

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
образования
«КРАСНОЯРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ им. В.П. АСТАФЬЕВА»
(КГПУ им. В.П. Астафьева)

Институт математики, физики и информатики
Выпускающая кафедра физики и методики обучения физике

Егорова Екатерина Константиновна
ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
Тема «Методика разработки элективного курса для учащихся
профильных классов по физике»

Направление подготовки 44.03.05 Педагогическое образование
Направленность (профиль) образовательной программы Физика и
информатика

ДОПУСКАЮ К ЗАЩИТЕ

Зав. кафедры физики и
методики обучения физике,

д.п.н., профессор

В.И. Тесленко

«__» июня 2018 _____

Руководитель

д.п.н., профессор

В.И. Тесленко _____

Дата защиты «28» июня 2018

Обучающийся Егорова Е.К.

«__» июня 2018 _____

Оценка _____

Красноярск

2018

Оглавление

Введение	3
Глава 1. ДИДАКТИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К РАЗРАБОТКЕ ЭЛЕКТИВНЫХ КУРСОВ ДЛЯ УЧАЩИХСЯ ОСНОВНОЙ ШКОЛЫ.	6
1.1. Анализ Федеральных Государственных стандартов школьного физического образования.	6
1.2. Методические требования к разработке элективных курсов по физике.	10
Выводы по главе 1.....	15
Глава 2. ОРГАНИЗАЦИОННО-ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ РАЗРАБОТКИ И ВНЕДРЕНИЯ ЭЛЕКТИВНОГО КУРСА.....	16
2.1. Условия введения элективного курса «Волны вокруг нас».....	16
2.2. Содержание материала по темам элективного курса «Волны вокруг нас».	20
2.2.1. Тема 1. ПОНЯТИЕ О МЕХАНИЧЕСКИХ КОЛЕБАНИЯХ И ВОЛНАХ	20
2.2.2. Тема 2. ВОЛНЫ НА ВОДЕ.....	28
2.2.3. Тема 3. ВЕТЕР И ВОЛНЫ	46
2.2.4. Тема 4. ВОЛНЫ И БЕРЕГА.....	53
2.2.5. Тема 5. ВОЛНЫ НА ПЕСКЕ	71
2.3. Организация и проведение педагогического эксперимента по теме исследования.	89
Заключение	91
Список использованных источников	92

Введение

Основным направлением в модернизации российского школьного образования является дифференциация и индивидуализация процесса обучения, что позволяет более полно учитывать интересы, способности и склонности учащихся, а также создавать условия для обучения учащихся в соответствии с их профессиональными интересами и намерениями в отношении продолжения образования. [14]

В настоящий момент дифференциация и индивидуализация обучения осуществляется посредством введения в 9 классах предпрофильных элективных курсов, в старших классах – профильных курсов. Они способствуют повышению качества образования учащихся и установлению равного доступа к полноценному образованию различных категорий учащихся в соответствии с их индивидуальными склонностями и потребностями.

Предпрофильное обучение в девярых классах планируется, как педагогическая система, которой отводится особое место в целостном учебном процессе. Оно является подсистемой профильного образования старшей школы и выполняет подготовительную функцию. Оно нужно для того, чтобы учащиеся могли определиться в выборе будущего обучения. Предпрофильное обучение строится на основе индивидуализации учебного процесса в малых группах и по индивидуальным учебным планам. Система предпрофильного обучения включает в себя целый ряд педагогических идей, реализация которых приводит к изменению учебно-воспитательного процесса и построению новой системы подготовки девятиклассников. К основным идеям предпрофильного обучения относятся: введение за счет школьного компонента элективных курсов; использование активных методов преподавания элективных курсов; распределение времени прохождения элективных курсов в течение учебного года, при котором допускается, что данный курс не обязательно изучается по одному часу в неделю.

Предпрофильное обучение учащихся можно проводить на использовании безотметочной системы оценивания результатов обучения учащихся.[5]

Система предпрофильного обучения должна создавать условия для самоопределения школьников в выборе профиля обучения, формировании у них готовности и ответственности за сделанный выбор.

Для учащихся это означает, что выбор элективного курса «Волны вокруг нас», должен гарантировать такой уровень обучения, который бы позволял, в дальнейшем, изучение профильных курсов в старших классах.

Существующий уровень подготовки девятиклассников в рамках классического урока в минимальной степени затрагивает прикладной характер физики, в том числе и раздел «Механические колебания и волны». Как показал анализ исследования, проведенного на педагогической практике, учащиеся слабо ориентируются в прикладных вопросах физики.

Таким образом, **актуальность исследования** определяется недостаточными знаниями в области прикладной физики, что, в свою очередь, не позволяет в достаточной степени осваивать профильные курсы в старших классах.

Проблемой исследования является поиск оптимального содержания элективных курсов, методов и средств реализации данного курса в практику обучения учащихся.

Объектом исследования являются процесс обучения физике учащихся основной школы.

Предметом исследования является методика разработки элективного курса по физике для учащихся основной школы.

Цель исследования: проанализировать раздел «Механические колебания и волны» и выделить основные аспекты прикладного характера данного раздела для разработки содержания элективного курса «Волны вокруг нас».

На основании выделенного объекта и предмета исследования нами была сформулирована следующая **гипотеза:** познавательный интерес

учащихся к разделу «Механические колебания и волны» можно повесить если:

- на занятиях по физике учащихся постоянно знакомить с прикладными вопросами раздела «Механические колебания и волны»;
- разработать содержание, методы и средства реализации элективного курса «Волны вокруг нас» и использовать его в виде предпрофильного курса по физике в основной школе.

В соответствии с обозначенной целью, предметом и объектом исследования поставлены следующие задачи:

1. Изучить состояние исследуемой проблемы в практике обучения учащихся физике;
2. Проанализировать научно-методическую и методическую литературу по проблеме исследования;
3. Проанализировать раздел «Механические колебания и волны» с целью выделения основных прикладных вопросов;
4. Разработать методику предпрофильного элективного курса «Волны вокруг нас»;
5. Провести педагогический эксперимент по теме исследования на педагогической практике.

Решение поставленных задач потребовало использования следующих методов исследования: анализ; обобщение и систематизация; педагогическое наблюдение; анкетирование; педагогический эксперимент.

Педагогический эксперимент проводился в МБОУ СШ № 27 на педагогической практике. В эксперименте участвовало более 20 учащихся.

По результатам педагогического исследования опубликована статья в сборнике конференции «Молодежь и наука XXI века» «Методика разработки предпрофильного элективного курса по физике».

Глава 1. ДИДАКТИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К РАЗРАБОТКЕ ЭЛЕКТИВНЫХ КУРСОВ ДЛЯ УЧАЩИХСЯ ОСНОВНОЙ ШКОЛЫ.

1.1. Анализ Федеральных Государственных стандартов школьного физического образования.

Изучение физики на ступени основного общего образования направлено на достижение следующих целей:

- освоение знаний о механических, тепловых, электромагнитных и квантовых явлениях; величинах, характеризующих эти явления; законах, которым они подчиняются; методах научного познания природы и формирование на этой основе представлений о физической картине мира;
- овладение умениями проводить наблюдения природных явлений, описывать и обобщать результаты наблюдений, использовать простые измерительные приборы для изучения физических явлений; представлять результаты наблюдений или измерений с помощью таблиц, графиков и выявлять на этой основе эмпирические зависимости; применять полученные знания для объяснения разнообразных природных явлений и процессов, принципов действия важнейших технических устройств, для решения физических задач;
- развитие познавательных интересов, интеллектуальных и творческих способностей, самостоятельности в приобретении новых знаний, при решении физических задач и выполнении экспериментальных исследований с использованием информационных технологий;
- воспитание убежденности в возможности познания законов природы, в необходимости разумного использования достижений науки и технологий для дальнейшего развития человеческого общества, уважения к творцам науки и техники; отношения к физике как к элементу общечеловеческой культуры;
- использование полученных знаний и умений для решения практических задач повседневной жизни, обеспечения безопасности своей жизни, рационального природопользования и охраны окружающей среды.

Предметные результаты изучения предмета "Физика" должны отражать:

1) формирование представлений о закономерной связи и познаваемости явлений природы, об объективности научного знания; о системообразующей роли физики для развития других естественных наук, техники и технологий; научного мировоззрения как результата изучения основ строения материи и фундаментальных законов физики;

2) формирование первоначальных представлений о физической сущности явлений природы (механических, тепловых, электромагнитных и квантовых), видах материи (вещество и поле), движении как способе существования материи; усвоение основных идей механики, атомно-молекулярного учения о строении вещества, элементов электродинамики и квантовой физики; овладение понятийным аппаратом и символическим языком физики;

3) приобретение опыта применения научных методов познания, наблюдения физических явлений, проведения опытов, простых экспериментальных исследований, прямых и косвенных измерений с использованием аналоговых и цифровых измерительных приборов; понимание неизбежности погрешностей любых измерений;

4) понимание физических основ и принципов действия (работы) машин и механизмов, средств передвижения и связи, бытовых приборов, промышленных технологических процессов, влияния их на окружающую среду; осознание возможных причин техногенных и экологических катастроф;

5) осознание необходимости применения достижений физики и технологий для рационального природопользования;

6) овладение основами безопасного использования естественных и искусственных электрических и магнитных полей, электромагнитных и звуковых волн, естественных и искусственных ионизирующих излучений во избежание их вредного воздействия на окружающую среду и организм

человека;

7) развитие умения планировать в повседневной жизни свои действия с применением полученных знаний законов механики, электродинамики, термодинамики и тепловых явлений с целью сбережения здоровья;

8) формирование представлений о нерациональном использовании природных ресурсов и энергии, загрязнении окружающей среды как следствие несовершенства машин и механизмов;

9) для обучающихся с ограниченными возможностями здоровья: владение основными доступными методами научного познания, используемыми в физике: наблюдение, описание, измерение, эксперимент; умение обрабатывать результаты измерений, обнаруживать зависимость между физическими величинами, объяснять полученные результаты и делать выводы;

10) для обучающихся с ограниченными возможностями здоровья: владение доступными методами самостоятельного планирования и проведения физических экспериментов, описания и анализа полученной измерительной информации, определения достоверности полученного результата;

11) для слепых и слабовидящих обучающихся: владение правилами записи физических формул рельефно-точечной системы обозначений Л.Брайля.[1], [4]

ТРЕБОВАНИЯ К УРОВНЮ ПОДГОТОВКИ ВЫПУСКНИКОВ. [2]

В результате изучения физики ученик должен

1. Знать/понимать

- смысл понятий: физическое явление, физический закон, вещество, взаимодействие, электрическое поле, магнитное поле, волна, атом, атомное ядро, ионизирующие излучения;
- смысл физических величин: путь, скорость, ускорение, масса, плотность, сила, давление, импульс, работа, мощность, кинетическая энергия, потенциальная энергия, коэффициент полезного действия,

внутренняя энергия, температура, количество теплоты, удельная теплоемкость, влажность воздуха, электрический заряд, сила электрического тока, электрическое напряжение, электрическое сопротивление, работа и мощность электрического тока, фокусное расстояние линзы;

- смысл физических законов: Паскаля, Архимеда, Ньютона, всемирного тяготения, сохранения импульса и механической энергии, сохранения энергии в тепловых процессах, сохранения электрического заряда, Ома для участка электрической цепи, Джоуля-Ленца, прямолинейного распространения света, отражения света.

2. Уметь

- описывать и объяснять физические явления: равномерное прямолинейное движение, равноускоренное прямолинейное движение, передачу давления жидкостями и газами, плавание тел, механические колебания и волны, диффузию, теплопроводность, конвекцию, излучение, испарение, конденсацию, кипение, плавление, кристаллизацию, электризацию тел, взаимодействие электрических зарядов, взаимодействие магнитов, действие магнитного поля на проводник с током, тепловое действие тока, электромагнитную индукцию, отражение, преломление и дисперсию света;

- использовать физические приборы и измерительные инструменты для измерения физических величин: расстояния, промежутка времени, массы, силы, давления, температуры, влажности воздуха, силы тока, напряжения, электрического сопротивления, работы и мощности электрического тока;

- представлять результаты измерений с помощью таблиц, графиков и выявлять на этой основе эмпирические зависимости: пути от времени, силы упругости от удлинения пружины, силы трения от силы нормального давления, периода колебаний маятника от длины нити, периода колебаний груза на пружине от массы груза и от жесткости

пружины, температуры остывающего тела от времени, силы тока от напряжения на участке цепи, угла отражения от угла падения света, угла преломления от угла падения света;

- выражать результаты измерений и расчетов в единицах

Международной системы;

- приводить примеры практического использования физических знаний о механических, тепловых, электромагнитных и квантовых явлениях;

- решать задачи на применение изученных физических законов;

- осуществлять самостоятельный поиск информации

естественнонаучного содержания с использованием различных

источников (учебных текстов, справочных и научно-популярных

изданий, компьютерных баз данных, ресурсов Интернета), ее

обработку и представление в разных формах (словесно, с помощью

графиков, математических символов, рисунков и структурных схем);

3. Использовать приобретенные знания и умения в практической деятельности и повседневной жизни для:

- обеспечения безопасности в процессе использования транспортных средств, электробытовых приборов, электронной техники;

- контроля за исправностью электропроводки, водопровода, сантехники и газовых приборов в квартире;

- рационального применения простых механизмов;

- оценки безопасности радиационного фона.

1.2. Методические требования к разработке элективных курсов по физике.

Предпрофильный элективный курс по физике «Волна вокруг нас», рассчитанный на 32 часа, изучается в 9 классе. Содержание курса построено с опорой на знания и умения, полученные учащимися при изучении физики, в частности раздела «Механические колебания и волны». [3]

Предлагаемый курс позволяет расширить и углубить представления учащихся о механических волнах, их прикладного характера и актуализировать знания по соответствующим разделам физики. [34]

Данный курс соответствует задачам, стоящим перед обучением физике учащихся 9 классов средней школы, способствует формированию физической картины мира на разных уровнях. Изучение процесса возникновения волн, их практического применения и последствий от этого явления способствует формированию научного мировоззрения.

Цели элективного курса:

- обеспечение углубленного изучения физики;
- создание условий для построения индивидуальных образовательных программ;
- расширение возможностей социализации учащихся при выборе профессии.

При работе по программе курса создаются условия для решения таких образовательных задач, как:

- расширение представлений школьников о физической картине мира на примере практического применения волн и их возникновения;
- формирование у учащихся знаний:
 - о влиянии волн на жизнь на Земле;
 - о видах волн;
 - о современных способах использования явления волн;
 - о положительных и отрицательных последствиях действия волн;
 - об истории открытия волн;
- приобретение учащимися общеучебных умений:
 - работать со средствами информации (учебной, научно-популярной);
 - готовить сообщения и доклады, оформлять и представлять их;
 - использовать технические средства обучения и средства информационных технологий;

- воспитание учащихся:
 - формирование научного мировоззрения;
 - формирование убежденности во взаимосвязанности и обусловленности явлений окружающего мира;
- развитие учащихся:
 - развитие мышления, речи, способностей, мотивации и интересов;
 - формирование научного стиля мышления.

Гарантированный результат введения курса:

- развитие познавательных интересов, интеллектуальных способностей учащихся на основе опыта самостоятельного приобретения новых знаний, анализа и оценки новой информации;
- получение учащимися знаний о прикладном характере физических явлений;
- совершенствование знаний, умений и навыков, жизненного опыта и творческих способностей учащихся.

Отсроченный результат введения курса:

- сознательное самоопределение учащихся относительно профиля дальнейшего обучения в старшей школе;
- участие в научно-практических конференциях;
- личностный рост каждого участника процесса.

Ресурсы для реализации курса:

- кабинет физики;
- оборудование по разделу «Механические колебания и волны»;
- проектор с экраном;
- видеофильмы, слайды, графические иллюстрации;
- дидактические материалы.

Темы сообщений, докладов и рефератов учащихся:

1. Прикладной характер волн.
2. Береговая волна и сопутствующие бедствия.

3. Волны в море – опасность судоходства.
4. Подводные течения, их польза и вред.
5. Опасность береговой волны и способы ее избежать.
6. Как влияют приливы и отливы на обитателей планеты?
7. Какую роль играют приливы и отливы?

Требования к подготовке учащихся:

- учащиеся должны знать (на уровне воспроизведения):
 - важнейшие экспериментальные факты, основные понятия, теории, законы;
 - отличительные особенности видов волн;
 - основные достижения и перспективы в изучении поведения волн;
 - прикладной характер волн;
- учащиеся должны понимать:
 - роль изучения волн для жизнедеятельности человека;
 - перспективы «подчинения» волн;
- учащиеся должны уметь:
 - работать со средствами информации (отбирать, изучать, систематизировать и интерпретировать);
 - готовить сообщения, доклады, презентации;
 - выступать с сообщениями и докладами;
 - участвовать в дискуссии;
 - подбирать к докладам и рефератам наглядно-иллюстративный материал;
 - оформлять сообщения и доклады в письменном виде.

В соответствии с требованиями к подготовке учащихся можно предложить следующую систему оценивания их учебной деятельности.[34]

Таблица 1

Виды деятельности, которые оцениваются	Уровни и критерии
Выполнять исследования с использованием физических приборов	Умение планировать эксперимент согласно цели, оценивать полученные результаты, делать выводы
Осуществлять поиск и отбор информации	Использовать различные средства информации в соответствии с выбранной темой доклада или сообщения
Конспектировать информацию, готовить рефераты и сообщения в письменном виде	Умение выделять главное и существенное в отобранной информации и представлять это в письменной форме, проводить сопоставление с действительностью
Выступать с сообщениями и докладами	Умение структурировать, систематизировать и обобщать информацию, четко и кратко излагать мысли, делать компьютерную презентацию
Участвовать в дискуссии	Умение слушать других, задавать вопросы, отвечать на вопросы, высказывать и обосновывать свою точку зрения
Участвовать в играх	Умение применять полученные знания в новой ситуации

Литература и информационные ресурсы по элективному курсу для учащихся

1. Кадомцев Б.Б., Рыдник В.И. Волны вокруг нас. – М.: Знание, 1981. – с., ил.
2. Лайтхилл Дж. Волны в жидкостях. Пер. с англ. – М.: Мир, 1981. – 598 с.
3. Обморшев А.Н. Введение в теорию колебаний. Учеб. пособие. – М.: Наука, 1965. – 276 с.
4. Рабинович М. И., Трубецков Д. И. Введение в теорию колебаний и волн. – НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика». – 2000. – 560 с.

Выводы по главе 1.

В результате анализа стандартов ФГОС физического образования для средней школы, были выявлены оптимальные дидактические требования к методической разработке предпрофильных элективных курсов. Описаны необходимые требования к подготовке учащихся и ресурсы для реализации курса.

Глава 2. ОРГАНИЗАЦИОННО-ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ РАЗРАБОТКИ И ВНЕДРЕНИЯ ЭЛЕКТИВНОГО КУРСА

2.1. Условия введения элективного курса «Волны вокруг нас»

1) содержание программы

Понятие о механических колебаниях и волнах – 6 часов.

Понятие механических колебаний. Понятие волн.

Волны на воде – 5 часов.

Волны на поверхности воды в озере, реке и море. Многообразие видов волн. Регулярность и периодичность. Прилив и отлив. Цунами. Причины возникновения волн. Зависимость изменения параметров волны от скорости ветра. Стоячая волна. Применение дифракции в жизни. Польза и вред волн на воде. Прикладной характер.

Ветер и волны – 5 часов.

История поиска закономерностей возникновения и движения волн в море. Штормовые бассейны. Вихревое течение. Неоднородность потока воздуха над водой. Возникновение штормовой волны. Причины затухания волн на воде. Вынужденные и свободные волны. Зыбь – как предвестник шторма. Польза и вред.

Волны и берега – 7 часов.

Бор. Приливная волна – источник волн у берега. Волны на морском берегу. Зависимость высоты волны от глубины. Волноломы. Прибой на отлогом берегу. Донное противоречие. Польза и вред. Защита морских берегов.

Волны на песке – 6 часов.

Отличие волн на песке от волн на воде. Передача энергии при образовании песчаных волн. Песчаные барханы. Волны на снегу. Волны на песчаном дне. Волны на песчаных берегах. Фестоны. Польза и вред.

Тематическое планирование

Тема 1. Понятие о механических колебаниях и волнах (6 часов).

Обобщить и систематизировать знания, умения и навыки обучающихся по теме «Механические колебания волны».

Обсудить: использование явления «колебание» в быту.

