

ПРОГРАММА ВСТУПИТЕЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ

для поступающих в аспирантуру по научной специальности

2.5.17 «Теория корабля и строительная механика»

Часть 1. Теория корабля

1.1 Плаву́честь судна

1.1.1 *Основные понятия и положения.* Силы, действующие на судно. Условия плавучести и равновесия. Уравнение плавучести. Теоретический чертеж суда. Состав теоретического чертежа. Системы координат и правило знаков в статике корабля. Главные размеры и коэффициенты теоретического чертежа. Посадка судна и её параметры. Массовое, весовое и объёмное водоизмещение. Центр тяжести. Центр величины.

1.1.2 *Гидростатические кривые для расчётов плавучести.* Строевые по шпангоутам и ватерлиниям. Грузовой размер. Координаты центра величины. Абсцисса центра тяжести ватерлинии и её моменты инерции. Интегральные кривые площадей и статических моментов площадей шпангоутов. Методы вычисления и свойства основных гидростатических кривых. Масштаб Бонжана. Диаграмма Г.А.Фирсова. Кривые В.Г.Власова.

1.1.3 *Нормирование и контроль плавучести.* Запас плавучести, его назначение и рациональное использование. Правила Морского Регистра судоходства о грузовой марке.

1.2 Остойчивость и непотопляемость судна

1.2.1 *Основные понятия учения о статической остойчивости.* Определение понятия «стойчивость». Восстанавливающий момент как мера остойчивости. Выражение плеча остойчивости через координаты центра величины. Плечо остойчивости формы и плечо остойчивости веса. Равнообъёмные наклонения. Поверхность, траектория и кривая центра величины. Диаграмма статической остойчивости. Устойчивое и неустойчивое равновесие. Восстанавливающий момент и плечо статической остойчивости при равнообъёмных наклонениях. Метacentры и метacentрические радиусы. Связь между метacentрическими радиусами и координатами центра величины. Теорема Эйлера о равнообъёмных наклонениях на бесконечно малый угол. Момент клиновидных отсеков и восстанавливающий момент.

1.2.2 *Остойчивость судна при малых углах наклонения.* Изменение остойчивости при малых изменениях угла крена и дифферента. Начальная поперечная и начальная продольная метacentрические высоты. Начальные метacentры и начальные метacentрические радиусы. Метacentрические формулы остойчивости. Коэффициенты остойчивости. Практические пределы применимости метacentрических формул.

1.2.3 *Влияние перемещающихся грузов на остойчивость.* Кренящий и дифференцирующий моменты от продольного и поперечного перемещения груза и их эквивалентность моменту от смещения центра тяжести судна. Крен и дифферент судна при таком переносе груза. Влияние вертикального переноса груза на остойчивость. Расчёт статических углов крена и дифферента при произвольном переносе груза. Влияние подвешенного груза на остойчивость. Влияние жидкого груза со свободной поверхностью на статическую остойчивость. Особенности учета свойства грузов на рыболовных судах (рыба в трюме «наливом»).

1.2.4 *Основные понятия о динамической остойчивости судна.* Дифференциальное уравнение накренения судна. Упрощающие допущения о независимости кренящего момента от других видов движения судна и от времени. Допущения об отсутствии демпфирования и о равнообъёмности наклонения. Решение упрощенного уравнения в виде соотношения между кинетической энергией судна, его потенциальной энергией и работой кренящего момента. Плечо динамической остойчивости как интегральная кривая от плеча статической остойчивости и как изменение вертикального расстояния между центром тяжести и центром вели-

ны судна при крене. Диаграмма динамической остойчивости и её свойства. Понятие о допустимом и опрокидывающем моментах. Запас динамической остойчивости.

1.2.5 *Понятие о нормировании остойчивости.* Статистический и физический подход к нормированию. Понятие о расчетных ситуациях и их выборе при физическом нормировании остойчивости. Правила Морского Регистра судоходства (часть IV «Остойчивость»): национальные и альтернативные требования к остойчивости, основанные на Кодексе ИМО.

1.2.6 *Основные сведения о непотопляемости судна.* Определение непотопляемости. Общие принципы обеспечения непотопляемости. Категории затопляемых отсеков. Проницаемость отсеков. Конструктивные условия обеспечения непотопляемости. Кривая предельных длин отсеков. Способы спрямления аварийных судов. Два метода расчёта непотопляемости: метод приёма груза и метод постоянного водоизмещения (метод исключения).

