скорейшего и эффективного решения путем доработки соответствующей нормативной документации.

## Выводы

1. Проведена серия экспериментов при разных характеристиках волн.
2. Получены физические параметры высоты и длины заплеска.

3. В данной работе проведена серия экспериментов и получены результаты, по которым в дальнейшем будут выводиться зависимости длины и высоты заплеска от различных параметров волны.

#### Литература

1. Вольцингер Н.Е., Клеванный К.А., Пелиновский Е.Н. Длинноволновая динамика прибрежной зоны. Л.: Гидрометеиздат, 1989.
2. Massel S.R., Pelinovsky E.N. Run-up of dispersive and breaking waves on beaches. *Oceanologia*, 2001, vol. 43, No. 1, 61 – 97.
3. Шокин Ю.И., Чубаров Л.Б., Марчук Ап. Г., Симонов К.В. Вычислительный эксперимент в проблеме цунами. — Новосибирск: Наука, 1989. — 167 с.
4. Carrier G.F., Greenspan H.P. Water waves of finite amplitude on a sloping beach. *J. Fluid Mech.*, 1958, vol. 4, 97 - 109.

#### References

1. Volzinger N.E., Klevanny K.A., Pelinovsky E.N. Long-wave dynamics of the coastal zone. L.: Hydrometeoizdat, 1989.
2. Marcel S.R., Pelinovsky E.N. The run-up of scattering and breaking waves on beaches. *Oceanology*, 2001, volume 43, No. 1, 61-97.
3. Shokin Yu.I., Chubarov L.B., Marchuk Ap. G., Simonov K.V. Computational experiment in the tsunami problem. — Novosibirsk: Nauka, 1989. — 167 p.
4. Carrier G.F., Greenspan H.P. Water waves of finite amplitude on an inclined beach. *J. Fluid Mech.*, 1958, vol. 4, 97 - 109.

© Егорова М.В., Малашевская А.Ю. 2022 *Международный журнал прикладных наук и технологий «Integral» №2/2022.*

**Для цитирования:** Егорова М.В., Малашевская А.Ю. Физическое моделирование и изучение волнового заплеска/Международный журнал прикладных наук и технологий «Integral» №2/2022