Методы обучения: беседа, дискуссия, объяснение, индивидуальная работа.

Форма организации занятий: лекция, практическое задание, урок.

Тема 2. Волны на воде (5 часов).

Рассматриваются разнообразие волн, причины возникновения, способы наблюдения колебаний воды, виды источников волн, прикладной вопрос. Обсуждается вред и польза волн на воде.

Методы обучения: рассказ, беседа, объяснение, дискуссия.

Формы организации занятий: лекция, семинарское занятие, урок.

Тема 3. Ветер и волны (5 часов).

Рассматриваются закономерности воздействия ветра на волны воды, принцип воздействия ветра на волны, зависимость движения волны в зависимости от скорости и характера ветра, сложение и поглощение волн., понятие вынужденных и свободных волн. Обсуждается прикладной вопрос.

Методы обучения: рассказ, объяснение, дискуссия.

Форма организации занятий: лекция, семинарское занятие.

Тема 4. Волны и берега (7 часов).

Рассматриваются закономерности приближения волн к берегам, поведение волн у разных видов берегов, польза и вред береговых волн, сооружения, предотвращающие береговые волны. Практический вопрос.

Методы: рассказ, объяснение, дискуссия.

Форма организации занятий: лекция, семинарское занятие.

Тема 5. Волны на песке (6 часов).

Рассматриваются отличие песчаных волн от волн на воде, движение песчаных волн, зависимость длины и высоты волн от вида песка, рябь на песке, песчаные волны у берегов и на дне. Польза и вред.

Методы: рассказ, объяснение, дискуссия.

Форма организации занятий: лекция, семинарское занятие, урок.

Консультация и проведение конференции (3 часа).

2) При проведении учебных занятий по курсу используются такие формы организации обучения, как лекция, конференция, семинар, практическое занятие, лабораторная работа, консультация и собеседование. Каждая форма учебных занятий имеет свои специфические дидактические функции.[34]

Лекция (продолжительность не более 20-25 минут) – изложение (научное, логичное, структурированное) крупных блоков учебного материала; систематизация и обобщение информации по теме и разделу.

Основные методические требования к лекции для учащихся 9 классов: наглядность, эмоциональное изложение, образность.

Конференция – формирование у учащихся умение выступать с сообщением, докладом; формирование у всех школьников умения слушать, анализировать, дополнять сообщения, доклады товарищей; расширение и углубление знаний всех учащихся на основе получения их из дополнительных информационных источников.

Семинар – формирование умения выступать по вопросам семинара, пользуясь записями, сделанными по этим вопросам дома при индивидуальной работе; формирование умений обсуждать вопросы и делать соответствующие записи.

Групповая и коллективная самостоятельная работа учащихся организуется по поиску информации для подготовки сообщений и докладов, подготовки презентаций, подбору наглядно-иллюстративного материала и т.д.

Урок – формирование у учащихся учебных умений: работать с различными информационными средствами; работать с приборами, наблюдать, делать выводы из наблюдений и опытов.

Собеседование – определение качества усвоения учащимися теоретического материала; корректировка знаний и умений школьников.

Для каждой формы учебных занятий по курсу используется определенный комплекс методов обучения, соответствующих дидактическим функциям форм.

Рассказ – это изложение материала учителем, применяемое с целями: описания физических явлений и законов; ознакомления с историей физических открытий и с достижениями физики; ознакомление учащихся с практическим применением изучаемого материала.

Рассказ может сопровождаться демонстрацией различных наглядных пособий и отличаться четкостью, последовательностью и эмоциональностью.

Объяснение – строгое и последовательное изложение учителем физических свойств тел; физической сущности явлений и законов; устройства и принципа действия приборов, устройств и сущности технологических процессов.

Этот метод обучения применяют, когда надо что-либо обосновать или доказать.

Беседа предполагает взаимодействие учителя и учащихся, организуемое по вопросам, содержание и последовательность которых продумывается учителем.

Беседа – один из главных методов обучения, применение которого позволяет активизировать мышление учащихся, вызвать у них интерес к изучаемому материалу. Данный метод применяется на разных этапах обучения для решения одной или нескольких задач обучения: повторения пройденного материала; формирование физических понятий; изучения физических законов; проверки качества усвоения материала.

В процессе проведения занятий по элективному курсу необходимо применение разнообразных методов обучения в зависимости от: 1) содержания учебного материала; 2) дидактических целей и задач учебного занятия; 3) уровня сформированности познавательной активности учащихся.

Программа данного курса соответствует требованиям, предъявленным к элективным курсам: по степени новизны для учащихся (включает новую

для учащихся информацию, не содержащуюся в базовых программах); по мотивирующему потенциалу (содержит информацию, вызывающую познавательный интерес учащихся и представляющую ценность для определения ими профиля обучения в старшей школе); по полноте содержания (содержит информацию, необходимую для достижения запланированных в ней целей обучения); по научности содержания (включена научная информация и наиболее ценный опыт практической деятельности человека); по реалистичности с точки зрения ресурсов (материал программы распределен во времени с учетом его достаточности для качественного изучения информации и получения запланированных результатов); по эффективности затрат времени на реализацию курса (определена последовательность изучения информации, которая является наиболее оптимальной в достижении целей).

Содержание элективного курса

Программа предполагает выход за рамки традиционных учебных предметов. Она знакомит учащихся с комплексными проблемами и задачами, требующими синтеза знаний теоретического и прикладного характера.

Продолжительность элективного курса

Разработанный курс является ознакомительным, краткосрочным, оптимальная продолжительность – одно полугодие.

Более подробно содержание расписано в пункте 2.2.

2.2. Содержание материала по темам элективного курса «Волны вокруг нас».

2.2.1. Тема 1. ПОНЯТИЕ О МЕХАНИЧЕСКИХ КОЛЕБАНИЯХ И ВОЛНАХ

Колебательное движение. Свободные колебания

На первом занятии следует провести анкетирование учащихся по специально разработанным вопросам и заданиям с целью выяснения их познавательного интереса к выбранному курсу и к учебному предмету «физика». Результативность выбора учащимися профиля обучения в старших

классах зависит не только от деятельности учителя, сколько от активности учеников, их приобщения к получению знаний. Совместное сотрудничество учителя физики и учеников на занятиях по элективному курсу эффективно лишь в том случае, если учитель выделит и донесет до них цель деятельности, спланирует результат их работы. Процесс получения знаний и умений учащимися должен быть направлен на овладение методами и средствами, характерными для физической науки. Используемые на занятиях методы познания позволят ученику проникнуть в сущность явлений окружающего мира средствами предмета «физика», следовательно, они направят развитие познавательной деятельности учащегося. Поэтому к числу основных критериев эффективности занятий в один ряд с отбором содержания ставится и планирование системы занятий, способствующей сочетанию информационной и организационной сторон каждого задания. Это обеспечит формирование необходимых черт личности ученика и его индивидуальную мотивацию познавательной деятельности.

Примерное содержание анкеты:

1. Почему вы выбрали этот курс?
 - а) нравится предмет;
 - б) нравится учитель;
 - в) заинтересовала тема;
 - г) пошел за компанию с товарищем;
 - д) другие причины (укажите).
2. Вы хотите изучить данный курс потому, что:
 - а) знание этого курса необходимо для деятельности человека;
 - б) этот раздел физики важен для понимания нашего Мира;
 - в) этот курс расширит кругозор;
3. что бы вы хотели узнать за время посещения курса?
 - а) новые факты, удивительные события;
 - б) жизнь ученых и их деятельность;
 - в) причины различных событий, явлений.

4. Какой деятельностью вы бы хотели заниматься на занятиях?
- а) выполнять практические работы, заполнять таблицы;
 - б) находить дополнительные сведения, готовить сообщения и выступать с ними;
 - в) находить объяснения явлениям, ставить проблему и разрешать ее, проводить исследования;
 - г) делать компьютерные презентации по теме курса.
5. Читаете ли вы дополнительную литературу по физике?
- а) редко и случайно;
 - б) только по рекомендации учителя;
 - в) регулярно и самостоятельно;
 - г) не читаю.

После окончания работы с анкетой следует объединить учащихся в группы и предложить им сформулировать свои ожидания данного курса.

Анализ ответов учащихся позволит учителю методически правильно организовать процесс обучения учащихся с целью активизации их познавательного интереса к курсу и мотивированного выбора дальнейшего профиля обучения.

На первом занятии следует дать общее представление о механических колебаниях и волнах и выделить основные понятия по теме. Возможны два варианта проведения этого занятия – в форме лекции и в форме урока. Задача учителя состоит в том, чтобы на конкретных примерах проиллюстрировать перспективы развития изучения явления «волны». Целесообразно представить излагаемый материал в виде схемы, таблицы или презентации. Можно организовать распределение сообщений, докладов и рефератов.

Краткое содержание материала

Колебательные движения широко распространены в окружающей нас жизни. Примерами колебаний могут служить: движение иглы швейной машины, качелей, маятника часов, вагона на рессорах и многих других тел.

Если тело вывести из положения равновесия, и отпустить, то он, пройдя через положение равновесия, отклонится в противоположную сторону, остановится, а затем вернётся к месту начала движения. За этим колебанием последует второе, третье и т. д., похожие на первое.

Промежуток времени, через который движение повторяется, называется *периодом колебаний*. Поэтому говорят, что колебательное движение *периодично*.

Повторяющиеся через равные промежутки времени движения, при которых тело многократно и в разных направлениях проходит положение равновесия, называются *механическими колебаниями*.

Колебания, происходящие только благодаря начальному запасу энергии, называются *свободными колебаниями*.

Системы тел, которые способны совершать свободные колебания, называются *колебательными системами*.

Маятником называется твёрдое тело, совершающее под действием приложенных сил колебания около неподвижной точки или вокруг оси.[25]

Вопросы для беседы:

1. Какие из природных явлений вызваны колебаниями?
2. Какие колебательные движения можно наблюдать по дороге в школу?

Величины, характеризующие колебательное движение

Повторение темы на данном занятии возможно на основе самостоятельной работы учащихся. Занятие проводится с целью повторить и закрепить знания учащихся. Структура занятия: теоретическая часть – учитель читает небольшую лекцию; практическая часть – решение задач учениками.

Краткое содержание материала

Теоретическая часть

Наибольшее (по модулю) отклонение колеблющегося тела от положения равновесия называется *амплитудой колебаний*.

Промежуток времени, в течение которого тело совершает одно полное колебание, называется *периодом колебаний*.

Число колебаний в единицу времени называется *частотой колебаний*.

$$T = \frac{1}{2 \text{ Гц}} = \frac{1}{2 \frac{1}{\text{с}}} = 0,5 \text{ с}$$

Период колебания T и частота колебаний ν связаны следующей зависимостью:

$$T = \frac{1}{\nu}, \text{ или } \nu = \frac{1}{T}$$

Свободные колебания в отсутствие трения и сопротивления воздуха называются *собственными колебаниями*, а их частота – *собственной частотой* колебательной системы.

Для пружинного маятника формулы частоты и периода колебаний будут выглядеть соответственно:

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}, \quad T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$$

Практическая часть

1. Вычислите массу груза подвешенного на пружине жесткостью 250 Н/м, если он совершает 20 колебаний за 16 с.
2. Один математический маятник совершил за некоторый промежуток времени $N_1 = 12$ колебаний, а другой – $N_2 = 3$ колебания. Определите длину l_2 другого маятника, если известно, что разность длин маятников $\Delta l = 10$ см.
3. Определите период и частоту колебаний груза массой $m = 200$ г, движущегося по гладкой горизонтальной поверхности под действием лёгкой пружины жёсткостью $k = 0.080$ Н/м.
4. Какую длину l должен иметь математический маятник на поверхности Земли, чтобы период колебаний был $T = 2.0$ с?

5. На пружине колеблется груз с частотой $\nu = 0.710$ Гц. Когда к нему прикрепили дополнительный груз массой $\Delta m = 500$ г, частота колебаний стала $\nu_1 = 0.920$ Гц. Найдите массу начального груза.

Гармонические колебания. Затухающие колебания. Вынужденные колебания

Данное занятие направлено на повторение и состоит из трех частей: 1) теоретическая часть; 2) практическая часть – решение задач; 3) обсуждение тем докладов на следующий урок (возможна работа по группам).

Краткое содержание материала

Периодические изменения во времени физической величины, происходящие по закону синуса или косинуса, называются *гармоническими колебаниями*.

Материальная точка, колеблющаяся на не меняющемся со временем расстоянии от точки подвеса, называется *математическим маятником*.

Колебания, совершаемые телом под действием внешней периодически изменяющейся силы, называются *вынужденными колебаниями*.

Внешняя периодически изменяющаяся сила, вызывающая эти колебания, называется *вынуждающей силой*.

Частота установившихся вынужденных колебаний равна частоте вынуждающей силы.

Вынужденные колебания – незатухающие. Они происходят до тех пор, пока действует вынуждающая сила.[25]

Темы докладов:

1. Явление «резонанс»;
2. Примеры резонанса;
3. Польза и вред резонанса. Способы предотвращения резонанса.

Резонанс

На данном уроке учащиеся выступают с докладами. После докладов учитель задает вопросы классу.

Краткое содержание материала

Амплитуда установившихся вынужденных колебаний достигает своего наибольшего значения при условии, что частота ν вынуждающей силы равна собственной частоте ν_0 колебательной системы. В этом заключается явление, называемое *резонансом*.

Явление резонанса наблюдается в самых разных физических процессах. Например, звуковой резонанс. Возьмём гитару. Само по себе звучание струн гитары будет тихим и почти неслышным. Однако струны неспроста устанавливаются над корпусом – резонатором. Попав внутрь корпуса, звук от колебаний струны усиливается, а тот, кто держит гитару, может почувствовать, как она начинает слегка «трястись», вибрировать от ударов по струнам. Иными словами, резонировать.

Еще один пример наблюдения резонанса, с которым мы сталкиваемся – круги на воде. Если кинуть в воду два камня, попутные волны от них встретятся и увеличатся.

Действие микроволновки также основано на резонансе. В данном случае резонанс происходит в молекулах воды, которые поглощают излучение СВЧ (2,450 ГГц). Как следствие, молекулы входят в резонанс, колеблются сильнее, а температура пищи повышается.

Резонанс может быть как полезным, так и приносящим вред явлением.

Отрицательные свойства: разрушение сооружений, обрыв проводов, раскачивание груза на подъемном кране.

Положительные свойства: резонаторы в музыкальных инструментах, магнитно-резонансное обследование организма, резонансные замки и ключи.[25]

Примерные вопросы:

1. Что такое резонанс?
2. Почему возможен резонанс?
3. Какие конкретные примеры явления «резонанса» вы знаете?
4. Какое решение нашли люди, чтобы избежать резонанса?

Распространение колебаний в среде. Волны. Длина волны. Скорость распространения волн

Данный урок направлен на закрепление знаний учащихся и является основой для дальнейшего изучения материала элективного курса. Следует уделить большое внимание пониманию учащимися основных формул и понятий по теме.

Краткое содержание материала

Возмущения, распространяющиеся в пространстве, удаляясь от места их возникновения, называются *волнами*.

В бегущей волне происходит перенос энергии без переноса вещества.

Упругие волны – это механические возмущения, распространяющиеся в упругой среде.

Волны, в которых колебания происходят вдоль направления их распространения, называются *продольными волнами*.

Волны, в которых колебания происходят перпендикулярно направлению их распространения, называются *поперечными волнами*.

Расстояние между ближайшими друг к другу точками, колеблющимися в одинаковых фазах, называется *длиной волны*.

$$\lambda = \frac{V}{\nu}$$

Из формул для определения длины волны можно выразить скорость волны [25]:

$$V = \frac{\lambda}{T} \text{ и } V = \lambda * \nu$$

Вопросы беседы:

1. Какие виды волн чаще всего встречаются в природе?
2. Зачем нужно изучение волн и колебаний?
3. Где применяются волны и колебания?

Физический диктант

Заключительное занятие по Теме 1. После выполнения учащимися физического диктанта предлагается обсудить верные ответы с учащимися.

Вопросы к физическому диктанту:

1. Период колебаний – ...
2. Механические колебания – ...
3. Свободные колебания – ...
4. Запишите формулу частоты колебаний для нитяного маятника:
5. Запишите формулу периода для пружинного маятника:
6. Резонанс – ...
7. Запишите формулу длины волны:

Продолжите предложения:

8. Периодические изменения во времени физической величины, происходящие по закону синуса или косинуса, называются ...
9. Материальная точка, колеблющаяся на не меняющемся со временем расстоянии от точки подвеса, называется ...
10. Колебания, совершаемые телом под действием внешней периодически изменяющейся силы, называются ...

2.2.2. Тема 2. ВОЛНЫ НА ВОДЕ

Весь в серебристой, мелкой дрожи
Едва приметный ручеек...

А. Фет

Построение занятий по данной теме связано с выбором логического пути изложения материала. Содержание учебной информации включает изучение физического явления «волна» на воде.

При рассмотрении материала лучше использовать описательный метод: анализируются факты; выделяются характеристики, способы и средства наблюдения за явлением; сопоставляются с действительностью; выполняются различные задания.

Волны на поверхности воды в озере, реке и море. Многообразие видов волн

Краткое содержание материала

Любая наука начинается с наблюдения. Это относится и к физике волн на воде.

Наблюдая за озером, совершенно не ощущая ветра, мы увидим, как по поверхности воды бегут маленькие волны – рябь. Для волн ряби характерны длины примерно 2 см и меньше.

Наблюдая за морем, при отсутствии ветра, мы также наблюдаем рябь. Но стоит подуть слабому ветерку, как на смену мелкой ряби приходят небольшие, но уже вполне отчетливые параллельные ряды волн. Увеличились и высота гребней, и расстояния между ними. Можно заметить, что длина волн меняется медленнее, чем высота их гребней.

Когда ветер окрепнет, волны станут накатывать на берег, обрушиваясь с грохотом, разбиваясь на отдельные брызги. Чем дальше от берега, тем меньше регулярности в волнении моря. Кажется неуместным говорить о какой-то регулярности, периодичности, которая вроде бы должна быть обязательным признаком волнового движения. И, тем не менее, это тоже волны – развитые ветровые волны во время шторма. А нерегулярность и быстро сменяющийся их вид – это результат нелинейного взаимодействия различных простых синусоидальных волн.

После прекращения ветра, волны на море не прекращаются тотчас. Волновая картина постепенно принимает все более упорядоченный вид, столь милый нашему взору. Волны становятся все более округлыми, хотя и остаются достаточно высокими. Вместе с тем они делаются более пологими и уже идут не как попало, а широкими параллельными рядами. Такие отголоски шторма называются мертвой зыбью.

Рябь, мертвая зыбь и ветровые волны, однако, далеко не исчерпывают всего разнообразия волн на море. Два раза в сутки повышается уровень воды у берега и два раза в сутки вода отступает. Это приливные и отливные волны. прилив и отлив – самая настоящая волна, только чрезвычайно пологая, поскольку длина приливной волны достигает нескольких тысяч километров, а высота даже в крайних случаях – лишь ползгтора десятка метров, обычно же это метр, а то и меньше. Порой колебания уровня воды в море происходят чаще, с периодом до полутора часов. Это – сейши, стоячие волны, сходные с

колебаниями уровня воды в ванне или в тазу, если его наклонять попеременно в одну и другую сторону. Изредка к океанскому берегу неожиданно приходят одна или несколько волн огромной высоты, которые вызывают на берегу страшные разрушения, – цунами. Приливные волны, сейши и цунами – волны с очень большими длинами, в сотни и тысячи километров.

Но поднимемся вверх по реке, впадающей в море, и мы встретимся здесь с не меньшим разнообразием волн. Прежде всего это отголосок приливной волны: распространяющаяся против течения подчас довольно высокая водяная стена, называемая бором. А если по реке пройдет моторная лодка, мы сразу увидим целую систему волн: волны, расходящиеся от носа лодки под косым углом к направлению ее движения и накатывающиеся на берега реки; позади лодки – волны, движущиеся вслед за ней; у берегов – сложную картину, образованную набегающими на берег и отраженными от него волнами; возле берега торчат несколько полузатопленных кустов, и набегающая на них вода образует вокруг прутьев небольшие волны.

Волны можно заметить и в ручье, текущем после дождя у края тротуара, и в струе воды, вытекающей из горлышка бутылки, и в раковине возле сливного отверстия.