1.2.7 *Нормирование и контроль непотопляемости.* Живучесть судна. Расчёт посадки и остойчивости повреждённого судна. Учёт влияния фильтрации воды в отсеки, смежные с затопленным отсеком, на посадку и остойчивость судна. Борьба за живучесть судна при аварии, связанной с затоплением отсеков. Деление судна на отсеки и нормирование непотопляемости. Вероятностный индекс деления на отсеки - фактический и требуемый.

1.3 Качка судна

1.3.1 *Основные сведения о качке судна.* Понятие о линейной колебательной системе с одной степенью свободы. Классификация сил, действующих в такой системе. Виды качки. Системы координат. Перемещения при качке. Классификация сил, действующих на судно при качке на тихой воде.

1.3.2 *Качка судна на тихой воде.* Уравнение вертикальной качки судна на тихой воде и его решение. Основные допущения. Частота и период собственных колебаний, их связь с характеристиками судна. Уравнение бортовой качки судна на тихой воде и его решение. Основные допущения. Частота и период собственных колебаний, их связь с характеристиками судна. «Капитанская формула». Уравнение килевой качки судна на тихой воде и его решение. Основные допущения. Частота и период собственных колебаний, их связь с характеристиками судна.

1.3.3 *Качка судна на регулярном волнении.* Классификация морского волнения. Модели морского волнения. Регулярное волнение. Связь между основными характеристиками регулярных гармонических волн. Упрощенные уравнения бортовой и вертикальной качки. Их решение. Основные допущения. Уточнённые уравнения бортовой и вертикальной качки в абсолютной системе координат и их решение. Уточнённые уравнения бортовой и вертикальной качки в относительной системе координат и их решение. Учет конечности размеров судна.

1.3.4 *Успокоители качки.* Общие принципы стабилизации судна. Успокоительные цистерны. Скуловые кили. Бортовые управляемые рули.

1.4 Сопротивление движению судна

1.4.1 *Основные сведения о возникновении сопротивления движению судна.* Физические причины появления сопротивления (весомость и вязкость воды). Безразмерные характеристики скоростного режима. Классификация составляющих сопротивления. Буксировочная мощность. Движители. Главный двигатель. Пропульсивный коэффициент и КПД валогребной линии.

1.4.2 *Составляющие сопротивления.* Сопротивление трения. Коэффициент сопротивления трения и его связь с числом Рейнольдса. Влияние шероховатости на сопротивление трения. Практический расчет сопротивления трения. Сопротивление формы. Изменение давлений вдоль тела в идеальной и вязкой жидкости. Хорошо и плохо обтекаемые тела. Деформация эпюры скоростей и отрыв пограничного слоя на плохо обтекаемых телах. Коэффициент сопротивления формы. Практические способы оценки и расчета сопротивления формы. Волновое сопротивление. Природа волнового сопротивления. Картина волнообразования

при движении судна. Интерференция носовой и кормовой систем поперечных волн. Свойства волнового сопротивления. Способы снижения волнового сопротивления. Дополнительные составляющие сопротивления. Сопротивление выступающих частей. Воздушное сопротивление. Влияние мелководья, стенок канала, волнения и ветра на сопротивление.

1.4.3 *Экспериментальные методы и приближенные расчетные способы определения сопротивления.* Основные положения теории подобия и размерностей в приложении к задачам ходкости. Гипотеза Фруда. Остаточное сопротивление. Пересчет результатов модельных испытаний на натуру. Понятие о масштабном эффекте, его причинах и мерах по его снижению. Расчет остаточного сопротивления по графикам серийных испытаний. Графики на основе статистического обобщения результатов несерийных испытаний. Пересчет остаточного сопротивления прототипа по методам коэффициентов влияния. Использование формул «адмиралтейского» типа и других эмпирических формул.

1.5 Судовые движители

1.5.1 *Общие сведения о движителях.* Назначение движителя. Упор. Образование упора на движителе. КПД движителя. Основные типы движителей. Идеальный движитель. Геометрия гребного винта. Шаговое и дисковое отношения, относительная толщина лопасти. Гребные винты фиксированного и регулируемого шага. Работа системы гребной винт-направляющая насадка.