Какие же первые выводы напрашиваются, когда мысленно обзриваешь все это многообразие волн на поверхности воды? Прежде всего бросается в глаза чрезвычайно широкий диапазон длин волн от миллиметров до многих тысяч километров. Дальше, волны имеют чрезвычайно разнообразную форму: от почти синусоидальной для волн мелкой ряби до очень заостренной – у гребней ветровых волн и совсем не напоминающей синусоиду у волн, разбивающихся возле берега.

Весьма разнообразны и очертания фронта волн: круговые волны, возникающие при падении камня в воду; плоские волны мертвой зыби или волны позади прошедшего корабля; загнутые, идущие как бы внахлест косые волны от носа корабля; подковообразно изогнутые волны ряби вокруг

препятствий, на которые набегает вода; сетка перекрещивающихся волн в ручье; трудноопределимые формы морских волн в шторм.

Очень различна и крутизна волн.

Наконец очень многочисленны и причины возникновения волн. Это и ветер, и падение предметов в воду, и движение кораблей, и набегание воды на неподвижные препятствия, и землетрясения, и даже движение Луны и Солнца.

Прежде чем разобраться во всем этом многообразии волн на воде, надо указать главные физические факторы, определяющие существование волн, и характерные условия, в которых они движутся. Два таких фактора мы уже называли – гравитацию и поверхностное натяжение. В соответствии с этим все волны на воде можно отнести к двум широким классам – гравитационным и капиллярным. (Происхождение первого названия вполне естественно: их существование определяет сила притяжения Земли. Однако впоследствии то же название получили и до сих пор необнаруженные волны самого поля тяготения, которые ввел в физику Эйнштейн. Спутать оба вида гравитационных волн, конечно, невозможно; в нашей книге речь будет идти лишь о первых из них. Происхождение второго названия связано с тем, что силы поверхностного натяжения ответственны за явления, происходящие с жидкостями в тоненьких трубочках – капиллярах. Поэтому явления, вызываемые этими силами, в том числе и волны на поверхности воды и других жидкостей, получили название капиллярных.)

В некоторой, впрочем, довольно узкой, области, где роль силы тяжести в образовании поверхностных волн сравнима с действием сил поверхностного натяжения, волны относят к смешанному классу и соответственно называют гравитационно-капиллярными. Основных условий, в которых распространяются волны, тоже два. Они называются глубокой водой и мелкой водой. Понятия мелкого и глубокого в сущности относительны: скажем, пловец сравнивает глубину водоема со своим ростом, а моряк – с осадкой корабля. В явлении распространения волн эти понятия

также имеют относительный смысл и сравниваются с длиной волны (но не высотой волны, что было бы естественным для пловца или моряка). Глубокой водой называются такие участки водоема, где глубина, или расстояние от поверхности до дна, превышает длину волны, а мелкой водой – где оно меньше длины волны. Отсюда следует, что для линейной волны сложного профиля, составленной из ряда синусоидальных волн с существенно различающимися длинами, водоем может одновременно оказаться и глубоким и мелким.

Теория в хорошем соответствии с наблюдениями показывает, что глубокой можно считать воду, если глубина водоема превышает примерно половину длины волны, и мелкой – если глубина примерно в десять раз меньше длины волны.

Существует еще один вид волн – стоячая волна. Она возникает при наложении волны от источника и отраженной волны от препятствия, в том случае, когда источник волн создает волны одной частоты и фазы совпадают.[8, 15, 17, 19]

Вопросы беседы:

1. Какие виды волн мы можем наблюдать?
2. Какова зависимость вида волн от глубины?
3. Что происходит с волной на стыке моря и реки?
4. Как образуется стоячая волна?

Регулярность и периодичность. Прилив и отлив

Краткое содержание материала

Самые важные волновые явления связаны не с одиночными волновыми импульсами, а с регулярно повторяющимися последовательностями одиночных волн. Эти повторяющиеся, или периодические волны подчиняются тем же законам, что и одиночные волновые импульсы.

Регулярными и периодическими характеристиками обладают приливные и отливные волны.

Прилив – это природное явление, когда регулярно поднимается и падает уровень воды в океане, море или другом водоеме. Это ответная реакция на воздействие гравитационных сил, то есть сил притяжения, которыми обладают Солнце, Луна и другие приливообразующие силы. Это подъем воды в океане до самого высокого уровня, который происходит с определенной периодичностью. Отлив – обратное явление, при котором вода в океане падает до самого низкого уровня.

Эти природные явления наблюдаются почти во всех морях. Они выражаются в периодическом повышении и понижении уровня воды. Случаются приливы по противоположным сторонам Земли, которые лежат рядом с линией, направленной к Солнцу и Луне. На образование горба по одну сторону Земли оказывает влияние прямое притяжение небесных тел, а по другую – наименьшее их притяжение. Так как Земля вращается, у берега моря в каждом пункте за одни сутки наблюдается по два прилива и столько же отливов.

Приливы одинаковыми не бывают. Перемещение водных масс и уровень, до которого поднимается вода в море, зависят от многих факторов. Это широта местности, очертание суши, атмосферное давление, сила ветра и многое другое.

Приливы и отливы классифицируют по продолжительности цикла. Они бывают:

1. Полусуточные, когда в сутки случается два прилива и два отлива, то есть преобразование пространства воды в океане или на море заключается в полных и неполных водах. Параметры амплитуд, которые чередуются между собой, практически не имеют различий. Они выглядят как кривая синусоидальной черта и локализируются в водах такого моря, как Баренцево, у берегов Белого, распространены практически на всей территории Атлантического океана.

2. Суточные – характеризуются одним приливом и таким же количеством отливов в течение суток. Такие природные явления наблюдаются и в Тихом

океане, но очень редко. Так, если спутник Земли проходит через экваториальную зону, наблюдается стояние воды. Но если происходит склонение Луны с самым маленьким показателем, наблюдаются приливы малой мощности, имеющие экваториальный характер. Если цифры более высокие, образуются тропические приливы, сопровождающиеся значительной силой.

3. Смешанные, когда по высоте преобладают полусуточные или суточные приливы, имеющие неправильную конфигурацию. Например, в полусуточных изменениях уровня гидросферы прослеживается схожесть с полусуточными приливами по многим признакам, а в суточных – с такими же по времени приливами, то есть суточными, которые зависят от того, с каким градусом склоняется Луна в данный промежуток времени. Приливы и отливы смешанного типа чаще встречаются в водном пространстве Тихого океана.

4. Приливы аномального характера – характеризуются подъемами и спадами воды, не подходящими ни под одно описание по различным признакам. Аномалия имеет непосредственную связь с мелководьем, в результате чего меняется сам цикл как подъема, так и спада воды. Этот процесс особенно влияет на устье рек. Здесь приливы по времени меньше отливов. Подобными катаклизмами характеризуются отдельные участки пролива Ла-Манш, а также течения Белого моря.

Однако приливы практически не заметны в морях, которые называются внутренними, то есть отделенных от океана проливами, узкими по ширине.

Что порождает приливы? Если нарушаются силы тяготения и инерции, на Земле возникают приливы. Природное явление приливы в большей степени проявляется у океанических берегов. Здесь два раза в сутки в разной степени уровень воды повышается и столько же раз опускается. Происходит это потому, что на поверхности двух противоположных областей океана образуются горбы. Их положение определяется в зависимости от положения Луны и Солнца.

Влияние Луны. На возникновение приливов и отливов Луна оказывает большее влияние, чем Солнце. В результате многочисленных исследований было выявлено, что на точку земной поверхности, расположенную ближе всего к Луне, внешние факторы влияют на 6 % больше, чем на самую удаленную. В этой связи ученые сделали вывод, что благодаря данному размежеванию сил Земля раздвигается в направлении такой траектории, как Луна-Земля.

Учитывая то обстоятельство, что Земля вокруг своей оси оборачивается за одни сутки, двойная приливная волна за это время проходит по создавшемуся растяжению, точнее, его периметру, два раза. В результате этого процесса создаются двойные «долины». Их высота в Мировом океане достигает двухметровой отметки, а на суше – 40-43 сантиметра, поэтому для жителей планеты это явление остается незамеченным. Нами не ощущается сила приливов, отливов, где бы мы ни находились: на суше или на воде. Хотя с подобным явлением человек знаком, наблюдая его на береговой линии. Морские или океанические воды набирают иногда по инерции достаточно большую высоту, тогда мы видим выкатывающиеся на берег волны - это прилив. Когда они откатываются обратно – отлив.

Влияние Солнца. Главная звезда Солнечной системы далеко расположена от Земли. По этой причине ее воздействие на нашу планету мало заметно. Солнце массивней Луны, если рассматривать эти небесные тела как источники энергии. Но большое расстояние между светилом и Землей оказывает влияние на амплитуду солнечных приливов, она в два раза меньше аналогичных процессов Луны. Когда наблюдается полнолуние и растёт Луна, небесные тела – Солнце, Земля и Луна - имеют одинаковое расположение, в результате чего солнечные и лунные приливы складываются. Солнце оказывает небольшое влияние на приливы и отливы в тот период, когда гравитационные силы от Земли идут в двух направлениях: к Луне и Солнцу. В это время уровень отлива повышается, а прилива – понижается.[7, 8, 15, 18]

Вопросы беседы:

1. Как влияет Луна на прилив и отлив?
2. Как влияет Солнце на прилив и отлив?
3. Какие бывают приливы и отливы?

Семинарское занятие. «Основные причины возникновения волн. Цунами»

Краткое содержание материала

Обсуждаемые вопросы:

1. Ветровые волны.
2. Волны перемещения.
3. Цунами.
4. Волны-убийцы.
5. Вынужденные и свободные волны.

Ветровые волны

Ветровые, созданные ветром, принимающие по прекращении действия ветра установившийся характер и называемые установившимися волнами, или зыбью; Ветровые волны создаются вследствие воздействия ветра (передвижение воздушных масс) на поверхность воды, то есть нагнетания. Причина колебательных движений волн становится легко понятна, если заметить воздействие того же ветра на поверхность пшеничного поля. Хорошо заметна непостоянность ветровых потоков, которые и создают волны.

Все волны, которые существуют в результате действия внешних сил, называются вынужденными, а остающиеся после прекращения воздействия силы – свободными. Период вынужденных волн близок к периоду возбуждающей силы, а амплитуда колебаний зависит от амплитуды внешней силы, размеров, формы и глубины бассейна. По фазе вынужденные колебания смещены относительно фазы внешней силы. Свободные волны имеют период и амплитуду колебаний, зависящие от морфометрических условий бассейна, его размеров, изменений глубин и очертаний. В реальных

условиях вынужденные и свободные ветровые, приливные, барические и сейсмические волны могут иметь различный профиль, в зависимости от которого их подразделяют на поступательные, стоячие и поступательно-стоячие.

Волны перемещения

Или стоячие волны, образуются в результате сильных толчков на дне при землетрясениях или возбужденные, например, резким изменением давления атмосферы. Данные волны носят также название одиночных волн.

Цунами

Цунами – это волны огромной разрушительной силы. Они вызываются подводными землетрясениями или извержениями вулканов и могут пересекать океаны быстрее, чем реактивный самолет: 1000 км/ч. В глубоких водах они могут быть ниже одного метра, но, приближаясь к берегу, замедляют свой бег и вырастают до 30-50 метров, прежде чем обрушиться, затопляя берег и сметая все на своем пути. 90% всех зарегистрированных цунами отмечено в Тихом океане.

Наиболее распространённые причины.

Около 80% случаев зарождения цунами являются подводные землетрясения. При землетрясении под водой происходит взаимное смещение дна по вертикали: часть дна опускается, а часть приподнимается. На поверхности воды происходят колебательные движения по вертикали, стремясь вернуться к исходному уровню, – среднему уровню моря, – и порождает серию волн. Далеко не каждое подводное землетрясение сопровождается цунами. Цунамигенным (то есть порождающим волну цунами) обычно является землетрясение с неглубоко расположенным очагом. Проблема распознавания цунамигенности землетрясения до сих пор не решена, и службы предупреждения ориентируются на магнитуду землетрясения. Наиболее сильные цунами генерируются в зонах субдукции. Также, необходимо чтобы подводный толчок вошёл в резонанс с волновыми колебаниями.

Оползни. Цунами такого типа возникают чаще, чем это оценивали в XX веке (около 7 % всех цунами). Зачастую землетрясение вызывает оползень и он же генерирует волну. 9 июля 1958 года в результате землетрясения на Аляске в бухте Литуйя возник оползень. Масса льда и земных пород обрушилась с высоты 1100 м. Образовалась волна, достигшая на противоположном берегу бухты высоты более 524 м. Подобного рода случаи достаточно редки и, не рассматриваются в качестве эталона. Но намного чаще происходят подводные оползни в дельтах рек, которые не менее опасны. Землетрясение может быть причиной оползня и, например, в Индонезии, где очень велико шельфовое осадконакопление, оползневые цунами особенно опасны, так как случаются регулярно, вызывая локальные волны высотой более 20 метров.

Вулканические извержения составляют примерно 5% всех случаев цунами. Крупные подводные извержения обладают таким же эффектом, что и землетрясения. При сильных вулканических взрывах образуются не только волны от взрыва, но вода также заполняет полости от извергнутого материала или даже кальдеру, в результате чего возникает длинная волна. Классический пример – цунами, образовавшееся после извержения Кракатау в 1883 году. Огромные цунами от вулкана Кракатау наблюдались в гаванях всего мира и уничтожили в общей сложности более 5000 кораблей, погибло около 36 000 человек. [10, 15, 21, 23, 24]

Признаки появления цунами:

- Внезапный быстрый отход воды от берега на значительное расстояние и осушка дна. Чем дальше отступило море, тем выше могут быть волны цунами. Люди, которые находятся на берегу и не знающие об опасности, могут остаться из любопытства или для сбора рыбы и ракушек. В данном случае необходимо как можно скорее покинуть берег и удалиться от него на максимальное расстояние — таким правилом следует руководствоваться, находясь, например, в Японии, на Индоокеанском побережье Индонезии,

Камчатке. В случае телецунами волна обычно подходит без отступления воды.

- Землетрясение. Эпицентр землетрясения находится, как правило, в океане. На берегу землетрясение обычно гораздо слабее, а часто его нет вообще. В цунамоопасных регионах есть правило, что если ощущается землетрясение, то лучше уйти дальше от берега и при этом забраться на холм, таким образом заранее подготовиться к приходу волны.

- Необычный дрейф льда и других плавающих предметов, образование трещин в припае.

- Громадные взбросы у кромок неподвижного льда и рифов, образование толчеи, течений.

Волны-убийцы

Волны-убийцы (Блуждающие волны, волны-монстры, freak wave — аномальная волна) — гигантские волны, возникающие в океане, высотой более 30 метров, обладают несвойственным для морских волн поведением.

Еще каких-то 10-15 лет назад ученые считали истории моряков об исполинских волнах-убийцах, которые возникают из ниоткуда и топят корабли, всего лишь морским фольклором. Долгое время блуждающие волны считались выдумкой, так как они не укладывались ни в одну существовавшую на то время математические модели расчётов возникновения и их поведения, потому как волны высотой более 21 метра в океанах планеты Земля не могут существовать.

Одно из первых описаний волны-монстра относится к 1826 году. Её высота была более 25 метров и заметили её в Атлантическом океане недалеко от Бискайского залива. Этому сообщению никто не поверил. А в 1840 году мореплаватель Дюмон д'Юрвиль рискнул явиться на заседание Французского географического общества и заявить, что своими глазами видел 35-метровую волну. Присутствующие подняли его на смех. Но историй о громадных волнах-призраках, которые появлялись внезапно посреди океана даже при

небольшом шторме, и своей крутизной походили на отвесные стены воды, становилось все больше.

Так, в 1933 году корабль ВМС США "Рамапо" попал в шторм в Тихом океане. Семь суток корабль бросало по волнам. А утром 7 февраля сзади внезапно подкрался невероятной высоты вал. Вначале судно швырнуло в глубокую пропасть, а потом подняло почти вертикально на гору пенящейся воды. Экипаж, которому посчастливилось выжить, зафиксировал высоту волны - 34 метра. Двигалась она со скоростью 23 м/сек, или 85 км/ч. Пока что это считается самой высокой когда-либо измеренной волной-убийцей.

Во время Второй мировой войны, в 1942 году, лайнер "Королева Мария" вез 16 тыс. американских военных из Нью-Йорка в Великобританию (между прочим, рекорд по количеству человек, перевозимых на одном судне). Неожиданно возникла 28-метровая волна. "Верхняя палуба была на обычной высоте, и вдруг - раз! - она резко ушла вниз", - вспоминал доктор Норвал Картер, находившийся на борту злополучного корабля. Корабль накренился под углом 53 градуса - если бы угол составил хотя бы на три градуса больше, гибель была бы неизбежной. История "Королевы Марии" легла в основу голливудского фильма "Посейдон".

Однако 1 января 1995 года на нефтяной платформе «Дропнер» в Северном море у побережья Норвегии была впервые приборно зафиксирована волна высотой в 25,6 метров, названная волной Дропнера. Проект "Максимальная волна" позволил по-новому посмотреть на причины гибели сухогрузов судов, которые перевозили контейнеры и другие немаловажные грузы. Дальнейшие исследования зафиксировали за три недели по всему земному шару более 10 одиночных гигантских волн, высота которых превышала 20 метров. Новый проект получил название Wave Atlas (Атлас волн), в котором предусматривается составление всемирной карты наблюдавшихся волн-монстров и её последующую обработку и дополнение.

Существует несколько гипотез о причинах возникновения экстремальных волн. Многие из них лишены здравого смысла. Наиболее

простые объяснения построены на анализе простой суперпозиции волн разной длины. Оценки, однако, показывают, что вероятность экстремальных волн в такой схеме оказывается слишком мала. Другая заслуживающая внимания гипотеза предполагает возможность фокусировки волновой энергии в некоторых структурах поверхностных течений. Эти структуры, однако, слишком специфичны для того, чтобы механизм фокусировки энергии мог объяснить систематическое возникновение экстремальных волн. Наиболее достоверное объяснение возникновения экстремальных волн должно основываться на внутренних механизмах нелинейных поверхностных волн без привлечения внешних факторов.

Интересно, что такие волны могут быть как гребнями, так и впадинами, что подтверждается очевидцами. Дальнейшее исследование привлекает эффекты нелинейности в ветровых волнах, способные приводить к образованию небольших групп волн (пакетов) или отдельных волн (солитонов), способных проходить большие расстояния без значительного изменения своей структуры. Подобные пакеты также неоднократно наблюдались на практике. Характерными особенностями таких групп волн, подтверждающими данную теорию, является то, что они движутся независимо от прочего волнения и имеют небольшую ширину (менее 1 км), причем высоты резко спадают по краям.

Впрочем, полностью прояснить природу аномальных волн пока не удалось.[15, 16, 22]

Применение дифракции в жизни

Краткое содержание материала

Дифракцию волн в природных условиях можно легко видеть у морского берега, когда к нему с моря идет правильная черед плоских волн, например мертвой зыби. Если судно стоит на якоре боком к волнам (а волны всегда стремятся развернуть его именно в такое — устойчивое — положение, к большому неудовольствию пассажиров, поскольку бортовая качка особенно неприятна), то между ним и берегом при длине судна, существенно большей

длины набегающих волн, возникает область тени, область спокойной воды. Но чем дальше от судна, тем сильнее волны от его краев заходят в эту область, так что возле берега может совсем не остаться участков спокойной воды. Если же на небольшое судно накатывают длинные волны мертвой зыби, то тень может вообще не появиться: в результате сильной дифракции волны совершенно не будут «замечать» судна.

Дифракцию волн приходится учитывать, проектируя защитные сооружения в морских портах. Если проход для кораблей в гавань сделать слишком широким, да еще расположить его на той стороне, куда чаще всего приходят высокие волны, то в гавани спокойной воды не будет. Если же проход сделать достаточно узким, то его можно расположить под любым углом. В гавань войдут только дифрагированные волны, высота которых будет убывать при приближении к берегу.[15]

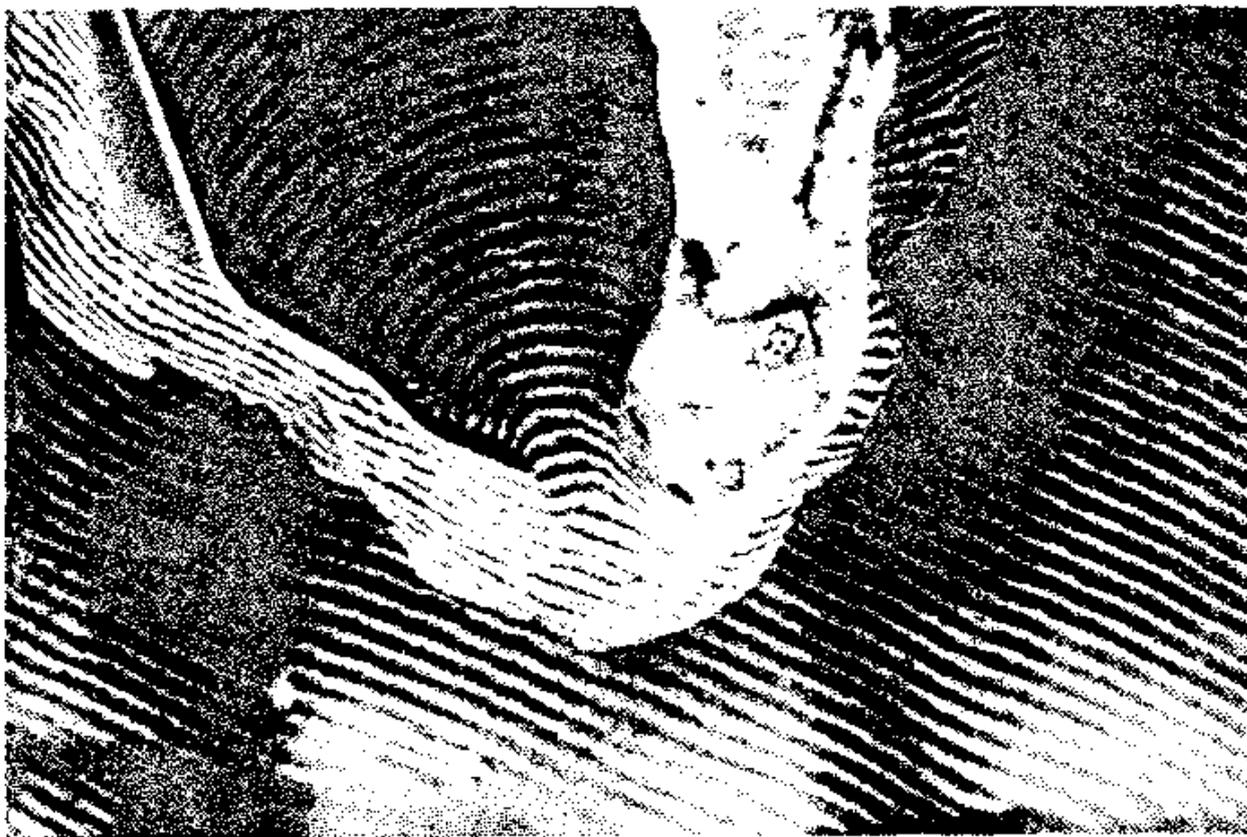


Рисунок 1 Волновая картина в акватории порта с узким проходом для судов

Семинарское занятие. «Польза и вред волн на воде. Прикладной характер».

Краткое содержание материала

Обсуждаемые вопросы:

1. Опасные волны на берегу и в открытом море.
2. Как использует волны человек.
3. Волновая электростанция.

Волновая электростанция

Волновая электростанция – электростанция, расположенная в водной среде, целью которой является получение электроэнергии из кинетической энергии волн.

Первая в мире электростанция на волнах появилась в 1985 году в Норвегии, ее мощность составляла 500 кВт.

Первая коммерческая волновая электростанция начала работу в 2008 году в Агусадоре, Португалия. Это установка-пионер, которая использует непосредственно механическую энергию волны. Работа станции основана на принципе «колеблющегося тела». Разработала проект английская компания Pelamis Wave Power, мощность станции составила 2,3 МВт, и есть возможность увеличения мощности путем монтирования дополнительных секций. В Великобритании построили самую большую в мире волновую электростанцию Wave Hub, она расположена у полуострова Корнуэлл. Электростанция оборудована 4-мя генераторами мощностью по 150 кВт каждый. Работа станции основана на принципе «колеблющегося тела».

Принцип работы волновой электростанции основан на преобразовании кинетической энергии волн в электрическую. Существует несколько способов устройства подобных станций различных по принципу работы и конструкции.

Необычный способ генерации волновой энергии предлагает датская компания Wavestar. Она разработала морскую машину с плавучими буями на

балках, которые приводятся в движение благодаря кинетической энергии волн и преобразуют ее в «чистое» электричество.

Концепция была изобретена энтузиастами парусного спорта Нильсом и Кельдом Хансенами (Niels and Keld Hansen) в 2000 году. Задача состояла в том, чтобы создать регулярную выработку энергии из океана за счет набегающих волн с интервалом 5-10 секунд. Это было реализовано посредством ряда полупогруженных буев, которые поднимаются и опускаются в соответствии с движениями воды, обеспечивая непрерывное производство электроэнергии.

«Уникальная система защиты машины от шторма – один из многих запатентованных аспектов дизайна – гарантирует надежность работы в самых неблагоприятных условиях и представляет собой настоящую веху в развитии волновых генераторов. Волновая энергия будет играть решающую роль в обеспечении нашего энергетического будущего, но только машины, которые могут выдержать самые сильные штормы способны реально предложить эффективное решение», - говорится на сайте проекта.

Установка WaveStar преобразует кинетическую энергию волн в электричество за счет поплавков, которые поднимаются и опускаются вверх и вниз по мере движения волн. Поплавки крепятся с помощью подвижных балансиров, размещенных на платформе, опоры которой закреплены на морском дне. Движение поплавков передается через гидравлические поршни на вращающийся генератор, который и вырабатывает электроэнергию.

Каждый округлый поплавок имеет в диаметре около 5 метров и изготовлен из стекловолокна. Одна модульная платформа может включать до 20 подвижных буев. В рабочем положении они опущены на воду и раскачиваются волнами, что заставляет рычаги, прикрепленные к поплавкам перемещаться вверх-вниз. Каждый из рычагов соединен с гидравлическим цилиндром, и через них движение поплавков передается на вал электрического генератора.

На сегодняшний день прототип представляет собой только один модуль экспериментальной волновой электростанции мощностью 500 кВт. При необходимости увеличить производительность станции, можно добавлять соответствующее количество модулей.

Для оптимальной работы установки высота волны не должна превышать 2,5 метра. Если же она достигает 3 метров и более, то поплавки поднимаются над водой для предотвращения повреждений. В случае шторма вся платформа электростанции способна подниматься на высоту до 10 метров.

У любого агрегата всегда есть положительные и отрицательные аспекты его использования, и именно соотношение этих параметров определяет целесообразность его применения. Волновые электростанции не являются исключением, рассмотрим все за и против использования этого источника энергии.

К плюсам использования можно отнести:

1. экологическая безопасность установок;
2. волновые электростанции могут выполнять защитные функции, путем гашения волн вблизи портовых акваторий и прочей береговой линии;
3. возобновляемый источник энергии;
4. низкая себестоимость получаемой электроэнергии;
5. продолжительный срок эксплуатации.

К минусам данного типа электростанций относятся:

1. малая мощность вырабатываемой энергии;
2. не стабильный характер работы, вызванный атмосферными явлениями в окружающей среде;
3. может создавать опасность для хода судов и промышленного лова рыбы.

Приведенные выше «минусы» использования постепенно утрачивают свою актуальность, ученые и конструкторы продолжают свою работу. Разработка новых, более мощных генераторов, позволяет получать большее

количество электрической энергии, при тех же исходных параметрах первичной энергии, которой является энергия волн. Решаются задачи по передаче полученной энергии на большие расстояния.[7, 15, 11, 13, 26, 29, 32, 33, 36]

2.2.3. Тема 3. ВЕТЕР И ВОЛНЫ

Но среди бешеных валов
Есть тихая волна — пасата,
Как среди грома каблуков
Стопа неслышная босая

А. Вознесенский

Данному разделу следует посвятить 6 занятий, с целью ознакомления учащихся с основной причиной возникновения волн – ветром. На занятиях рассматриваются закономерности движения волн, виды течений, способы наблюдения за волнами.

На занятиях желательно использовать демонстративный материал: видео реальных волн и течений или смоделированные явления.

История поиска закономерностей возникновения и движения волн в море

Краткое содержание материала

Могущество человека за последние века выросло неизмеримо. Но он все еще часто беззащитен перед угрозой морских волн. Каждый год во время штормов гибнет много судов и среди них даже корабли, спроектированные и оснащенные по последнему слову техники. Поэтому понятен большой размах, с которым исследуются морские волны.

Теория ветровых волн начала создаваться еще в прошлом веке, но и поныне она далека от завершения. Долгое время она не могла дать ясного ответа на главный вопрос: почему едва заметная ветровая рябь вырастает в огромные и притом нерегулярные волны? Впервые правильное физическое объяснение нарастания ветровых волн, по-видимому, предложил полвека назад советский ученый В. М. Маккавеев, и с тех пор на этом пути удалось достичь заметных успехов.

Действительно, первое, что поражает нас и, конечно, создает большие трудности для изучения, — это чрезвычайная неупорядоченность, нерегулярность штормовых волн в открытом море. Валы имеют совершенно различную форму, которая к тому же каждую секунду меняется. Она нисколько не напоминает привычную нам синусоиду: гребни заострены, склоны изрыты более мелкими волнами, ветер сгоняет с гребней каскады брызг. Между острыми гребнями пролегают длинные ложбины, покрытые пенными полосами. Волны приходят то справа, то слева, то по носу судна. Вдруг после сравнительно невысоких волн появляется несколько особенно высоких, а одна из них, совсем уже высокая и крутая, заслонившая собой горизонт, — «девятый вал» — может, сорвавшись, обрушиться на несчастное судно. Как разобраться в этом грозном хаосе? Есть ли в нем какие-нибудь закономерности, за которые могла бы «ухватиться» теория?

Некоторые основания для поиска закономерностей давали многолетние, хотя и несистематические наблюдения за волнами, которые проводили мореплаватели. Сначала такие наблюдения велись на глазок, а каждый представляет себе, как трудно на беспрестанно качающемся судне определить истинную высоту волн. Затем появились приборы для измерения высоты волн, стали создаваться специальные научные экспедиции для изучения морского волнения, наконец, в море вышли хорошо оборудованные научно-исследовательские суда. Было накоплено много объективных данных о характере ветровых волн.[8, 15, 20, 27]

Вопросы беседы:

1. Почему исследование морских волн важно?
2. Какие существуют трудности в изучении морских волн?
3. Какой главной задачей является изучение морских волн?

Штормовые бассейны. Вихревое течение. Возникновение штормовой волны

Краткое содержание материала

Наблюдения за морскими волнами в природных условиях были и продолжают оставаться трудными. Чтобы выделить те или иные явления в более или менее чистом виде, что должно облегчить их изучение, физики ставят эксперименты. Для проведения экспериментов с морским волнением уже в нашем веке были построены специальные установки — штормовые бассейны.

Один из таких бассейнов в нашей стране находится в Крыму недалеко от Симеиза, в поселке Кацивели. Инициатором его создания был советский физик академик В. В. Шулейкин. Здесь он и его ученики получили много важных экспериментальных данных о возникновении и развитии штормовых волн и на их основе, следуя идеям В. М. Маккавеева, разработали ряд теоретических положений, серьезно обогатили физику волн.

Идея бассейна, в сущности, довольно проста. Ветер разгоняет волны в море на протяжении сотен и тысяч километров. (Кстати, слова «разгонять волны» в общем-то не очень точны, но наглядны и потому привились в нашем языке. Мы будем тоже использовать их, а об их неточности скажем несколько дальше более подробно.) Конечно, строить прямолинейный бассейн такой протяженности бессмысленно, а в коротком бассейне не удастся увидеть ничего существенного. Поэтому исследователи поступили так, как и их коллеги, которые занимались получением элементарных частиц высокой энергии. Ведь сначала были построены прямолинейные ускорители частиц, а потом их стали сворачивать в кольца — в кольцевом ускорителе удлинялся путь разгона частиц. Так родились синхротроны; аналогичную им внешнюю форму имеют и штормовые бассейны.

Движение воздуха над поверхностью воды, налитой в кольцевой бассейн, создается мощными воздуходувками. Стенки бассейна сделаны стеклянными, и специальные фотоаппараты фотографируют появляющиеся

волны в профиль. Для точных измерений профиля на стенки нанесена шкала. Грубые деления ее образуются самой металлической арматурой бассейна, а мелкие нанесены на стеклянные стенки.

Зайдем в бассейн и сядем возле его стенки примерно на высоте спокойной воды. Вот оператор включил воздуходувку, и мы начали наблюдения. Вскоре после того как появился ветер, поверхность воды покрылась мелкими волнами. Это — гравитационно-капиллярные волны с длинами примерно от 1 до 10 см. Возникают, однако, не одни только волны. Впустим в бассейн в каком-то одном месте небольшую порцию красящего вещества. Мы увидим, что появилось и ветровое течение: краска постепенно перемещается по ходу ветра. Мало-помалу ветровое течение распространяется с поверхности в нижележащие слои воды: краска, имеющая ту же плотность, что и вода, перемещается ко дну бассейна.

Отвлечемся на минуту от наблюдения и зададим простой вопрос: а почему вообще волны на воде возникают при движении воздуха? Исключим всякие мелкие сотрясения фундамента бассейна, вызванные, например, работой электродвигателей в воздуходувках. Будем считать также, что поверхность воды вначале идеально гладкая. Воздух над водой движется параллельно ее поверхности, трение воздуха о воду совершенно ничтожно. Так откуда взяться волнам?

Оказывается, одна из причин заключена в самом потоке воздуха. Сделаем его видимым (с помощью дыма, например), и нам наглядно представится его неоднородность: мы различим, как в потоке у самой поверхности воды бегут маленькие вихри воздуха, а по мере удаления от поверхности они приобретают все большие размеры.

Вихри у поверхности воды тоже неодинаковы по своим размерам и следуют друг за другом без строгой периодичности. Но это не столь существенно. Важнее другое: при прохождении каждого такого вихря уменьшается давление воздуха над водой, и ее поверхность вдоль трассы

вихря образует волну вспучивания. Этого достаточно: теперь ветер получает плацдарм для воздействия на поверхность воды.

До сих пор мы считали, что волне передается вся энергия от источника и эта энергия сохраняется в ней все время ее движения, то есть, по существу, пренебрегали внутренним трением частиц воды, ее вязкостью. Между тем энергия волны постепенно уменьшается, даже если волна не чувствует дна» не испытывает трения о дно и на ее пути нет никаких препятствий, на которых она могла бы рассеиваться. Причина уменьшения энергии волны — внутреннее трение в воде.

Вначале, когда волны только-только начинают образовываться, потери на трение практически незаметны. Однако с ростом мощности, передаваемой ветром воде, в ней возникает сильное турбулентное, вихревое течение. В отличие от воздушных вихрей, которые помогали рождению волны, вихри в воде приостанавливают развитие волн. Энергия вихрей в конечном итоге переходит в тепло: море в бурю теплее, чем в штиль.

В области шторма присутствуют волны с самыми разными длинами, а между ними идет своеобразная конкуренция за источник питания энергией. Более короткие волны в глубоком море движутся медленнее, чем длинные. Поэтому относительная скорость ветра над ними больше, чем над длинными волнами. Естественно, они будут нарастать быстрее, чем длинные волны. Но достигая предельной высоты, они разрушаются. Энергия, которую они теряют при разрушении, передается длинным волнам, и в конечном итоге львиную долю энергии ветра захватывают именно длинные волны. Короткие волны в шторм, как легко убедиться непосредственно, — эфемерное, быстро сменяющее свою картину явление, тогда как в длинных волнах намного больше постоянства.

Очень сложная картина! Но она усложняется еще более, если учесть, что не только ветер действует на волны, но и волны, в свою очередь, могут, как и любое препятствие, воздействовать на воздушный поток. Теория и эксперименты в аэродинамической трубе при обдувании твердых

препятствий показывают, что достаточно уже очень пологого гребня (с углом при вершине около 6°), чтобы за его подветренной стороной движение воздуха стало турбулентным. Там возникает так называемый присоединенный вихрь, который обтекает впадину волнообразного препятствия.

Возле поверхности воды у впадины движение воздуха в этом вихре, как легко видеть, совпадает по направлению с движением частиц воды во впадине. А это, в свою очередь, может стимулировать увеличение высоты гребней, особенно если пульсации давления ветра у воды благодаря вихрям попадают в резонанс с волной. Некоторые ученые вообще склонны считать, что развитие ветровых волн происходит не в результате напора воздуха на наветренные склоны волн, а именно вследствие описанных колебаний давления воздуха в турбулентном потоке у подветренных склонов волн.[6, 15, 17]

Вопросы беседы:

1. Каков принцип работы штормового бассейна?
2. Возможно ли исследование морских волн вне штормового бассейна?
3. Как можно наблюдать вихри?
4. Каковы причины затухания волн?

Семинарское занятие. «Польза и вред морских волн»

Данное семинарское занятие сочетает в себе вопросы для обсуждения, а также темы для подготовки докладов на следующее занятие. Учащиеся, которые доклады готовить не будут, готовят вопросы для выступающих.

Краткое содержание материала

Обсуждаемые вопросы:

1. Судходство.
2. Промышленность.
3. Человеческая жизнедеятельность.

Судходство.

В судоходстве основными опасностями являются волны и течения. Штормовые волны способны перевернуть или повредить судно, а также груз, который оно перевозит. Подводные течения могут сбить корабль с курса и откинуть на мель, что в свою очередь также может привести к поломке.

Опасность также вызывают тайфуны, которые в разы могут превосходить шторм по разрушительности.

Промышленность.

К промышленности относятся: получение энергии, добыча полезных ресурсов из недр Земли, а также рыболовный промысел.

В получении энергии, например электростанции, волны имеют положительное влияние, но только в том случае, если они не являются штормом или тайфуном. Хотя современные электрические станции, такие как датская, рассмотренная на прошлых занятиях, электростанция, могут противостоять штормам.

В добыче полезных ископаемых, например нефти, волны могут нести собой катастрофу. Разлив нефти – одна из основных проблем в добыче на море. Послужить разливу может как человеческий, так и природный фактор – шторм, тайфун или же цунами.

Рыболовный промысел тоже немало страдает из-за данного природного явления. Многие рыбаки отправляются в плавание на плохо подготовленных судах, не способных пережить даже небольшой шторм. В результате гибнут люди, а обломки судна могут нанести немалый вред как другим лодкам, так и быть опасными на береговой линии.

Человеческая жизнедеятельность очень зависит от погодных условий, особенно жителей береговых линий и островов. Цунами, тайфуны, штормы – все это сильно влияет на человека, заставляя его придумывать все новые способы отгородить себя от бушующих волн. Такими ограждениями являются: бухты, дамбы и др. постройки.[6, 15, 30, 31, 35]

Темы докладов:

1. Тайфун. Происхождение и способы предотвращения разрушений.

2. Шторм. Происхождение и способы избегания неблагоприятных исходов при встрече. Зыбь – как предвестник шторма.
3. Легенда о «девятом вале». Содержание легенды, научное объяснение.
4. Вихри. Происхождение, возможность использования для человека, опасности, связанные с вихревыми потоками в толще воды.

Конференция

Учащиеся представляют свои презентации и выступают с докладами, остальные слушают и задают вопросы. Перед началом конференции следует проверить наличие вопросов для выступающих и отметить те, которые обязательно надо озвучить.

Самый разрушительный тайфун

На данном занятии учащимся предлагается посмотреть научный фильм об исследованиях происхождения тайфунов, их разрушительной силе и методах наблюдения за ними.

2.2.4. Тема 4. ВОЛНЫ И БЕРЕГА

Смотрю на волны; их неверных линий
Не угадав, смущен их вечной сменой..
Приходят волны к нам из дали синей,
Взлетают в брызгах, умирают пеной.

В. Брюсов

Построение занятий по данной теме связано с выбором логического пути изложения материала. В теме содержится 7 занятий, направленных на изучение и систематизацию знаний учащихся о волнах у берега, а также прикладной характер. Рекомендуется наглядное демонстрирование разных видов береговых волн, и, при возможности, сопоставление теории с практикой: например, если рядом море, пронаблюдать виды волн, присутствующие в нем.

Бор в устьях рек

Краткое содержание материала

Путешествуя вместе с ветровыми волнами, вышедшими из зоны шторма, мы наблюдали, как исчезали острые гребни волн и волны постепенно становились все более регулярными и пологими. Но вот мы

замечаем, что волны снова начали расти в высоту, а их длина стала уменьшаться. Это – верный признак того, что волны выходят на мелководье. Отмели, или банки, могут встречаться и далеко в море. Но нас больше будет интересовать поведение волн на прибрежном мелководье, где они вступают в заключительную стадию своего существования.