1.5.2 *Характеристики гребного винта.* Кинематические и гидродинамические характеристики гребного винта. Относительная поступь гребного винта. Сила упора, момент сопротивления вращению винта и валовая мощность, потребляемая для равномерного вращения винта. К.п.д. гребного винта. Работа гребного винта на различных режимах. Кривые действия гребного винта.

1.5.3 *Взаимодействие движителя и корпуса.* Попутный поток. Засасывание. Влияние неравномерности потока на осредненные и мгновенные гидродинамические характеристики движителя. Практические способы учета попутного потока, засасывания и неравномерности потока на упор, момент и пропульсивный коэффициент. Взаимодействие движителя и корпуса при различных режимах движения судна. Эмпирические данные о характеристиках взаимодействия.

1.5.4 *Взаимодействие движителя и главного двигателя.* Винтовые характеристики на различных режимах движения судна. Понятие о гидродинамических «легких» и «тяжелых» винтах. Паспортная диаграмма пропульсивной установки. Кривая предельной тяги.

1.5.5 *Экспериментальные методы определения гидродинамических характеристик гребного винта. Серийные испытания моделей гребных винтов.* Испытания моделей гребных винтов: техника и методика. Законы подобия при изучении гребных винтов. Серийные испытания гребных винтов. Влияние геометрии гребного винта на его гидродинамические характеристики. Влияние шероховатости лопастей.

1.5.6 *Кавитация гребного винта.* Физическая сущность кавитации. Особенности кавитации лопасти гребного винта. Влияние кавитации на работу винта. Меры борьбы с кавитацией и эрозией гребных винтов. Выбор дискового отношения винта из условия отсутствия кавитации. Суперкавитирующие гребные винты.

1.5.7 *Проектирование гребного винта.* Типовые условия и ограничения при выборе гребного винта: расчетные режимы работы гребного винта, ограничения по мощности, диаметру винта, частотам вращения и вибрации. Выбор числа лопастей, дискового отношения, формы профиля и контура, толщины лопасти. Инженерные методы расчета винтов на прочность. Запасы прочности. Приближенные методы оценки минимального дискового отношения и толщины лопасти по условиям прочности. Серийные диаграммы для расчета ВРШ. Особенности расчета ВРШ по серийным диаграммам.

Часть 2. Строительная механика и прочность корабля

2.1. Основы теории упругости и пластичности

2.1.1 *Основные понятия и положения. Внутренние силовые факторы в сечениях бруса.* Гипотезы о свойствах материала рассматриваемых тел. Схематизация геометрии рассматриваемых тел. Классификация сил. Внутренние силовые факторы в сечениях бруса. Понятие о деформациях, упругих и пластических. Хрупкое и пластическое состояние материала. Метод сечений. Внутренние силовые факторы в сечениях бруса. Дифференциальные зависимости между внутренними силовыми факторами и интенсивностями внешней распределенной нагрузки. Понятие об опасном сечении. Эпюры внутренних силовых факторов.

2.1.2 *Осевое растяжение и сжатие прямого бруса. Механические свойства материалов при растяжении и сжатии.* Растяжение и сжатие прямого стержня. Одноосное (линейное) напряженное состояние. Закон Гука при одноосном напряженном состоянии. Определение осевых перемещений поперечных сечений. Жесткость при растяжении-сжатии. Проверка прочности, подбор сечения бруса при осевом растяжении и сжатии. Механические свойства материалов при растяжении и сжатии. Диаграмма растяжения для пластических и хрупких материалов. Механические характеристики материала: предел пропорциональности, предел упругости, предел текучести, временное сопротивление (предел прочности). Условный предел текучести. Характеристики пластических свойств материала. Истинная диаграмма напряжений при растяжении. Диаграмма сжатия пластичных и хрупких материалов. Характер разрушения пластичных и хрупких материалов при осевом растяжении и сжатии. Назначение допускаемых напряжений для пластичных и хрупких материалов.

2.1.3 *Теория напряженного и деформированного состояния. Теория прочности.* Напряженное состояние в точке. Компоненты напряжений, их обозначение. Определение напряжений на наклонных площадках. Главные напряжения и главные площадки. Графическое изображение напряженного состояния с помощью кругов Мора. Деформированное состояние в точке. Компоненты деформаций, их обозначение. Закон Гука для линейного напряженного состояния. Модуль упругости. Коэффициент поперечной деформации. Понятие о чистом сдвиге. Деформация при чистом сдвиге. Гипотезы пластичности и разрушения. Эквивалентное напряжение. Критерии возникновения пластических деформаций и формулы эквивалентности по различным гипотезам. Классические теории прочности.

2.1.4 *Кручение. Напряжения и деформации при кручении.* Кручение бруса. Деформации при кручении. Угол закручивания. Напряжения в поперечном сечении бруса круглого сечения. Понятие о полярном моменте сопротивления. Проверка прочности, подбор сечения бруса круглого сечения. Жесткость при кручении. Эпюры крутящих моментов, напряжений и углов закручивания. Основные результаты теории круглого кручения стержней некруглого сечения.

2.1.5 *Изгиб прямых стержней. Напряжения и деформации при поперечном изгибе.* Изгиб прямых стержней. Определение внутренних силовых факторов в поперечных сечениях балок при изгибе (поперечная сила и изгибающий момент). Дифференциальные зависимости между изгибающим моментом, поперечной силой и интенсивностью нагрузки. Эпюры поперечных сил и изгибающих моментов. Чистый поперечный изгиб в одной из главных плоскостей стержня. Зависимость между изгибающим моментом и кривизной оси изогнутого стержня при чистом изгибе. Жесткость при изгибе. Нормальные напряжения при чистом изгибе. Распространение выводов чистого изгиба на поперечный изгиб. Касательные напряжения при поперечном изгибе брусьев (формула Журавского Д.И.). Главные напряжения при изгибе. Расчеты на статическую прочность при изгибе. Дифференциальное уравнение изогнутой оси прямого стержня и его интегрирование. Метод начальных параметров.

2.1.6 *Сложное нагружение.* Сложное нагружение, как комбинация двух или большего числа видов простого нагружения. Метод сложения действия сил при проверке прочности в условиях сложного нагружения. Косой изгиб. Определение напряжений, нахождение положения нейтральной оси и опасных точек в сечении. Определение прогибов. Расчет на проч-

ность стержней большой жесткости при совместном изгибе и растяжении или сжатии. Определение положения нейтральной линии и напряжений. Внецентренное растяжение и сжатие стержней большой жесткости. Понятие о ядре сечения. Совместное действие изгиба и кручения.

2.1.7 *Энергетические способы определения перемещений.* Обобщенные силы и обобщенные перемещения. Потенциальная энергия деформации в общем случае нагружения. Теорема Кастильяно. Теорема Лагранжа. Теорема Клайперона. Теорема Максвелла-Мора. Способ Верещагина решения интегралов Максвелла-Мора.

2.1.8 *Статически неопределимые стержневые системы.* Классификация стержневых систем. Статически определимые и статически неопределимые стержневые системы. Понятие о степенях свободы и связях. Степень статической неопределимости. Раскрытие статической неопределимости методом сил. Выбор основной системы. Эквивалентная система. Канонические уравнения метода сил. Расчет неразрезных балок. Метод приравнивания прогибов. Теорема трех моментов. Канонические системы. Понятие о коэффициенте опорной пары. Расчет неразрезной балки, лежащей на независимых упругих опорах. Основные типы упругих пар. Уравнение пяти моментов.

2.1.9 *Расчет судовых рам при изгибе.* Классификация рам и методы их расчета. Расчет простейших рам с неподвижными узлами. Метод сил. Метод угловых деформаций. Применение метода угловых деформаций к расчету сложных судовых рам.

2.1.10 *Устойчивость равновесия деформируемых систем.* Понятие устойчивости и неустойчивости стержней. Критическая нагрузка. Задача Эйлера. Предел применимости формулы Эйлера. Критические нагрузки для стержней различной гибкости. Формула Ясинского. Диаграмма предельных напряжений. Энергетический метод определения критических нагрузок.

2.1.11 *Гипотезы разрушения.* Хрупкое и пластическое состояние материала при разрушении. Зависимость характера разрушения от вида напряженного состояния. Классические гипотезы эквивалентных состояний. Гипотезы Треска и Мизеса. Гипотеза разрушения Мора для материалов с различными пределами прочности при растяжении и сжатии. Энергетический критерий разрушения Гриффитса. Силовой критерий разрушения Ирвина. Критерий критического раскрытия трещины.