При этом могут быть две возможности. Или волна разобьется неподалеку от кромки берега, а то и на самом берегу. Или она войдет в реку, которая впадает в море. И в том и в другом случае форма волны изменяется до неузнаваемости.

Волна, проделавшая долгий путь к берегам и вошедшая в реку, продлевает свою жизнь. Мы уже знаем, что движущаяся по реке волна, пришедшая из моря, называется бором.

Наиболее регулярен и отчетливо выражен бор, вызванный приливной волной. Когда она входит в русло реки с меньшей глубиной, чем прилегающий к ней участок моря, и к тому же стесненный берегами, ее высота, естественно, повышается.

В результате по реке вверх начинает двигаться довольно высокий вал или реже группа валов, которая называется периодическим бором.

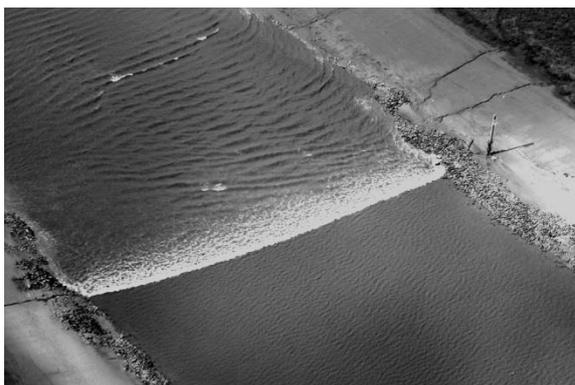


Рисунок 2 Бор на реке Фучуньцзян



Рисунок 3 Бор на реке Амазонка

Высота бора, конечно, зависит от высоты приливной волны и дрзгих местных условий. Обычно она невелика. Большим бором считается движущийся вал высотой приблизительно 2 м, но встречаются и боры, достигающие высоты 6 м (на реке Фучуньцзян в Китае). Характерный

признак бора – кипящая стена воды на его фронте; движение бора поэтому сопровождается сильным гулом.

Бор чаще встречается на таких реках, ложе которых довольно круто опускается в море. Водяная стена иногда отчетливее выражена на середине реки, а иногда у берегов. Это зависит от профиля дна реки. Бор нередко движется с солидной скоростью, превышающей 20 км/ч. Небольшие суда, отстоявшись в бухте при прохождении бора, затем седлают волну и движутся вверх по реке, не тратя усилий на преодоление встречного течения.[15]

Вопросы беседы:

1. Где можно наблюдать явление «бор»?
2. Характерные признаки бора.
3. Каково происхождение бора?

Ударные волны

Краткое содержание материала

В явлении бора мы впервые встречаемся с типом волн, о которых до сих пор не говорили. Это – ударные волны, широко распространенные в природе. Они возникают, если скорость движения тела превышает фазовую скорость распространения волн. Таким телом может быть и корабль, и просто пластинка, которую мы погрузили в воду и резко сдвинули с места. Ударную волну вызывает и резкое закрытие водопроводного крана, и сброс воды через плотину, и движущийся по горной реке грязевой поток – сель, и движение снега в снежной лавине. Ударные волны – только уже не поверхностные, а звуковые – создает и щелканье пастушеского кнута, и полет снаряда или самолета со скоростью больше скорости звука в воздухе. Все эти волны имеют еще одно общее свойство: они нелинейны, и на их фронте возникает скачок некоторых величин, например скорости движения среды.

Приливная волна, будучи волной на мелководье, причем волной чрезвычайно пологой, движется со скоростью, которую можно найти по формуле $c_{\phi} = \sqrt{g(D + h)}$, где h – высота волны, а D – глубина водоема. На совсем мелкой воде около устья реки величина h становится сравнимой с

величиной D . В свою очередь, фазовая скорость распространения волн в самой реке до подхода бора равна $c'_\phi = \sqrt{gD}$, где D – глубина русла реки. Отсюда видно, что c_ϕ больше c'_ϕ , то есть волна из моря движется с так называемой сверхкритической скоростью.

Это означает, что вода, находящаяся перед стеной бора, не успевает подготовиться к его приходу, и бор образует в ней участок сжатия, который бежит по реке перед фронтом бора. Однако скорость движения бора в реке выражается более сложной формулой, нежели скорость приливной волны:

$$v = \sqrt{g \frac{D_1(D_1+D_0)}{2D_0}}.$$

Поскольку D_1 больше D_0 , то отсюда видно, что v больше, чем

$$c_\phi = \sqrt{gD_0}.$$

А что происходит позади бора? Там частицы воды движутся с другой скоростью $v' = \sqrt{g \frac{D_0(D_1+D_0)}{2D_1}}$, то есть со скоростью меньшей, чем фазовая скорость за бором $c_\phi = \sqrt{gD_1}$. Это означает, что любые волны, возникшие позади бора, будут догонять его фронт и в конце концов сольются с ним. Вот почему позади бора, как и впереди него, нет никаких волн, а движется лишь водяная стена.

Поскольку бор — нелинейная волна, в нем движутся не только форма, но и частицы. Интересно, что скорости движения частиц по обе стороны фронта бора различны: на самом фронте происходит скачок не только плотности, но и скорости частиц воды. Это означает, что происходит скачок и энергии частиц, и можно подумать, что на фронте бора не выполняется закон сохранения энергии!

Но это только на первый взгляд. Ведь механическая энергия движущихся с волнами частиц – не единственный вид энергии. Потерянная частицами, скатывающимися с фронта бора в неподвижную воду, энергия превращается в тепло. Механизмом такого превращения служит образование

вихрей при турбулентном движении жидкости. Вот почему вода на переднем фронте бора кипит, конечно, не в буквальном смысле, а лучше сказать бурлит. (Кстати, когда самолет летит со сверхзвуковой скоростью, то на фронте ударной волны воздух нагревается до такой температуры, что начинает светиться; а отброшенные ступени космических ракет и метеориты вообще сгорают от тепла, выделяющегося на фронте образуемой ими ударной волны.)

Глубина реки никогда не бывает одинаковой по ее сечению. У берегов она меньше, поэтому, казалось бы, бор, двигаясь по реке, должен изогнуться дугой. Ничего подобного, однако, не наблюдается: бор идет ровным фронтом. Очевидно, чтобы это могло быть, у берегов высота бора должна быть выше, причем настолько, чтобы выравнивалась скорость фронта по всему течению. Так оно и есть в действительности.

Нужно только внести одну поправку. Бор движется все-таки не по неподвижной воде, а по реке, где есть течение, которое всегда будет противоположным движению бора. Известно, что скорость течения обычно наибольшая на середине реки и наименьшая у берегов (в этом повинно трение воды о берега). Поэтому течение реки должно наиболее сильно замедлять движение бора посередине реки и слабее всего у берегов. Разница в высотах бора на середине реки и у берегов, необходимая для поддержания сплошного фронта бора, оказывается не столь большой.

На медленно текущих и вместе с тем глубоких реках может получиться и так, что бор на середине реки будет почти незаметен, зато у берегов покатится высоким валом. Так, например, происходит на Сене в ее нижнем течении между Руаном и морем. Вал здесь столь высок, что обрушивается даже на высокую набережную и порой смывает неосторожных зрителей этого впечатляющего явления.

Может ли существовать бор при отливе? В некоторых книгах встречается утверждение, что отлив происходит значительно медленнее прилива, а глубина реки в начале отлива существенно выше, чем в начале

прилива. Поэтому бор при отливе не образуется, и понижение уровня реки происходит постепенно. Бор при отливе действительно не возникает, но совсем по другой причине. Волна понижения – идущая вперед впадина, а не горб волны, – обладает тем замечательным свойством, что на ней не нарастает крутизна ее фронта, а потому и не возникает скачка.[15]

Вопросы беседы:

1. Как отличить ударную волну от бора?
2. Существует ли бор при отливе?
3. Почему бор – одиночная волна?

Гибель волн

Краткое содержание материала

Когда к берегу подходят крупные волны, часто можно заметить толпы людей, способных часами смотреть на эту никогда не надоедающую картину прибоя и бурунов.

Прежде всего, обратим внимание на то, что крупные волны зыби, пришедшей далеко из моря, движутся ровными рядами почти параллельно линии берега. Это – результат рефракции, о которой мы рассказывали в первой главе. Участок фронта волны зыби, первым выступающий на мелководье, начинает двигаться с меньшей скоростью $c = \sqrt{gD}$, где D – глубина дна. Его нагоняют еще незамедлившиеся участки фронта, и фронт поворачивается параллельно границе раздела.

Резкой границы раздела между глубокой и мелкой водой в море почти нет, глубина моря уменьшается обычно постепенно. Волновой фронт также поворачивает постепенно и выстраивается вдоль линий равных глубин (изобат), которые у берега нередко почти параллельны береговой линии. При рефракции постепенно уменьшается и длина волн. В этом можно было убедиться в опытах с преломлением волн в сосуде, которые мы уже описывали. Поскольку частота волн должна оставаться неизменной, длина волн на мелкой воде уменьшается столь же быстро, сколь скорость волны.

В результате уменьшения длины волны увеличивается ее крутизна. Когда глубина моря приближается к значению, примерно вдвое превышающему высоту волны, гребень волны начинает заостряться. Волна еще не потеряла своей устойчивости, но уже близка к этому. На глубине около 1,3 высоты гребня устойчивость волны, достигшей предельной крутизны склонов 120° , полностью исчезает. Волна опрокидывается, и еще довольно далеко от берега возникает бурун.

Можно сказать так, что когда волна выходит на глубину, сравнимую с ее высотой, ей уже не хватает воды для того, чтобы наполнить гребень. Волна теряет симметричную форму и разрушается, поскольку вершина гребня утрачивает поддержку и опрокидывается. Можно сказать и иначе: волна «чувствует» дно. Частицы под гребнем вблизи дна замедляют свое движение, тогда как частицы на вершине гребня не успевают этого «почувствовать» и продолжают двигаться по своим орбитам с прежней скоростью.

Образно говоря, волна испытывает то же, что и пассажир, стоящий в вагоне резко тормозящего трамвая: ступни его тормозятся быстрее, чем голова, и сила инерции опрокидывает пассажира вперед. Аналогично опрокидывается и гребень волны. Картина изменения профиля волны при ее опрокидывании, однако, настолько сложна, что до сих пор не удалось дать ей точного математического описания. Опрокидывание и разрушение волны – это, в сущности, проявление предельной нелинейности волн.

Опрокидываясь, гребень захватывает воздух, а разбиваясь, превращается в бурлящую массу пены, которая по инерции несется к берегу. Но если бурун образовался на подводном валу, по другую сторону которого глубина снова увеличивается, то волна, подобно птице Феникс, возрождающейся из пепла, может снова восстановить свою форму![15]

Вопросы беседы:

1. Есть ли разница в гибели волны на пологом и крутом берегу?
2. Почему гребень волны у берега заостряется?

Подводный вал. Ныряющий бурун

Краткое содержание материала

Подводный вал действует как естественный волнолом, за ним вода более спокойна, и переданный ей импульс от разрушившейся волны может породить новую волну. Но часть энергии первоначальной волны, конечно, пропала безвозвратно – ушла на очень сильное турбулентное движение, на взброс брызг и, кроме того, буквально ушла в морское дно. Вновь образовавшаяся волна уже ниже первоначальной. Она перемещается к берегу, пока не достигнет, в свою очередь, критической глубины, равной 1,3 ее высоты, теперь разбивается и она. В зависимости от профиля дна у берега может возникнуть несколько бурунных полос.



Рисунок 4 Буруны у морского берега

Но вот у последней полосы бурунов глубины воды уже не хватает для образования еще одной волны, и волна превращается в вал, который выбрасывается на пляж бурлящим слоем, доходит до верхней границы

заплеска и там исчезает. Вся энергия волны, так медленно накапливавшаяся в области шторма, столь мало растроченная при движении волны к берегу, теперь расходуется в течение нескольких секунд. И мощность прибоя сказывается намного выше мощности волн в штормовой зоне, потому-то прибойные волны могут причинять кораблям у берега или портовым сооружениям огромные разрушения.

Такая картина прибоя образуется на отмельных берегах, когда дно идет под углом около 1° или меньше. Если у берега нет отмелей или подводный склон у него достаточно крут, наблюдаются другие формы прибоя. Они называются ныряющими и скользящими бурунами.

Ныряющий бурун представляет собой столкновение волны с подводным препятствием. Море перед таким препятствием глубокое, так что волна еще не уменьшила своей энергии и движется с большой скоростью. Когда перед гребнем вырастает подводное препятствие, то навстречу ему движутся частицы от предыдущей волны, частично уже отраженной от препятствия.

Столкнувшись с препятствием» волна выбрасывает вверх фонтаны воды. Это – очень впечатляющее зрелище.[15]



Рисунок 5 Фонтаны, выбрасываемые волной, разбивающиеся на мелководье

Вопросы беседы:

1. Что такое ныряющий бурун?
2. Что представляет собой подводный вал?
3. Почему возникают бурунные полосы?
4. Как их можно отличить от других видов волн?

Волноломы естественные и искусственные

Краткое содержание материала

Проектирование сооружений, способных не только предохранить постройки на берегу или стоящие в гавани корабли от разрушительного действия волн» но и выстоять в течение долгого времени под их ударами» составляет целую инженерную науку.

Рассчитать, как распределятся энергия и импульс волны при ее разрушении, да еще учесть статистику и высоты волн и направлений их движения и рельеф дна у берега – задача» пока еще непосильная для теории. Турбулентное движение частиц воды должно в значительной степени отобрать на себя энергию волн. В сущности, именно этой цели служат волноломы.

Как следует из их названия» они ломают волну» заставляют ее обрушиваться. В самом простом случае волнолом представляет собой просто подводную ступеньку, резкое повышение дна моря. Такую ступеньку не обязательно делать строго вертикальной, ей можно придать и наклон. Более того, волнолом можно сделать плавающим, если дно находится на довольно большой глубине и строительство сплошной стены может обойтись чрезмерно дорого.

Действие его основано на том, что он имеет достаточно большую инерцию и поэтому прекращает движение волны. Частицы волны, нависающей над волноломом, продолжают двигаться, тогда как частицы в подошве гребня останавливаются. Вспоминая, как мы описывали разрушение волны, можно в этом случае сказать, что не хватает воды для восполнения формы гребня и он обрушивается.

Такой волнолом должен иметь достаточную протяженность по ходу волны. Если он будет слишком узким, то волна может и не заметить его. Особенно эффективным волнолом может оказаться, если его длина совпадает или близка к длине набегающей на него волны. При удачной конструкции волнолома можно достичь того, что он будет более чем на 90% гасить энергию набегающих на него волн.

Столь же эффективны многие волноломы, установленные на берегу или в непосредственной близости от него. Обычно переднюю стену волнолома выполняют из рваного камня, блоки которого имеют весьма неправильную форму. Его задача – создать как можно более турбулентное течение в воде. Вместе с тем он должен оказывать достаточное сопротивление разрушающему действию волн. Такая крупнопористая конструкция рассредоточивает пик давления при ударе волны. Ослабляется и эффект гидростатической потери веса волнолома в воде, в результате которого волна могла бы перемещать облегченные элементы конструкции волнолома.

Волноотбойные стенки служат для того, чтобы в значительной степени отражать энергию волн обратно в море. Обычно они представляют собой каменное или железобетонное сооружение с гладкой передней поверхностью, имеющей вогнутое сечение и нависающую над водой верхнюю часть. Внизу стены ее профиль сделан ступенчатым, чтобы удлинить время удара волны и тем самым рассредоточить пик давления. Если волна подходит к стенке по глубокой воде, то она обычно отражается, не разбиваясь. Если волна перед подходом к стенке разбивается на берегу, то возникающий поток взлетает по стенке кверху, опрокидывается наверху ее и падает обратно на берег. Кинетическая энергия потока на стенке превращается в потенциальную энергию его подъема, и стенке передается сравнительно небольшая энергия. Возникающие обратные волны или течения от стенки гасят или по крайней мере ослабляют силу ударов подходящих к берегу волн.

Естественными волноломами служат: коралловые рифы, выступающие камни дна и каменные берега.[15]



Рисунок 6 Рифовая стена под водой



Рисунок 7 Выступающие камни возле побережья



Рисунок 8 Каменный берег

Вопросы беседы:

1. Для чего служат волноотбойные стенки?
2. Каким образом коралловые рифы гасят волны?
3. По каким критериям строят волноломы?
4. Как работают волноотбойные стены?

Скользящие буруны. Серфинг. Донное противотечение. Подводные каналы

Краткое содержание материала

Поговорим о прибое на отлогом (отмелом) берегу. Мы уже рассказывали о резко обрушивающихся волнах – ныряющих бурунах, представляющих собой достаточно грозное явление. На отмельных берегах часто возникает другая разновидность прибоя – скользящие буруны. В отличие от ныряющего буруна скользящий бурун разбивается медленно и до полного разрушения успевает пройти значительное расстояние. Вершина скользящего буруна словно сползает вдоль профиля волны, и это может длиться несколько минут. Разумеется, в такой волне устойчивость уже потеряна, у гребня появляется пенная шапка, и частицы воды, двигаясь по разомкнутым орбитам, совершают поступательное движение.

Скользящие буруны этим своим свойством способствовали возникновению увлекательного и красивого спорта – катания на доске,

сёрфинга (от английского слова surf, означающего прибой или буруны). Очень популярны для сёрфинга некоторые участки побережья Гавайских островов и Австралии, где от пляжей в море на несколько километров тянутся коралловые рифы. Высокие волны зыби от тихоокеанских штормов, приходящие к таким участкам побережья, превращаются в скользящие буруны.

При катании на буруне на спортсмена, как и на любое тело в воде, действуют сила тяжести и архимедова сила. Последняя направлена по перпендикуляру к поверхности воды, так что если спортсмен оказывается на переднем склоне волны, возникает равнодействующая скатывающая сила. Когда эта сила сравнивается с силой лобового сопротивления воды, спортсмен начинает перемещаться со скоростью гребня.

Вовсе не обязательно, чтобы спортсмен двигался в точности со скоростью гребня. Если удачно выбрать момент начала катания, когда волна только-только подкатывается под доску, и сориентировать доску под определенным углом к воде, можно даже двигаться со скоростью, превышающей скорость гребня, поскольку скатывающая сила будет превышать лобовое сопротивление воды.

В сущности, такой же Сёрфинг, только не над поверхностью воды, а под водой, совершают дельфины, подолгу сопровождая суда. Условия для подводного сёрфинга создает носовая волна (о ней будет подробный разговор в следующей главе), которая возникает при движении судна, она охватывает и некоторый слой под водой возле поверхности. Дельфины занимают положение на пологом переднем склоне одной из таких волн и движутся вместе с ним. Это позволяет им двигаться, почти не расходуя сил. Встречное сопротивление воды вследствие особого строения кожи дельфина оказывается очень малым, и, в сущности, дельфин при сёрфинге расходует энергию только на его преодоление.

Понаблюдаем за прибоем у самого берега. После того как пенистый поток от разбивания волны у кромки берега достиг наивысшей точки уже на

берегу, он начинает откатываться обратно в море. Это противотечение способно ускорить развитие неустойчивости в проходящих волнах, дополнительно тормозя частицы в подошве гребня, о чем мы уже говорили. Казалось бы, противотечение должно заканчиваться у подошвы ближайшего к берегу гребня. Оно тормозит направленное к берегу движение воды, но и само тормозится им. Поэтому вода вроде бы должна совершать колебательное движение между границей разбивания волн и границей их заплеска на берег. Между тем положение оказывается не столь простым. Возле дна существует так называемое донное противотечение, порой довольно сильное и представляющее определенную опасность для пловцов.

Когда пловец находится за пределами области, где разбиваются волны, он совершает примерно такое же движение, как и частицы воды в волне. Его тело приблизительно описывает окружности, причем с каждым оборотом он совершает небольшое поступательное движение и медленно приближается к берегу. Когда пловец оказался на гребне разрушающейся волны, его вместе с пенным потоком швыряет к берегу.