2.1.12 *Сопротивление усталости элементов корпусных конструкций.* Современные представления о прочности материалов при напряжениях, циклически изменяющихся во времени. Механизм усталостного разрушения. Кривые усталости и предел выносливости. Малоцикловая усталость. Эффективные коэффициенты концентрации при напряжениях, переменных во времени. Характеристики циклов, переменных напряжений. Выносливость. Гипотезы прочности при переменных напряжениях. Накопление усталостного повреждения и влияние нестационарного нагружения на сопротивление усталости. Законы линейного и нелинейного суммирования повреждений. Учет усталостной прочности в нормативных документах.

2.2. Изгиб балок и пластин

2.2.1 *Основные представления и зависимости.* Основные понятия и определения. Виды нагружения и деформации. Кинематические гипотезы, их физический смысл и пределы применимости. Уравнения равновесия элементов балок и пластин. Связь между параметрами изгиба и внешней нагрузкой. Граничные условия. Потенциальная энергия деформации балок и пластин. Пластины жесткие, конечной жесткости и гибкие.

2.2.2 *Изгиб статически определимых балок.* Простейшие случаи нагружения и изгиба балок. Принцип наложения, метод начальных параметров. Общий интеграл уравнения изгиба призматической балки и его приложение к статически определимым балкам. Балки переменного сечения.

2.2.3 *Статически неопределимые балки.* Основные методы раскрытия статической неопределимости балок. Коэффициент опорной пары. Раскрытие статической неопределимо-

сти неразрезных балок. Перекрытия. Распределение внешней нагрузки на балки перекрытий. Основные способы их расчета. Балки на упругом основании.

2.2.4 *Изгиб пластин.* Пластина, свободно опертая по всем кромкам, при различных видах нагрузки. Решение в форме тригонометрических рядов. Пластина, опертая по двум противоположным кромкам. Метод Мориса Леви.

2.2.5 Расчет стержней, лежащих на упругом основании. Дифференциальное уравнение изгиба балки на сплошном упругом основании и его интегрирование. Функции Пузыревского Н.Ф., их свойства. Расчет полубесконечной балки, нагруженной на конце сосредоточенной силой и моментом. Расчет балок конечной длины. Расчет балок на упругом основании МКЭ. Матрица жесткости упругого основания. Принцип построения эпюр перерезывающей силы и изгибающего момента. Пример расчета.

2.3 Изгиб и устойчивость перекрытий

2.3.1 *Основные понятия и положения.* Классификация перекрытий. Конструкция судовых перекрытий и условия их работы в составе корпуса корабля. Нагрузки, действующие на судовые перекрытия.

2.3.2 *Изгиб перекрытий.* Методы расчета на восприятие поперечной нагрузки. Расчет перекрытий при малом числе узлов. Расчет перекрытий с одной перекрестной связью и большим числом балок главного направления. Расчет нерегулярных перекрытий, имеющих усиленные балки главного направления, пиллерсы или сосредоточенные нагрузки. Расчет перекрытий методом конечных элементов. Матрица жесткости конечного элемента. Трансформация матрицы при переходе от местной к общей системе координат. Расчет перекрытий с несколькими перекрестными связями. Метод Д. М. Ростовцева.

2.3.3 *Устойчивость плоских перекрытий.* Устойчивость неразрезной балки, лежащей на равноотстоящих упругих опорах. Формы потери устойчивости. Понятие о критической жесткости опор. Устойчивость плоского перекрытия. Сложный изгиб перекрытия и возможные формы потери устойчивости. Методы проектирования перекрытий на предотвращение возможной потери устойчивости. Две задачи расчета перекрытия на устойчивость.

2.4 Расчет прочности корпуса судна

2.4.1 *Основные понятия и положения. Порядок расчета прочности корабельных конструкций.* Нагрузки, действующие на корпус судна на тихой воде. Определение величины и характера действия внешних нагрузок. Эквивалентный брус корпуса при общем изгибе. Определение сечений конструкции корпуса для расчетов прочности. Общий порядок редуцирования связей судового корпуса при определении элементов эквивалентного бруса. Влияние начальной погиби на прочность и устойчивость связей. Учет влияния надстроек, вырезов и других прерывистых связей.