Если он встанет на ноги, то дальнейшее зависит от того, сможет ли он удержаться на ногах. Если место, где обрушилась волна, достаточно глубокое, то пловец, даже встав на ноги, может быть сбит следующим буруном или еще раньше обратным течением, в котором частицы перед встречей гребня движутся вверх. На мелком месте пловец, встав на ноги, уже не в такой степени является игрушкой волн. Но если пловец попадает на такой участок, где существует сильное донное противотечение, то его может снести на некоторое расстояние в море. Возникновению противотечения в известной степени способствуют сами разбивающиеся волны. В момент удара о дно или о поверхность невысокой воды энергия разрушенной волны отчасти передается песку или мелким камням и перемещает их вперед. Следующая волна, разбиваясь на более мелком месте, подгонит к нему песок, в результате в воде образуется невысокий подводный вал. Если приглядеться, он не сплошной, в нем словно прорыты узкие каналы. По ним и оттекает

часть воды обратно в море, причем течение ее получается не сплошным, а разрывным.

Каналы, как правило, наблюдаются лишь на приглубых берегах. На отмелях берегах излишки воды, выброшенные волной, в основном растекаются вдоль берега, а не сразу бегут обратно в море. Течение в канале оказывается борообразным, потому что здесь глубже, чем у подводного вала по обе стороны от канала, и скорость течения в канале выше, чем над валом. По этому признаку каналы можно и обнаруживать – фронт волны, сплошной позади вала, разрывается на валу: волны разбиваются над валом, но не над каналом. Но это обстоятельство может и отпугнуть пловца: он предпочтет выбираться на берег не там, где разбиваются волны и взлетают фонтаны брызг, а на более спокойном, но предательском месте. Во всяком случае, пловцу не следует теряться, если его относит в море: нужно просто немного отплыть в сторону от этого места и подобрать подходящий бурун, который, в конце концов, вынесет пловца на берег. Можно дать и еще более надежный совет: не входить в море в сильный прибой, когда течения от разбивающихся волн образуют весьма непростую и очень изменчивую картину.[15]

Вопросы беседы:

1. Что представляет собой скользящий бурун?
2. Как серфингистам удастся «скользить» по волнам?
3. Чем опасны подводные каналы?

Защита морских берегов. Дифракция и рефракция волн у островов

Краткое содержание материала

Одна из сложных задач – защита морских берегов от размывания. Кроме того, приходится защищать акватории морских портов от обмеления вследствие того, что волны и течения наносят к ним песок и камни, так называемый пляжевый материал. Вопрос о переходе энергии морских волн в энергию перемещения частиц пляжевого материала чрезвычайно труден и до сих пор далеко не полно разработан.

Сложность процесса связана с тем, что в нем одновременно участвует целый ряд явлений. Прежде всего, это чисто гидродинамическое давление движущейся с большой скоростью воды. Разбивающиеся волны вместе с тем захватывают и сжимают воздух, который, расширяясь на берегу, может откалывать крупные куски породы, слагающей участки за пляжем на суше, – так называемый клиф. Волны могут нести с собой обломки скал, и тогда их воздействие на берег будет еще более разрушительным. Сами обломки, сталкиваясь друг с другом, истираются, поэтому на пляже часто можно встретить хорошо окатанную гальку. Наконец, попеременно затопляемые и осушающиеся участки пляжа могут подвергаться своеобразной коррозии: морская вода растворяет карбонаты и некоторые силикаты. От действия всех этих факторов в течение длительного времени береговые скалы постепенно превращаются в мелкий песок.

Лишняя вода от разбивающихся волн на отмельных берегах, как правило, сначала движется вдоль берега, лишь постепенно скатываясь в море. Кроме того, часто волны подходят к берегу не параллельно, а под некоторым углом к нему. Частицы песка имеют довольно малые размеры и, легко поднимаясь с пляжа или со дна возле берега, оседают с небольшой скоростью. Поэтому течения воды вдоль берега могут переносить песок и мелкую гальку порой на значительные расстояния.

Знакомые всем буны, устанавливаемые через определенные интервалы на берегу перпендикулярно береговой линии, в сущности, предназначены для задержки движения пляжевого материала вдоль защищаемого ими берега. Эффективность бун, как и любого инженерного сооружения, конечно, зависит не только от знания общих закономерностей перемещения пляжевого материала, но и от местных условий.

Итак, мы говорили о переходе энергии волн в энергию бора и других течений, возникающих при разрушении волны. Закончим главу рассказом о волновых явлениях, обусловленных движением морских волн у берегов, – о дифракции и рефракции.

Суда во время сильного волнения, находясь вдали от портов, стараются найти естественные укрытия от волн в подветренных бухтах за мысами или с подветренной стороны островов. Между тем даже если волны не меняют своего направления движения, они могут настичь суда и там, где, казалось бы, должна быть волновая тень. Прежде всего в этом может быть повинна дифракция. Мы уже видели, что благодаря этому явлению волны могут заходить в область тени. Например, если судно отстает в глубокой бухте за скалистым островом, то его капитан должен учитывать распределение волнения за островом, рассматривая остров как экран и учитывая законы дифракции на краю этого экрана.

Дифракционная картина для этого случая показана на рис. 9.

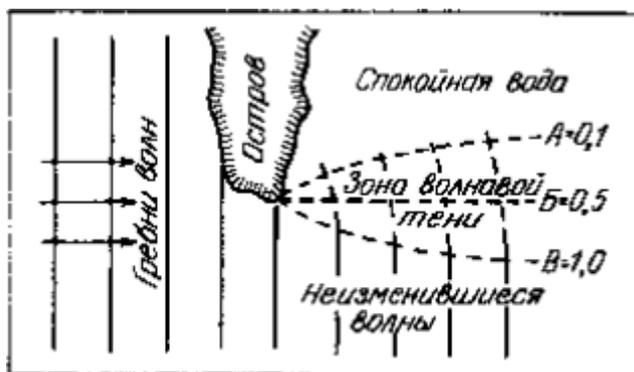


Рисунок 9 Дифракция волн на краю острова. Справа проведены линии, на которых высоты волн составляют указанную долю высоты проходящих к острову волн

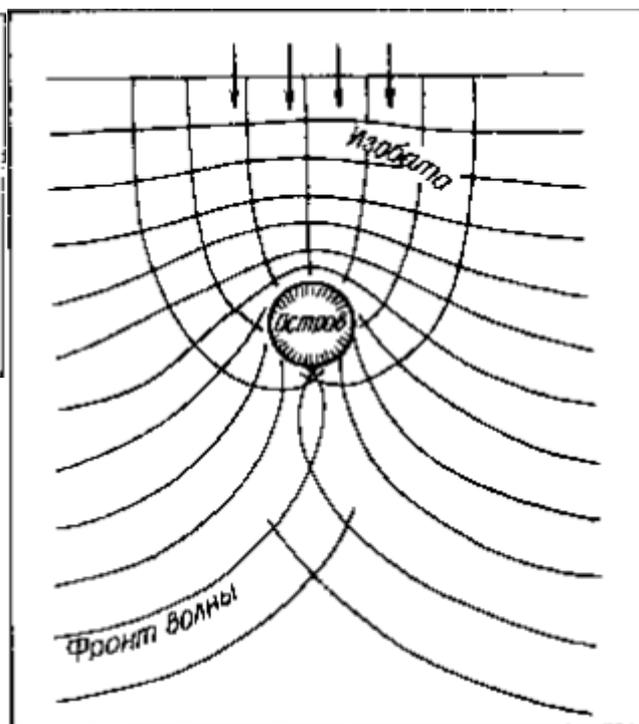


Рисунок 10 Рефракция волн у острова

Видно, что высота волн, входящих в бухту за островом, распределяется по разным направлениям достаточно сложно. Здесь уже наблюдение волновой картины на натуре происходит не сверху, как в безобидных лабораторных опытах, а наблюдатель непосредственно ощущает силу волн.

Оставаясь в бухте или под прикрытием острова, капитан должен учитывать и рефракцию волн, когда они переходят с глубокой на мелкую воду или когда движутся на мелкой воде с переменной глубиной.

В натуральных условиях профиль дна обычно не очень регулярен как в направлении от берега в море, так и в особенности вдоль береговой линии, и изобаты вовсе не повторяют в точности контур уреза воды, то есть линии, до которой доходит на пляже спокойная вода. Тем не менее, достаточно регулярные волны подходят к берегу обычно параллельно линии уреза. Но так бывает не всегда. Например, у небольшого острова с отмельными берегами условия таковы, что волны не могут располагаться параллельно линии уреза.

Но так бывает не всегда. Например, у небольшого острова с отмельными берегами условия таковы, что волны не могут располагаться параллельно линии уреза. Картина расположения фронтов тогда принимает вид, похожий на тот, что приведен на рис. 10. Конечно, высота волн на подветренной стороне острова будет ниже, чем на наветренной, но пересечение фронтов, обогнувших остров, может и здесь вызвать волнение, опасное для судна, которое попыталось бы укрыться в этом районе.

Иногда особенности строения дна на мелководье могут оказаться такими, что прибрежная отмель будет действовать как линза, концентрируя волны на узком участке берега. Для береговых сооружений такое концентрирование волн может иметь самые печальные, а главное, непредвиденные последствия. Если к берегу приходит даже невысокая зыбь по направлению, близкому воображаемой оси отмельной линзы, то примерно на продолжении этой оси могут возникнуть чрезвычайно высокие и разрушительные волны. Между тем уже буквально по соседству, в каких-нибудь десятках метров, к берегу будут приходить лишь низкие волны.[12, 15]

Вопросы беседы:

1. Как можно защитить берега от размыва?
2. Какие сложности возникают при защите берегов?
3. Могут ли волны «зайти» за остров?

2.2.5. Тема 5. ВОЛНЫ НА ПЕСКЕ

Здесь жизнь была. Смеялось море
В ответ на ласку ветерка.
А ныне лишь морщины горя
На лике донного песка.

В. Розанов

Данная тема состоит из 6 занятий и предшествует заключительной конференции. Занятия построены таким образом, чтобы учащимся смогли сопоставить ранее изученное с новой темой. Рекомендуется давать отсылки к прошлым темам посредством вопросов по ходу занятия.

Учитывая активность и уровень подготовки учащихся, некоторые занятия можно проводить как семинарские.

Отличие волн на песке от волн на воде.

Краткое содержание материала

Посмотрите на фотографию (рис. 54). Она очень напоминает мелкую рябь на воде. Но это волны не на воде. Это песчаные волны.

Зададим вопрос: в чем же главное отличие волн на песке от волн на воде?

Первый ответ будет наверняка тривиальным: одни волны состоят из песка, а другие – из воды. Ну и что из этого следует? Мы знаем, что песок при определенных условиях может течь почти как вода. Тогда скажем так: песок состоит из отдельных частиц, а вода сплошная.

Опять же что из этого следует? Вода, если вдуматься, тоже не сплошная, а состоит из отдельных частичек – молекул и даже более крупных агрегатов, образованных тысячами молекул. Правильно, но ведь силы сцепления между молекулами воды намного больше сил сцепления между песчинками? Так, это уже ближе к истине. Остается сделать последний шаг: тот эстафетный механизм, благодаря которому передается энергия в волне на воде, между частицами песка из-за малого сцепления между ними не действует. Правда, мы дальше увидим, что некая эстафета передачи движения от одних частиц песка к другим все же существует, но она не имеет ничего общего с той, что действует в воде.

А раз так, то передачи энергии в песчаных волнах не происходит. Они несамостоятельные волны и не могут сами поддерживать свое движение, распространяться независимо от того, продолжает или прекратил свое действие их источник. В отличие от «активных» волн на воде волны на песке «пассивны», возникают и движутся, пока действует образующий их источник – движение воздуха или воды. Но зато они способны на то, что не могут сделать волны на воде: замереть, запечатлеть себя на сколь угодно долгий срок, когда прекращает действовать породившая их причина.



Рисунок 11 Песчаные волны

В этом и состоит главное отличие волн на воде от волн на песке или на снегу. Сколь бы ни были внешне похожи формы волн на песке и на воде, все же песчаные волны – не столько отражение свойств среды, сколько «след» влияния внешних факторов: движения воздуха или течения воды над песчаной поверхностью.[6, 15]

Вопросы беседы:

1. В чем состоит главное отличие волн на песке от волн на воде?
2. Случалось ли вам наблюдать волны на песке? Какими они были?

3. Каковы причины возникновения волн на песке на суше? Под водой?

Возникновение волн на песке. Передача энергии при образовании песчаных волн

Краткое содержание материала

Может быть волны на песке образуются в результате того, что сам воздух или вода над песком совершают волновое движение? Действительно, это одна причина появления песчаных волн. Но не единственная и не главная. Песчаные волны могут возникать и тогда, когда движение воздуха или воды вовсе не является волновым, а представляет собой поступательное течение. Может быть, эти течения так «выглаживают» поверхности песка, что она приобретает волнистый характер, то есть в одном месте вдавливают, а в другом вспучивают ее?

Нет, это невозможно. Хотя между песчинками и не действуют молекулярные силы сцепления, все же они связаны друг с другом силами, возникающими при их соприкосновении. Песчинки в общем имеют неправильную форму и цепляются друг за друга своими выступами. Это создает довольно значительную силу трения между ними: из песка можно построить довольно крутые горки с углом откоса, достигающим у сухого песка до 30° . (Для сравнения: из песка, пропитанного водой, можно сделать и отвесные и даже «обратно наклонные» горки с углами откоса за 90° . Вот где работает куда более сильное молекулярное сцепление в пленке воды, обволакивающей песчинки!) Песок весьма вязкая, если можно так сказать, среда.

Но эту вязкость можно легко снизить почти до нуля: достаточно поднять песчинки хотя бы на короткое время в воздух или взмутить воду. Тогда песок и начинает течь. Таким способом его перемещают с помощью транспортеров с вибрирующей лентой. Разумеется, при этом понятие среды приобретает несколько неопределенный характер: взвесь песка в воздухе, особенно если насыщенность его песчинками высокая, – это и не песок и не

воздух. В равной мере то же относится к взвеси песка в воде, которая имеет специальное название «пульпа».

Все изменения формы песчаной поверхности, вызываемые воздухом или водой, возникают только при отрыве песчинок от этой поверхности и переносе их в другие места. Но если в воздухе или воде нет волн, то каким же образом равномерный на первый взгляд перенос песчинок может привести к возникновению песчаных волн?

На этот наиболее трудный вопрос мы и попытаемся ответить сначала. Начнем с потока воздуха над песком.

Помните, когда речь шла о ветровых волнах на воде, мы касались вопроса, как вообще горизонтальное течение воздуха может вызвать «зародыши» волн? Ответ был такой: даже самое спокойное на первый взгляд течение воздуха является неоднородным, турбулентным, в нем образуются вихри различных масштабов. Причем эти масштабы тем крупнее, чем больше скорость течения воздуха. Скорость ветра над поверхностью воды, даже если поверхность абсолютно гладкая, не одна и та же на разных высотах: у поверхности воздух тормозится в результате трения о воду, по мере удаления от поверхности трение ослабевает и скорость ветра растет.

Самые маленькие вихри в воздушном потоке образуются возле поверхности, а чем дальше от нее, тем вихри крупнее. Но что такое эти вихри? По существу это пульсации давления воздуха.

Пульсации давления в турбулентном потоке воздуха могут морщить воду. Но они не могут морщить поверхность песка, вдавливать или вспучивать ее, поскольку силы сцепления лежащих песчинок велики. Действительно, пока скорость ветра очень мала, он не может преодолеть силу трения покоя между песчинками.

Но вот скорость ветра возросла. Что произойдет? Песчинки тронутся в путь. Песок состоит из частиц самых разных размеров, обычно от миллиметра и меньше. Первыми, естественно, начнут двигаться самые мелкие частицы: сначала короткими перебежками, перекатываниями по

поверхности, небольшими подлетами вверх. Эти движения вызваны пока еще лобовым давлением ветра на наветренную поверхность песчинок. Увеличим еще немного скорость ветра. Теперь мелкие частицы уже начинают взлетать в воздух, а крупные все еще переползают по поверхности.

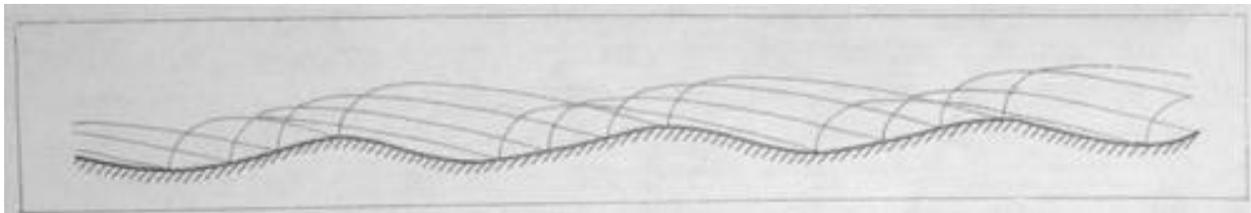


Рисунок 12 Траектории поднятых ветром частиц песка

Присмотримся внимательнее к тому, что творится с мелкими частицами (рис. 12). Когда они находятся в воздухе, они движутся под действием двух сил — горизонтально направленной силы от ветра и вертикально направленной силы тяжести, наподобие маленьких горизонтально запущенных с горки снарядов. Ясно, что, пролетев некоторое расстояние, они снова упадут на поверхность песка. Самое важное состоит в том, что в воздухе они испытывают турбулентные пульсации силы ветра. Поэтому одни частицы полетят быстрее, другие — медленнее. И еще вот что важно: воздушные вихри следуют друг за другом довольно регулярно. И благодаря этому в потоке песчинок, несомых ветром, тоже устанавливается некая регулярность — закономерное чередование областей с высокой и низкой концентрацией частиц в воздухе. Естественно, что такая периодичность сохранится и в распределении концентрации песчинок в месте их падения.

Но на этом дело не кончается. Упавшая частица сохраняет запас набранной от ветра кинетической энергии и передает ее тем частицам, с которыми она столкнулась, упав на поверхность. Она подбрасывает в воздух другую частицу, та, упав, бьет в свою очередь третью и так далее.

Вот как выглядит эстафета передачи энергии при образовании песчаных волн! [6, 15]

Вопросы беседы:

1. Как образуются волны на песке?
2. Как вязкость песка влияет на образование волн?
3. Как осуществляется передача энергии при образовании песчаных волн?

Песчаная рябь

Краткое содержание материала

Постепенно накапливаясь в местах наибольшей концентрации упавших частиц, песчинки создают низенькие барьерчики. Около них начинают сосредотачиваться переползающие по поверхности крупные песчинки. Регулярность вихрей в воздушном потоке у поверхности песка начинает обрастать «плотью» – превращается в периодичность песчаных валиков.

Как только образовались «зародыши» волнообразного рельефа, начинается рост их в высоту. Это происходит благодаря тому, что выбитые с поверхности «вторичные», «третичные» и т. д. мелкие песчинки планируют в воздухе в среднем на такие расстояния, которые примерно совпадают с длиной возникающих волн песчаной ряби.



Рисунок 13 Характерная форма гребней песчаной ряби

Но вот рябь выросла до заметных размеров. Теперь уже она сама начинает вносить турбулентность в поток проносящегося над ней воздуха. На подветренной стороне гребней ряби, в зоне тени, образуется присоединенный вихрь – круговое движение воздуха, которое у поверхности песка направлено против течения воздуха. Оно подгоняет песок из ложбины к гребню, делая его более четко оформленным, а главное подпертым, устойчивым. Так горб песчаной волны приобретает характерную несимметричную форму зуба пилы (рис. 13).

В пользу такого механизма образования песчаной ряби говорит один интересный эксперимент. С помощью сита или каким-либо другим способом расклассифицируем частицы песка на отдельные фракции (чтобы каждая фракция состояла из песчинок примерно одинакового размера). Внесем какую-либо фракцию в аэродинамическую трубу и создадим в ней поток воздуха с такой скоростью, при которой возникает рябь на «естественном» песке. Эта скорость обычно составляет 4-5 м/с. Что будет происходить? Песчинки придут в движение: будут отрываться от поверхности, падать, выбивать со своих мест другие – словом, все будет так, как на природе. Только вот песчаной ряби не будет!

Окрасим теперь частицы каждой фракции в разные цвета в таком, к примеру, порядке: самые крупные – синим, помельче – зеленым, самые мелкие – красным. Тщательно смешаем снова все фракции, высыпем слоем на дно аэродинамической трубы и включим воздухоподогреватель – скорость воздушного потока должна быть такой же, как и в первой части эксперимента. Сквозь прозрачные стенки трубы мы увидим, как только что «гладкая» поверхность песчаного слоя станет покрываться рябью. А если теперь выключить воздухоподогреватель, то механизм образования ряби предстанет перед нами во всей своей красочной наглядности: гребни волн ряби стали синими; откосы с подветренной стороны – красными; наветренный склон гребня снизу вверх постепенно желтеет, становится зеленым и, наконец, переходит опять в синий. О чем это говорит? О том, что гребни образованы крупными частицами песка, а ложбины выложены мелкими.

Вот почему не получилась рябь на песчинках примерно одинакового размера. Для ее возникновения нужны как минимум две фракции песчинок: мелкие делают «канву» рисунка, на которую крупные наносят стойкий «узор». После этого роль мелких частиц в значительной мере исчерпана, и ветер постепенно сдувает их с гребней в ложбины, а потом на подошвы наветренных склонов песчаных волн.

Такую гипотезу возникновения ряби на песке, выдвинул советский ученый М. А. Великанов в 1955 году, и сегодня ее приняло большинство исследователей. Волны песчаной ряби можно характеризовать теми же геометрическими величинами, что и волны на воде – длиной волны, высотой и крутизной. Разумеется, песок не вода, и на разных территориях имеет разное распределение песчинок по размерам. От этого распределения конечно, зависит и то, как изменяются длина и высота волн при разных скоростях ветра. На одних песках длина волны с ростом скорости ветра увеличивается быстрее, на других медленнее. Она имеет для ряби порядок величины примерно 15 см и даже более при скоростях от 4 до 9 м/с, высота волн может достигать 8 см (по данным для песков туркменских пустынь).

Можно ввести и аналог фазовой скорости перемещения волн на воде (о групповой скорости и говорить не приходится – в песчаных волнах нет переноса энергии), понимая ее здесь как скорость перемещения формы ряби под действием ветра. (Разумеется, эта аналогия очень условна, так как здесь с фазой в отличие от волны на воде переносится и вещество – сам песок.) Эта скорость довольно мала, но растет со скоростью ветра. Например, туркменские пески движутся со скоростью около 20 см/ч, если скорость ветра 5 м/с; но если скорость ветра достигает 12 м/с, то скорость песка увеличивается втрое!

При любых ли скоростях ветра сохраняется рябь? Нет, сильный ветер рябь уничтожает. Он взметает в воздух все частицы песка на поверхности: и мелкие и крупные. Мелкие валики песчаной ряби раздуваются, верхний слой песка как бы вспухает и теряет правильные очертания. Такое происходит во время песчаных бурь, когда скорость ветра превышает примерно 16 м/с. [9], [6, 15]

Вопросы беседы:

1. Каков механизм образования характерной формы ряби?
2. С какой целью проводился эксперимент с окрашенными песчинками?
3. Каков результат данного эксперимента?

4. Возможна ли рябь на однородном песке (когда песчинки одинакового размера)?
5. Почему существование ряби невозможно при сильном ветре?

Песчаные волны. Песчаные барханы

Краткое содержание материала

Если скорость ветра меньше 16 м/с, но все же существенно превышает скорость, при которой возникает песчаная рябь, то появляются настоящие песчаные волны – крупные формы рельефа. Раньше думали» что для образования таких волн нужны пологие неровности почвы» замаскированные песком» а потом выяснилось» что они могут возникать и на совершенно ровном месте» лишь бы слой песка имел достаточную толщину» чтобы дать вдоволь материала для их образования.

Песчаные волны образуются примерно по той же схеме, что и рябь. Но теперь мелкие частицы, оторвавшись от поверхности, попадают в высокие слои воздушного течения, где турбулентные пульсации скорости потока гораздо крупнее. С поверхности отрываются и более крупные частицы. Упав на песок из потока, они образуют на нем полосы шириной в 1-2 м, сложенные главным образом из крупных частиц. Никакой ряби на них практически нет, поскольку ветер имеет скорость 18-1в м/с. Такие ветры в пустынях дуют примерно 1% всего времени, так что полосы развиться в крупные волны, конечно, не могут. Периодичность полос соответствует периодичности крупномасштабных пульсаций скорости ветра и может достигать даже 100-200 м. Песчаные полосы – это зачатки крупных волн, наподобие того как мелкие валики были зачатками волн песчаной ряби.

Полосы становятся своеобразными рубежами для частиц» переносимых более медленными ветрами, имеющими скорость примерно от 8 до 12 м/с и дующими примерно 10-12% полного времени. Высота полос составляет 20-25 см, то есть наветренный их склон при ширине полосы, скажем, 2 м образует с горизонтальной поверхностью значительный угол. Неизбежно с подветренной стороны полосы появляется присоединенный

вихрь; для его появления, как мы говорили, достаточно, чтобы угол превышал всего лишь 6° .

Полоса начинает расти вверх сразу с двух сторон: с подветренной стороны песок к гребню сгоняет вихрь, с наветренной – медленно ползущие по склону вверх волны ряби, которые доходят до гребня и ссыпаются по крутому откосу в ложбину (рис. 14). Сам гребень образует уже достаточную тень, из ее зоны песок не выносятся, а с помощью присоединенного вихря идет на укрепление гребня. Вместе с тем рост крутизны гребня замедляет подъем волн ряби, и они возле гребня, совсем как волны на мелководье» сближаются.

Полоса начинает расти вверх сразу с двух сторон: с подветренной стороны песок к гребню сгоняет вихрь, с наветренной – медленно ползущие по склону вверх волны ряби, которые доходят до гребня и ссыпаются по крутому откосу в ложбину (рис. 14). Сам гребень образует уже достаточную тень, из ее зоны песок не выносятся, а с помощью присоединенного вихря идет на укрепление гребня. Вместе с тем рост крутизны гребня замедляет подъем волн ряби, и они возле гребня, совсем как волны на мелководье» сближаются.

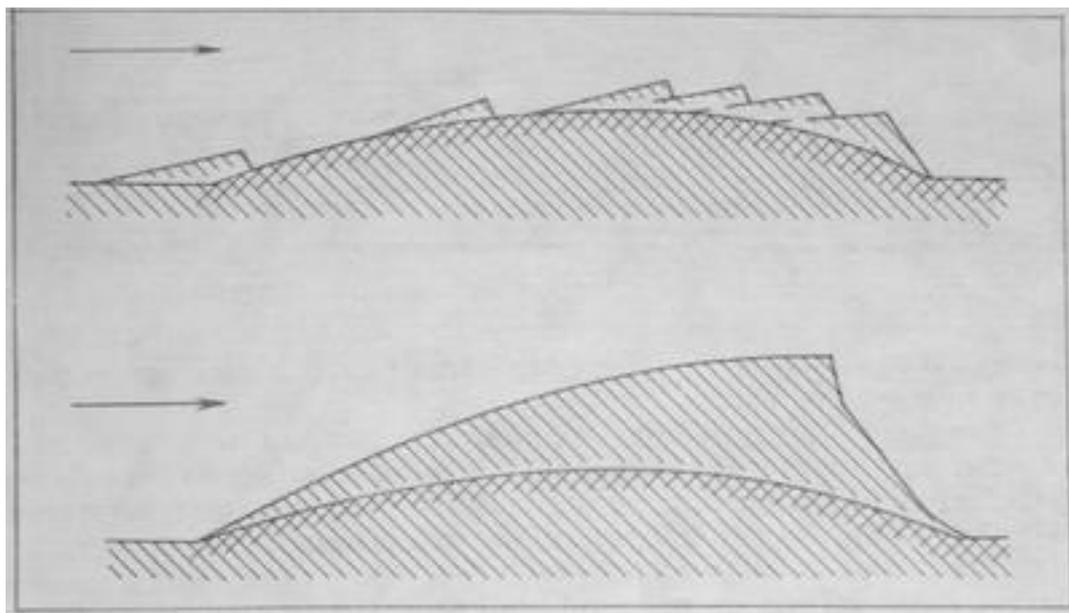


Рисунок 14 Динамика развития гребня песчаной волны

Рост песчаных волн в высоту идет» когда дует ветер со скоростью 4-8 м/с, а на такой ветер падает 86-90% всего времени. Если ветер слаб, то песок не может взобраться на наветренный склон и остается у его подножия. В целом пологий склон гребня может иметь сложную форму и сложное распределение частиц песка по крупности. Здесь все зависит от того, какие ветры работали над песчинками.

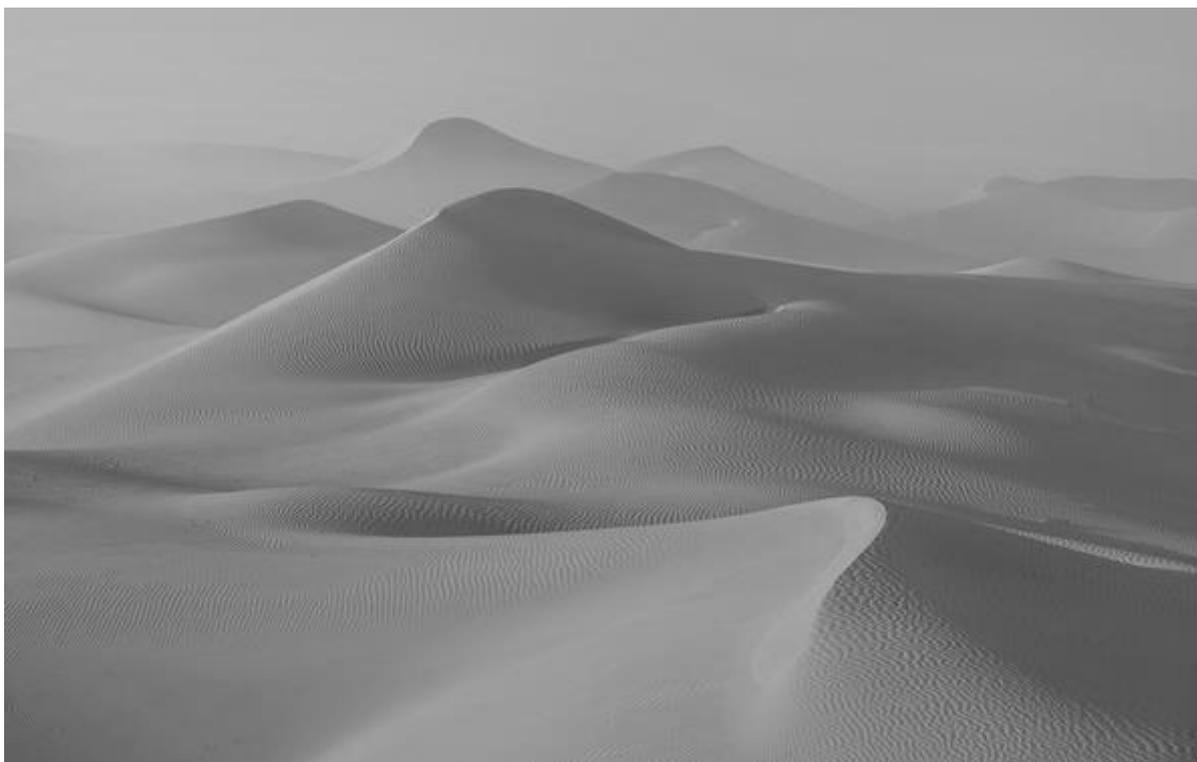


Рисунок 15 Песчаные барханы

Так растет бархан. Чем он длиннее и выше, чем больше песка в нем, тем он устойчивее. В отличие от эфемерной песчаной ряби барханы живут многие годы. Ветер уже не может разрушить бархан, но он может изменить его первоначальную форму.

Полосы ряби тянутся строго перпендикулярно направлению ветра, который создал их, и обычно имеют длинные фронты, почти смыкающиеся друг с другом. Это означает, что строение фронта в приземном потоке ветра довольно однородное, отдельные струи воздуха по фронту ветра почти не опережают друг друга. Сама поверхность песка как бы упорядочивает ветер.

Песчаные волны образуются более высокими участками фронта ветра, где такой сплошности струй воздуха обычно нет, поэтому барханы

возникают разрывной цепочкой. За долгую их жизнь дуют ветры разных направлений, но, конечно, для данной местности есть господствующее направление ветра. Обтекая барханы, ветры постепенно разворачивают их в господствующем направлении, снося частицы песка по их бокам, и придают наветренным склонам (в плане) округлую форму.

Мало того, ветер использует малейшие неровности, углубления на гребне бархана, выдувая из них песок сначала в ложбину, а затем «прорывает» в самой ложбине отлогий канал. И вот уже бархан принял своеобразную полулунную форму рогалика. Фотография такого бархана приведена на рис. 15. Барханы отличаются от волн ряби еще и тем, что их гребни сложены из мелких частиц, а крупные песчинки покоятся на дне бархана.[15, 28]

Вопросы беседы:

1. Каково условие возникновения песчаных волн?
2. На каком этапе возникают песчаные полосы?
3. Что собой представляет бархан?
4. Чем бархан отличается от волн ряби?
5. Почему ветер не смещает, а только придает форму бархану?

Рябь на снегу

Краткое содержание материала

Песок – не единственное сыпучее вещество» известное человеку в природе. Не менее известен ему и снег. Правда» в отличие от песка снег – довольно неустойчивое состояние вещества. Он может растаять» может превратиться в лед» наконец» на снегу при его расплавлении и последующем замерзании может образоваться ледяная корка. Форма снежинок разнообразна – от красивых шестиугольных кристалликов, лучи которых напоминают ветвистые стволы деревьев, до круглых гранул, похожих на песчинки. Когда снежинки имеют форму гранул, ветер образует из них волны, аналогичные песчаным. Фотографии снежной ряби приведены на рис. 16.

Между ними видна отчетливая разница. В одном случае это снежная рябь с длинными фронтами, очень похожая на ту, что приводилась на фотографии рис. 11; в другом – снежная рябь внешне близка тем песчаным волнам, которые довольно редко образуются ветром, но зато вполне обычны на подводном песке (о них разговор впереди). Второй вид снежной ряби поражает удивительно правильным «шахматным» расположением гребней и впадин узких волночек с изогнутыми коротенькими фронтами. Иными словами, в таких волнах, кроме продольной периодичности, то есть регулярного расположения их вдоль потока воздуха (или воды), наблюдается еще и поперечная периодичность.

Происхождение поперечной периодичности связано с тем фактом (он был открыт в конце прошлого века норвежским ученым Бьеркнесом), что любые два тела, увлекаемые потоком жидкости или газа, могут взаимодействовать друг с другом. Конечно, такое взаимодействие возникает как результат сложной картины сил в потоке, который несет и обтекает тела. Оно имеет чаще притягивающий характер.

Обычно силы взаимодействия довольно малы, но иногда могут стать и значительными. Простейшим примером действия таких сил может служить притяжение двух кораблей, следующих в одну сторону параллельными курсами. Движение кораблей передается воде, и если корабли идут близко друг к другу, то в него вовлекается весь разделяющий корабли слой жидкости. Давление в нем по закону Бернулли становится меньше, чем в воде по наружным бортам кораблей, и возникает сила, стремящаяся сблизить оба корабля. Если не принять специальных мер, то корабли могут даже столкнуться, демонстрируя тем самым, по шутливому замечанию одного моряка, что параллельные линии сходятся вовсе не в бесконечности.

Пока снежинки лежат на поверхности снега и их обтекает ветер, сила трения между ними, конечно, намного больше, чем сила притяжения, действующая на них со стороны воздушного потока. Но когда они поднимаются в воздух, возникает очень сложное взаимодействие между

ними и потоком. На рис. 15 мы могли видеть, что в начале полета скорость частиц возрастает гораздо быстрее, чем спадает к концу полета, возникает своеобразная инерция частиц, на действие ветра. В результате (доказать это можно математически) оказывается «выгодным» такое положение, чтобы место наибольшей концентрации частиц в одной струйке воздуха приходилось примерно на место наименьшей концентрации частиц в другой струйке, то есть чтобы сгустки частиц в соседних струйках летели с определенным сдвигом по фазе относительно друг друга. Сдвиг по фазе сохраняется и при оседании частиц на поверхность, так что гребень одной волночки приходится иногда почти точно на ложбину другой. Такое примерное объяснение имеет поперечная периодичность («шахматная» структура) снежной ряби.

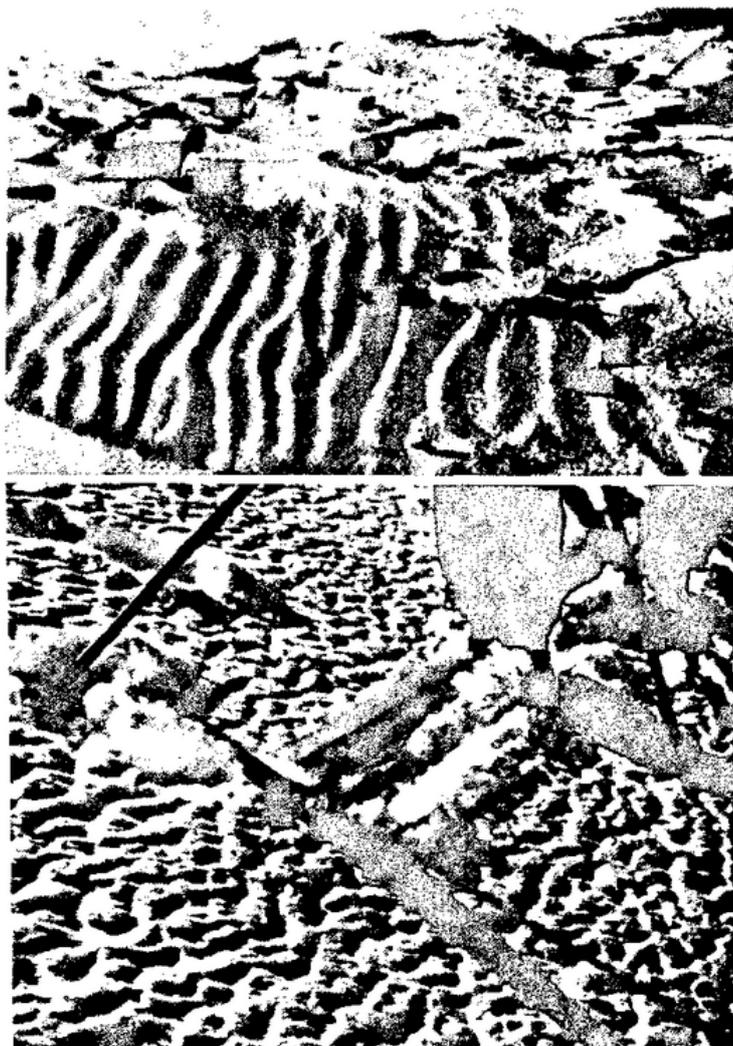


Рисунок 16 Волновая рябь: а - на старом и б - на свежесыпавшем снегу

Остается лишь добавить, что силы, ответственные за возникновение поперечной периодичности, намного меньше сил, создающих основную, фронтальную рябь. Поэтому «шахматная» структура образуется очень медленно, под влиянием длительного» устойчивого ветра, дующего в одном направлении. Такое же происхождение приписывается и поперечной периодичности подводной песчаной ряби (русловых рифелей, рис.), с той лишь разницей, что тут место ветра занимает придонное течение воды.[6, 15]

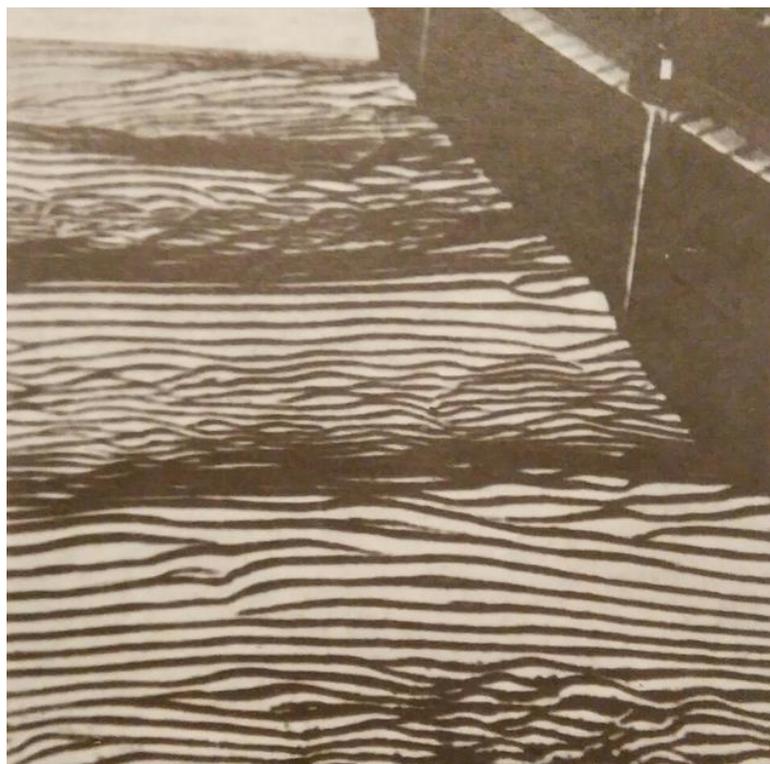


Рисунок 17 Русловые рифели

Вопросы беседы:

1. Почему снежная рябь на свежем снегу, отличается от снежной ряби на старом?
2. Объясните «шахматную» структуру снежной ряби.