2.4.2 *Расчет прочности корпуса судна.* Построение кривой нагрузки масс. Определение изгибающих моментов и перерезывающих сил на тихой воде. Определение изгибающих моментов и перерезывающих сил при статической постановки на волну. Определение центрального момента инерции поперечного сечения корпуса и положения его нейтральной оси. Определение наибольших максимальных напряжений в сечениях конструкций. Критерии прочности – общие сведения. Критерии прочности судовых конструкций. Проверка и обеспечение условий общей и местной прочности.

2.4.3. *Основные сведения о нормировании прочности конструкций корпуса.* Допускаемые напряжения в судостроении. Основные критерии механических свойств стали, определяющих нормы допускаемых напряжений. Статистические методы. Нормы прочности. Связь норм прочности и правил классификационных обществ. Коэффициенты запаса по допускаемым напряжениям. Методы нормирования прочности.

2.4.4 *Изменение механических свойств материалов в процессе эксплуатации.* Пластическое и хрупкое состояние материалов, типы разрушений. Влияние температуры, коррозии и скорости нагружения на механические характеристики материала. Изменение

механических свойств стали после появления остаточных деформаций. Характеристики охрупчивания материала. Критические температуры охрупчивания.

2.4.5 Прочность судовых конструкций при работе за пределами упругости. Основные допущения теории пластичности. Физические и геометрические нелинейные задачи. Идеальное упруго-пластичное тело. Условия пластичности. Понятие и теории пластического течения. Характер работы сечения при чистом изгибе. Предельный момент и пластический шарнир. Предельное состояние сечения при одновременном действии изгибающего момента и продольной силы, изгибающего момента и перерезывающей силы. Дифференциальные уравнения упруго-пластического изгиба. Существующие методы интегрирования дифференциальных уравнений упруго-пластического изгиба. Влияние перерезывающих сил на величины прогибов балок. Остаточное напряжение и деформации. Работа балок при многократных нагружениях. Приспособляемость и накопление деформаций. Усталостные разрушения при малом числе циклов нагрузки. Предельная нагрузка статически определимой балки. Понятие о теории предельного равновесия. Статически допустимое поле напряжений. Кинематически возможное поле деформаций. Использование понятия идеального профиля. Гипотеза жестко-пластического тела. Механизмы разрушения. Кинематический метод определения предельных нагрузок.

2.4.6 Нормативное ограничение параметров эксплуатационных дефектов. Классификация дефектов. Выбор критериев прочности для различных типов судовых конструкций. Отражение этих критериев в Нормах прочности. Прочность связей, подверженных различным износам и деформациям. Равномерный и язвенный износ. Предельные толщины изношенных листов, подверженных различным видам деформаций. Влияние износа конструкций на устойчивость. Концентрация напряжений в районе коррозионных язвин. Изменение геометрических характеристик эквивалентного бруса под действием коррозии. Остаточные деформации корпусных конструкций и их влияние на общую и местную прочность. Нормативы для оценки допустимых величин остаточных деформаций балок судового набора и обшивки.

2.4.7 Оценка прочности изношенных и поврежденных конструкций. Учет эксплуатационных дефектов в расчетах общей и местной прочности. Характер износа различных корпусных конструкций. Влияние износа на прочность и устойчивость пластин и набора. Индивидуальные инструкции по нормированию износов судов и других инженерных сооружений. Вероятностные методы и методы математической статистики при анализе прочности судовых конструкций в процессе эксплуатации и при прогнозировании их технического состояния.

2.4.8 Сопротивление усталости корродированных и деформированных элементов судовых корпусных конструкций. Природа и механизм коррозионной усталости. Оценка влияния коррозионного износа на статическую и циклическую прочность корпусных конструкций. Основные характеристики язвенного коррозионного износа. Определение концентрации напряжений в районе коррозионных язвин. Влияние коррозионного износа на сопротивление усталости наружной обшивки и настилов палуб корпусов судов. Влияние коррозионного износа на сопротивление усталости сварных соединений корпусных конструкций. Влияние остаточных деформаций на сопротивление усталости. Практические методы оценки усталостной прочности судовых конструкций. Расчетные методы оценки запасов усталостной прочности.