Песчаная рябь и песчаные волны у берегов

Краткое содержание материала

Посмотрите на рис. 18: фотография сделана, когда море при отливе далеко отступило от берега. Длина «волны» у такой ряби составляет около 5 см, и она не пассивное отражение ряби на воде, а результат очень активного взаимодействия водяных волн с песком. Это тоже рифели. Еще лучше

взаимоотношение «длин волн» рифелей и водяных волн видно на рис. 19, где «белая» весьма синусоидальная волна в лотке создала очень правильный ряд «черных» рифелей на дне лотка. Видно, что на одной водяной волне укладываются добрых три десятка рифелей.

Очень детальные исследования возникновения рифелей были проведены советским ученым Б. А. Шуляком. В частности, он выяснил зависимость длины волны и высоты рифелей от периода водяных волн, скорости движения частиц в них (зависящей, в свою очередь, от длины водяных волн и глубины водоема), крупности частиц песка и ряда других факторов. Не вдаваясь в детали этих исследований, рассмотрим главное отличие рифелей, созданных волнами, от тех, что возникают вследствие придонного течения.

На первый взгляд волновые рифели вообще не должны существовать. Направления движения частиц воды под горбом волны противоположны тем, что совершают частицы воды под впадиной. Все, что создано волной за первую половину периода, должно, казалось бы, полностью стираться за вторую половину. Естественно, что когда мы рассматриваем безволновой поток, в котором частицы воды не совершают колебаний, этот вопрос не возникает. Ответ на него, однако, сравнительно прост. Первый горб волны, встречаясь с достаточно гладкой поверхностью, на которой, впрочем, есть мелкие одиночные неровности – зародыш будущих рифелей, успевает слегка деформировать эту поверхность. Лобовое давление воды сдвигает песчинки к препятствию – барьерчику, и часть частиц остается около него. Первая впадина встречает уже не совсем гладкую поверхность. Конечно, она частично размывает то, что было создано движением воды под горбом, но именно лишь частично, ибо остается гораздо больше.



Рисунок 18 Волновые рифели на морском дне в час отлива

Следующие волны раз за разом укрупняют это неровность, и вот появляются уже присоединенные вихри. Теперь передний по отношению к ходу волны склон рифеля нарастает за счет песчинок, приносимых поступательным движением воды, а задний – за счет песчинок, поставляемых вихрем. Но передний и задний склоны каждые полпериода меняются местами, и в результате гребень рифеля становится очень симметричным. Этого, конечно, не наблюдается на безволновом рифеле (см., например, рис. 17).

Понятно, что чем больше период волны, тем на большее расстояние поток успевает перенести песчинки и тем большее число их может быть поднято в воду. Поэтому и длина волны, и высота рифелей должны возрастать с ростом периода водяной волны. Это действительно наблюдается на опыте. Вместе с тем чем больше энергия волны, то есть ее высота, и чем

ближе дно к поверхности воды, тем больше скорость движения частиц в придонном слое воды.

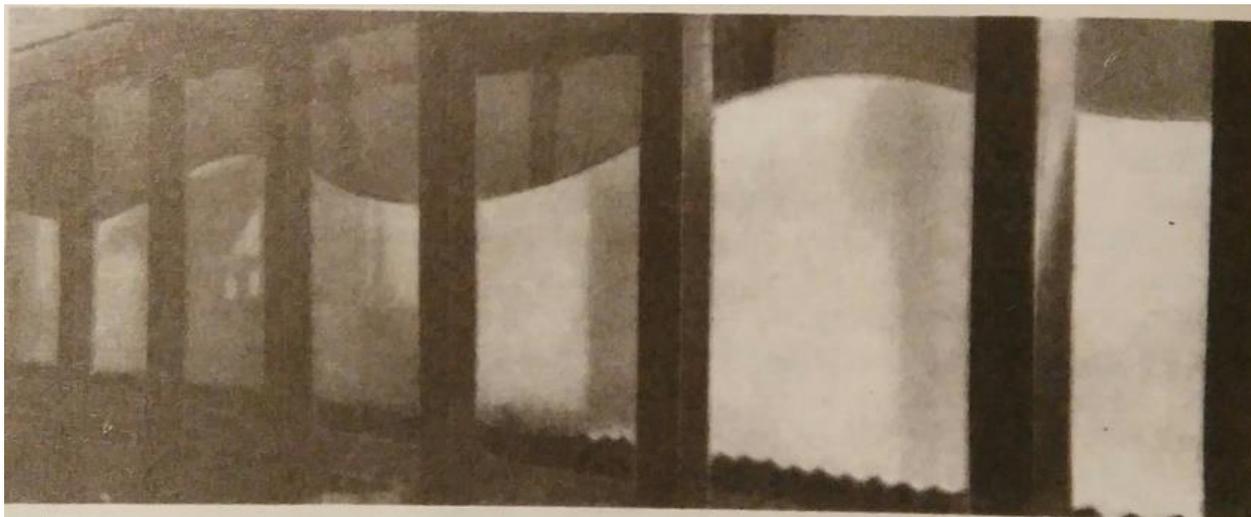


Рисунок 19 Рифели, созданные синусоидальной "водяной" волной

Эта скорость пульсирует, каждые полпериода меняя свое направление. Пока она мала, песчинки не поднимаются в воду. Кстати, в воде частицы кварцевого песка весят на одну треть меньше, чем в воздухе, поскольку их плотность около 3 г/см^3 . Поэтому они легче отрываются от дна в воде, чем в воздухе, и дальше «планируют» в потоке. Затем скорость нарастает, частицы отрываются от дна и переносятся на расстояние тем большее, чем больше скорость воды в среднем. Поэтому длина волны рифелей растет с увеличением высоты водяных волн и приближением дна к поверхности.

Растет и высота рифелей, но до определенного предела. Если скорость воды становится очень большой, с рифелями происходит то же, что с песчаной ветровой рябью во время сильного ветра, – они исчезают. Интенсивное движение воды у дна заставляет вспухать весь поверхностный слой песка, песчинкам уже невозможно закрепиться. Прямое и обратное движения воды у дна полностью уничтожают работу друг друга.. Именно поэтому, а вовсе не из-за нерегулярности штормовых волн, рифели, в условиях высоких волн, на мелководье исчезают.

При определенных условиях могут образовываться уже не рифели, а крупные песчаные волны, аналогичные песчаным волнам, о которых мы

говорили несколько раньше, разбирая вопрос о взаимодействии сыпучих песков и ветра. Причиной их образования некоторые исследователи считают стоячие водяные волны, которые образуются на очень отмелых берегах в результате интерференции волн на поверхности и в донном противотечении. Такие песчаные волны в отличие от рифелей очень пологи – длина их волны может достигать до нескольких десятков метров, а высота – до полуметра.[6, 15, 37]

Вопросы беседы:

1. Что такое рифель?
2. Как возникает рифель?
3. Почему рифель не может расти в высоту до бесконечности?

Консультация по подготовке к итоговой конференции

Учащиеся готовят презентацию по любой понравившейся теме курса. На первой консультации даются рекомендации по ходу подготовки презентации, оказывается помощь в отборе материала для выступления. На второй консультации проверяется готовность учащихся к конференции.

Конференция

Учащиеся представляют свои презентации и участвуют в обсуждении представленных работ. В конце конференции подводятся итоги изучения элективного курса.

2.3. Организация и проведение педагогического эксперимента по теме исследования.

С целью актуализации исследования и выявления уровня знаний по разделу «Механические колебания и волны» было проведено анкетирование на базе МБОУ СШ № 27 г. Красноярска. В анкетировании приняли участие учащиеся 11 классов в количестве более 20 человек.

Анкета состояла из следующих вопросов: 1) Понятие колебательного движения; 2) Отличительные особенности, внешние признаки волн; 3) Условие возникновения волн; 4) Физические величины, характеризующие

колебательные движения; 5) Математические модели волн; 6) Что такое волна; 7) Виды волн, их характеристики; 8) Перечислите явления, происходящие в потоках; вредные, полезные явления; 9) Причины возникновения природных волновых движений; 10) Где применяются механические волны.

Результаты анализа анкетирования представлены на гистограмме (рис. 20). По оси абсцисс указаны вопросы анкеты, по оси ординат – количество учащихся, участвующих в анкетировании.

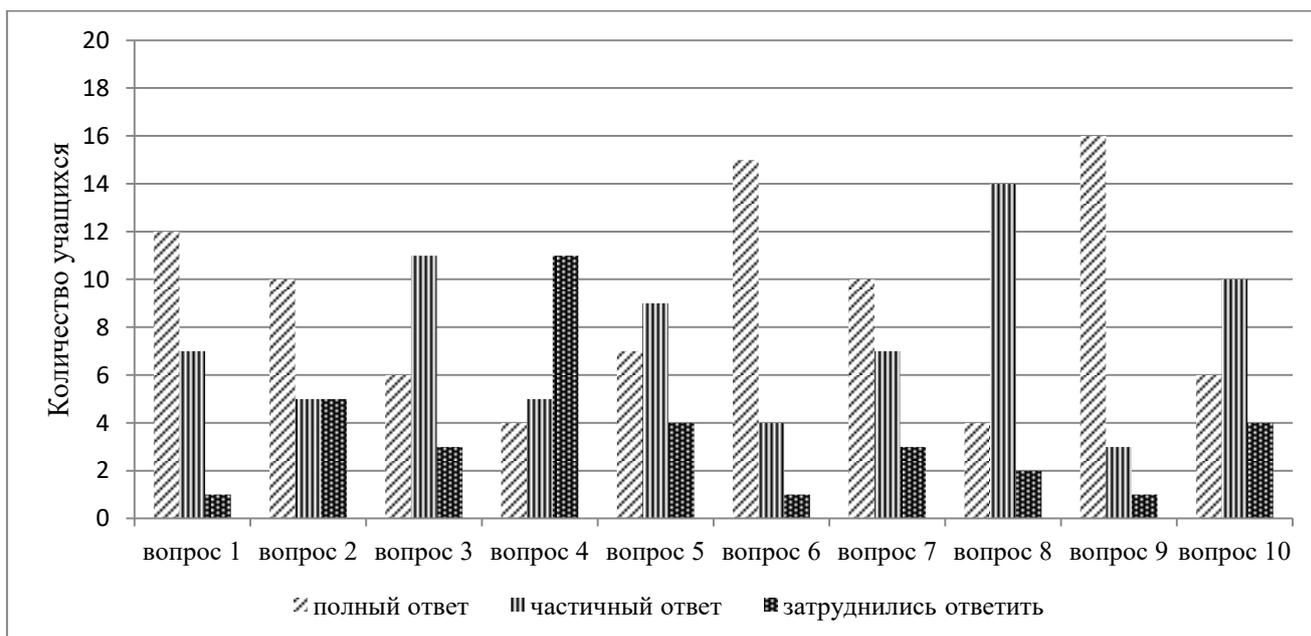


Рисунок 20 Результаты анкетирования

В анкете все вопросы открытого типа оценивались по содержанию ответа: полный или достаточно полный; частичный (если написано половина от предполагаемого ответа); отсутствие ответа. Общий анализ результатов анкетирования позволил сделать следующие выводы: большинство учащихся испытывали затруднения при ответе на следующие вопросы: практически все учащиеся не смогли вспомнить применение данного раздела в быту и технике.

Заключение

В рамках данной выпускной квалификационной работы был проведен анализ Федеральных Государственных стандартов школьного физического образования. Обозначены требования к уровню подготовки выпускников. Рассмотрены методические требования к разработке элективных курсов по физике. Также были обозначены цели элективного курса, гарантированные результаты введения курса, ресурсы для реализации курса и требования к подготовке учащихся, что позволило предложить систему оценивания их учебной деятельности.

Во второй главе были рассмотрены организационно-педагогические условия разработки и внедрения элективных курсов в процессе обучения физике. Было составлено содержание программы, тематическое планирование и краткое содержание для каждой темы курса «Волны вокруг нас».

Цель исследования была выполнена – разработан предпрофильный элективный курс «Волны вокруг нас», который можно использовать в практике обучения учащихся физике. Составлены методические рекомендации для учителей физики по проведению элективных курсов в основной школе.

Все поставленные задачи были выполнены, проведен педагогический эксперимент по проверке знаний по разделу «Механические колебания и волны» с целью доказательства актуальности разработанного нами элективного курса.

Данный элективный курс планируется апробировать в основной школе для доказательства сформулированной нами гипотезы.

Список использованных источников

1. Федеральный закон от 29 декабря 2012 г. N 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации». Принят Государственной Думой 21 декабря 2012 года. Одобрен Советом Федерации 26 декабря 2012 года
2. Приказ Минобрнауки РФ от 17.12.2010 №1897 (в ред. от 31.12.2015) “Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта основного общего образования”
3. “Примерная основная образовательная программа основного общего образования” одобрена решением федерального учебно-методического объединения по общему образованию (протокол от 8 апреля 2015 г. № 1/15)
4. Приказ Минобрнауки РФ от 17.05.2012 №413 (в ред. от 31.12.2015) “Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта среднего (полного) общего образования”
5. “Примерная основная образовательная программа среднего общего образования” одобрена решением федерального учебно-методического объединения по общему образованию (протокол от 28 июня 2016 г. № 2/16-з)
6. Белостоцкий И. И. Наблюдения над знаками ряби / И. И. Белостоцкий // Известия ВГО. – Т. 72. – 1940. – № 2. – С. 225-238.
7. Бернштейн Л.Б., Силаков В.Н., Гельфер С.Л. и др. Приливные электростанции. Кн. 2. М.: АО «Институт Гидропроект», 1994. 262 с.
8. Бычков В.С. Морские нерегулярные волны / В.С. Бычков, С.С. Стрекалов. – М.: Наука, 1971. – 132 с.
9. Великанов М. А. Гидрология суши / М. А. Великанов. – Л.: Гидрометеиздат, 1981. – 310 с.
10. Воробьев Ю.Л. Цунами: предупреждение и защита / Ю.Л. Воробьев, В.А. Акимов, Ю.И. Соколов. – М.: Вектор ТиС. – 2006. – 272.

11. Галюжин С. Д. Энергетическая проблема XXI века / С.Д. Галюжин, Д.С. Галюжин, О.М. Лобикова // Вестник Белорусско-Российского университета. – 2007. – № 4. – С. 152-161.
12. Гарвей Дж. Атмосфера и океан: Наша жидкая окружающая среда / Дж. Гарвей; пер. с англ. А.Ю. Краснопевцева, А.Е. Сузюмова. – М.: Прогресс, 1982. – 184 с.: ил.
13. Гайсина Г.А. Энергия водных источников / Г.А. Гайсина, Ю.Ф. Аюпова // Наука и инновации в XXI веке: актуальные вопросы, открытия и достижения. – 2018. – С. 26-27.
14. Егорова А. М. Профильное обучение и элективные курсы в средней школе / Теория и практика образования в современном мире: материалы Междунар. науч. конф. (г. Санкт-Петербург, февраль 2012 г.). — СПб.: Реноме, 2012. — С. 173-179.
15. Кадомцев Б.Б. Волны вокруг нас / Б.Б. Кадомцев, В.И. Рыдник – М.: Знание, 1981. – 152 с.: ил.
16. Куркин А.А. Волны-убийцы: факты, теория и моделирование / А.А. Куркин, Е.Н. Пелиновский; М-во образования Рос. Федерации, Нижегород. гос. техн. ун-т. – Нижний Новгород : Нижегород. гос. техн. ун-т, 2004. – 157 с. : ил., цв. ил.; 20.
17. Лайтхилл Дж. Волны в жидкостях. Пер. с англ. – М.: Мир, 1981. – 598 с.
18. Марчук Г.И. Динамика океанских приливов / Г.И. Марчук, Б.А. Каган. – Л.: Гидрометеиздат, 1991. Кравец А.Г., Сгибнева Л.А., Цвечинский А.С. 1991. Приливы и приливные течения // Б.Х. Глуховский (ред.). Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР. Т.2. Белое море. Вып.1. Часть 2. Гидрометеорологические условия. Гидрологический режим. Л.: Гидрометеиздат. С. 146–193.
19. Маслов В.П. Некоторые разновидности речных знаков ряби и их происхождение / В.П. Маслов // Бюллетень Комиссии по изучению четвертичного периода. – 1953. – № 17. – С. 64-75.

20. Обморшев А.Н. Введение в теорию колебаний. Учеб. пособие. – М.: Наука, 1965. – 276 с.
21. Пелиновский Е.Н. Гидродинамика волн цунами. Нижний Новгород: ИПФ РАН, 1996. — 276 с.
22. Пелиновский Е.Н. “Фрики” – морские волны-убийцы / Е.Н. Пелиновский, А.В. Слюняев // Природа. – 2007. – № 3.
23. Пелиновский Е.Н. Нелинейная динамика волн цунами / Е. Н. Пелиновский. – Горький : ИПФ, 1982. – 226 с. : ил., 1 л. табл.; 21 см.
24. Пелиновский Е.Н. Накат волн цунами на берег: строгие аналитические результаты / Е. Н. Пелиновский, В. И. Голинько, Р. Х. Мазова. - Горький : ИПФ, 1989. - 39,[1] с. : ил.; 22 см.
25. Перышкин А.В. Физика 9 кл.: учебник для общеобразоват. учреждений / А.В. Перышкин, Е.М. Гутник. – 14-е изд., стереотип. – М.: Дрофа, 2009. – 300, [4] с.: ил.; 1 л. цв. вкл.
26. Поспелова Т. Г. Основы энергосбережения / Т. Г. Поспелова. – Минск : Технопринт, – 2000. – 353 с. : ил.
27. Рабинович М. И., Трубецков Д. И. Введение в теорию колебаний и волн. – НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика». – 2000. – 560 с.
28. Радиолокационные исследования проявлений эоловой транспортировки песка и пыли в пустынных районах / Иванов ВК, Матвеев АЯ, Цымбал ВН, Яцевич СЕ // Радиофизика и электроника. – 2015. – № 20(1). – С. 48-57.
29. Саликеева С.Н. Обзор методов получения альтернативной энергии / С.Н. Саликеева, Ф.Т. Галеева. // Вестник Казанского технологического университета. – 2012. – С. 57-60.
30. Ситников И.Г. гидрометеорологические опасности / И.Г. Ситников, А.Э. Похил, В.П. Тунеголовец. – М.: КРУК. – 2001.
31. Стихийные бедствия: изучение и методы борьбы / Сост. Г.Ф. Уайт; Сокр. пер. с англ. В.В. Голосова; под ред. С.Б. Лаврова, Л.Г. Никифорова; предисл. С. Б. Лаврова. – М.: Прогресс, 1978. – 440 с.: ил.

32. Стребков, Д. С. Возобновляемая энергетика: для развивающихся стран или для России / Д. С. Стребков // Энергия : экономика, техника, экология. 2002. – № 9. – С. 11–14.
33. Суздалева А.Л. Влияние приливных электростанций на техногенную трансформацию морских водных объектов / А.Л. Суздалева, С.В. Горюнова // Вестник МГПУ. – 2017. – С. 21-29.
34. Тесленко В.И., Аёшин В.В. Нанотехнологии: настоящее и будущее. Предпрофильный элективный курс: методическое пособие / В.И. Тесленко, В.В. Аёшин; Краснояр. гос. пед. ун-т им. В. П. Астафьева. – Красноярск, 2009. – 216 с.
35. Тропическая метеорология : [Сб. статей] / Под ред. Н. И. Павлова. – Л. : Гидрометеиздат, 1981. – 109 с. : ил., карт.
36. Усачев И.Н., Марфенин Н.Н. Экологическая безопасность приливных электростанций // Гидротехническое строительство. 1998. № 12. С. 19–24.
37. Чахотин П.С. Песчаные гряды и волны на шельфе приливных морей / П.С. Чахотин, В.В. Логинов, В.С. Медведев. – Академия наук СССР, 1972.