2.4.9 Оценка прочности конструкций при воздействии циклических нагрузок. Прочность при напряжениях, циклически изменяющихся во времени. Прочность при напряжениях, циклически изменяющихся во времени. Понятие об усталости металлов. Усталостные разрушения. Современные представления о процессе усталостного разрушения. Характер усталостного напряжения. Характеристики циклов изменения напряжений. Виды циклов изменения напряжений. Предел выносливости и методика его определения. Понятие о базе. Ограниченный предел выносливости. Концентрация напряжений и ее влияние на усталостную прочность. Теоретически и эффективный коэффициенты концентрации напряжений. Влияние абсолютных размеров детали, шероховатости поверхности и технологических фак-

торов на усталостную прочность. Проверка усталостной прочности при линейном напряженном состоянии. Проверка усталостной прочности при сложном напряженном состоянии. Понятие о повышении предела выносливости конструктивными и технологическими методами. Малоцикловая усталость. Влияние на выносливость качества поверхности, наклепа, окружающей среды и абсолютных размеров. Эффективные коэффициенты концентрации при напряжениях, переменных во времени. Характеристики циклов, переменных напряжений. Выносливость. Гипотезы прочности при переменных напряжениях. Накопление усталостного повреждения и влияние нестационарного нагружения на сопротивление усталости. Законы линейного и нелинейного суммирования повреждений. Учет усталостной прочности в нормативных документах.

2.5 Расчеты вибрации

2.5.1 *Динамические нагрузки, действующие на корпус корабля, его конструкции и элементы.* Основные понятия и определения. Усилия, обусловленные ударами волн в корпус судна. Усилия, обусловленные работой гребных винтов. Усилия, обусловленные работой дизелей.

2.5.2 *Упругие колебания конструктивных элементов.* Классификация механических колебаний. Свободные гармонические колебания упругой системы с одной степенью свободы. Вынужденные колебания упругих систем с одной степенью свободы. Рассеяние энергии при колебаниях. Вынужденные колебания упругих систем с учетом рассеяния энергии. Свободные колебания систем с двумя или несколькими степенями свободы.

2.5.3 *Приближенные методы определения частот собственных колебаний упругих систем.* Способ Релея. Способ Ритца. Способ Бубнова – Галеркина.

2.5.4 *Колебания стержней и валов.* Поперечные колебания стержней. Поперечные колебания стержней с сосредоточенными массами. Продольные колебания стержней. Крутильные колебания стержней. Крутильные колебания валов. Критическая скорость вращения вала.

2.5.5 *Колебания балок и пластин.* Дифференциальное уравнение поперечных свободных колебаний упругой призматической балки. Свободные поперечные колебания балки со свободными концами. Определение частот собственных колебаний балок, лежащих на упругом основании. Дифференциальное уравнение поперечных колебаний пластин и граничные условия. Определение частот собственных колебаний пластин, свободно опертых или жестко заделанных на контуре. Определение частот собственных колебаний пластины с учетом влияния присоединенных масс жидкости.

2.5.6 *Вибрация корабля.* Понятия общей и местной вибрации, их нормирование. Санитарные и технические нормы вибрации. Дифференциальное уравнение общей вибрации корпуса судна. Алгоритм определения частоты собственных колебаний корпуса по первому тону. Расчетная модель корпуса. Определение жесткостных характеристик расчетной модели, нагрузки масс и присоединенных масс жидкости. Приближенные формулы для определения частот собственных колебаний корпуса судна. Современные средства контроля параметров вибрации на судах. Классификация способов обеспечения нормативных характеристик вибрации на судах.

Основная литература по разделу 1

1. Благовещенский С.Н. Справочник по статике и динамике корабля. В двух томах / С.Н. Благовещенский, А.Н. Холодилилин. - Л.: Судостроение, 1973. - Т 1. -512 с.
2. Благовещенский С.Н. Справочник по статике и динамике корабля. В двух томах / С.Н. Благовещенский, А.Н. Холодилилин. - Л.: Судостроение, 1973. - Т 2. -176 с.
3. Бородай И.К. Мореходность судов / И.К. Бородай, Ю.А. Нецветаев. – Л.: Судостроение, 1982. – 288 с.

4. Войткунский Я.И. Справочник по теории корабля. Судовые движители и управляемость / Я.И. Войткунский, Р.Я. Першиц, И.А. Титов. – Л.: Судостроение, 1973. -512 с.
5. Войткунский Я.И. Соппротивление движению судов: Учебник / Я.И. Войткунский. – Л.: Судостроение, 1988. – 288 с.
6. Ионов Б.П. Ледовая ходкость судов. 2 издание /Б.П. Ионов, Е.М. Грамузов – СПб.: Судостроение, 2013. – 504 с.
7. Кацман Ф.М. Конструирование винто-рулевых комплексов морских судов / Ф.М. Кацман, Г.М. Кудреватый. – Л.: Судостроение, 1974. – 376 с.
8. Маков Ю.Л. Качка судов / Ю.Л. Маков. – Калининград: Изд-во ФГОУ ВПО «КГТУ», 2007. – 321 с.
9. Мореходность судов и средств океанотехники. Методы оценки. Монография. Научный редактор И.К. Бородай / ФГУП «Крыловский государственный научный центр».- СПб., 2013.- 256 с.
10. Ногид Л.М. Остойчивость судна и его поведение на взволнованном море: Ч.2. Проектирование морских судов / Л.М. Ногид. – Л.: Судостроение, 1967.- 242 с.
11. Павленко Г.Е. Соппротивление воды движению судов / Г.Е. Павленко. – М.: 1953. – 507 с.
12. Севастьянов Н.Б. Остойчивость промысловых судов / Н.Б. Севастьянов. – Л.: судостроение, 1970.-200 с.
13. Статика корабля / В.В. Рождественский, В.В. Луговской, Р.Б. Борисов, Б.В. Мирохин. –Л.: Судостроение, 1986. - 240 с.
14. Судовые движители: Учебник /Л.С. Артюшков, А.Ш. Ачкинадзе, А.А. Русецкий. – Л.: Судостроение, 1988. - 296 с.
15. Холодилин А.Н. Мореходность и стабилизация судов на волнении / А.Н. Холодилин, А.Н. Шмырев. – Л.; Судостроение, 1976. – 328 с.

Основная литература по разделу 2

1. Александров В.Л. Борьба с вибрацией на судах / В.Л. Александров, А.П. Матлах, В.И. Поляков – СПб.: Мор Вест, 2005. – 424 с.
- 2.Архангородский А.Г. Прочность и ремонт корпусов промысловых судов / А.Г. Архангородский, Б.Я.Розендент, Л.Н.Семенов - Л.: Судостроение,1982. 272 с.
3. Беленький Л.М. Расчет конструкций с учетом пластических деформаций / Л.М. Беленький. – Л.: Судостроение, 1983 г.
4. Бураковский Е.П. Совершенствование нормирования параметров эксплуатационных дефектов корпусов судов / Е.П. Бураковский. - Калининград, КГТУ, 2005г., - 339с.
5. Волков В.М. Прочность корабля / В.М. Волков. – Нижний Новгород, 1994. 260 с.
6. Давыдов В.В. Динамические расчеты прочности судовых конструкций / В.В.Давыдов, Н.В. Маттес. – Л.: Судостроение, 1974, - 336 с.
7. Короткин Я.И. Прочность корабля / Я.И. Короткин, Д.М. Ростовцев, Н.Л.Сиверс. – Л.: Судостроение, 1974. - 311 с.
8. Короткин Я.И. Строительная механика корабля и теория упругости /Я.И. Короткин, В.А. Постнов, Н.Л.Сиверс. - Л.: Судостроение, 1968. -Т.1, 424 с.
9. Курдюмов А.А. Вибрация корабля /КурдюмовА.А. – Л.: Судпромгиз, 1961, - 319 с.
10. Нормативно-методические указания по расчетам прочности морских судов. Сборник нормативно-методических материалов. РМРС. - С.-П.: 2002.- 150 с.
11. Постнов В.А. Вибрация корабля / В.А. Постнов. – Л.: Судостроение, 1989, - 328 с.
13. Правила классификации и постройки морских судов Российского Морского Регистра судоходства. – Л.: Российский Морской Регистр судоходства, т. 1. - 472 с.
15. Справочник по строительной механике корабля /Под общ.ред. О.М. Паляя, в 3 т. – Л.: Судостроение. Т3. - 1982. - 320 с.

16. Суслов В.П. Строительная механика корабля и основы теории упругости / В.П. Суслов, Ю.П. Кочанов, В.Н.Спихтаренко. -Л.: Судостроение, 1972. 720 с.
17. Шиманский Ю.А. Динамический расчет судовых конструкций /Шиманский Ю.А. – Л.: Судпромгиз, 1960. - 348 с.