

**«КОНСТРУКТОРСКОЕ
БЮРО»
№ 1/2013**

Журнал зарегистрирован
Министерством Российской
Федерации по делам печати,
телерадиовещания
и средств массовых коммуникаций
Свидетельство о регистрации
ПИ ФС-7724739 от 22 июня 2006 г.

© **ИД «ПАНОРАМА»**
www.panor.ru

Адрес редакции:
Москва, Бумажный проезд, 14, стр. 2
Для писем: 125040, Москва, а/я 1

Учредитель:
**Некоммерческое партнерство
Издательский Дом «ПАНОРАМА»,**
107045, г. Москва, Печатников пер.,
д. 22, стр. 1

Издательство «ПРОМИЗДАТ»
Главный редактор издательства

ШКИРМОНТОВ А. П.,
канд. техн. наук

E-mail: aps@panor.ru
Тел. (495) 664-27-46

Главный редактор
ВОСКРЕСЕНСКИЙ Д. В.
E-mail: 2dv@mail.ru

Издается при информационной
поддержке Ассоциации механиков,
Российской инженерной академии
и Академии технических наук

Выпускающий редактор
КОЛОКОЛЬНИКОВ П. В.

Предложения и замечания
по содержанию журнала,
а также по вопросам сотрудничества
E-mail: aps@panor.ru
Тел. (495) 664-27-46

Журнал распространяется через
каталоги ОАО «Агентство "Роспечать"»,
«Пресса России» (индекс – **36391**)
и «Почта России» (индекс – **99296**),
а также путем прямой редакционной
подписки.

E-mail: podpiska@panor.ru
Тел./факс (495) 664-27-61
Отдел рекламы
Тел.: (495) 664-27-94
reklama.panor@gmail.com

Подписано в печать 03.12.2012

СОДЕРЖАНИЕ

ДОКУМЕНТООБОРОТ

СЭД для проектной организации 5

В современных условиях для создания проектно-сметной документации необходимы специализированные системы электронного документооборота, обеспечивающие комфортную работу как с чертежами, так и с другими документами проектных организаций.

ОБРАЗОВАНИЕ

«Деликатесная» задача в 3D-моделировании.. 9

Первокурсник Сергей Щербаков (УТС-101) из Института энергетики и электротехники ТГУ занял 2-е место в одной из номинаций XIII Всероссийского фестиваля компьютерного моделирования, графики и дизайна. Успех этот был неслучайным.

Юные Ньютоны и Ломоносовы..... 11

Эти ребята уже с самых юных лет готовятся к поступлению в лучшие университеты страны и полностью посвящают себя интеллектуальному совершенствованию. Именно таких ребят награждали дипломами в Тольяттинском университете.

ТЕМА НОМЕРА:

ВЕДУЩИЕ СПЕЦИАЛИСТЫ О ПРОБЛЕМАХ МАШИНОСТРОЕНИЯ

ПРЯМАЯ РЕЧЬ

Россия строит авианосцы..... 13

Главный конструктор Севмаша Юрий Спиридонов рассказывает, как программные продукты АСКОН помогают заводу решать важнейшие производственные задачи, делится настоящим севмашевским духом, который объединяет многотысячный коллектив, своими профессиональными победами и личным взглядом на проблему воспитания инженерных кадров.

В девяностые многие конструкторы ушли в бизнес21

Заслуженный изобретатель Мордовии Георгий Шестоперов – о перспективных разработках и дефиците инженерных кадров.

Личный космос генерального конструктора24

Кто чем занимается? На взлете российская космонавтика или в пике? Привлекает ли космос современную молодежь? Об этом рассказывает генеральный конструктор и генеральный директор ОАО «Информационные спутниковые системы им. академика М.Ф. Решетнева» Николай Алексеевич Тестоедов.

АНАЛИТИКА

Насколько мы «трехмерны».....31

Если верить производителям программного обеспечения, то 3D является основной тенденцией на рынке САПР. Но действительно ли большинство проектных организаций отказалось от 2D?

ФОТО НОМЕРА

Кладбище самолетов.....34

Рядом с Туссоном (штат Аризона, США) расположена военно-воздушная база Дэвис-Монтан. Она известна тем, что сюда привозят отлетавшие свое самолеты. Более 4 тыс. некогда грозных боевых машин: от В-52 до бомбардировщиков-невидимок ожидают своей очереди быть разобранными на части и отправленными на переплавку.

МЕТОДОЛОГИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ / АСКОН

Проектирование с принципами36

Как поможет конструкторам Методика нисходящего проектирования?

В фокусе – производство.

Система автоматизированного управления ГОЛЬФСТРИМ.....39

Лоцман: ПГС на рабочем столе пользователя47

Практическое занятие по управлению проектными работами.

МЕТОДОЛОГИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ / ALBATROSS MARINE DESIGN

Особенности проектирования высокоскоростных судов из композитных материалов65

Постановка задачи проектного обоснования подсистемы «Корпус» судна из композиционных материалов.

КОМНАТА ОТДЫХА

Кроссворд.....72

CONTENTS

DOCUMENT MANAGEMENT

EDMS FOR PROJECT ORGANIZATION	5
<i>Under present conditions for creation of project cost estimate documentation, specialized systems of document management providing comfort work both with drawings and with other documents of project organizations are necessary. Maksim Nechiporenko, the head of department of product marketing at ASKON tells about this problem.</i>	

EDUCATION

"DELICATESSEN" TASK IN 3D-MODELLING	9
<i>First-year student Sergey Scherbakov (UTS-101) from the institute of power-engineering and electrotechnics TGU took the second place in one of nominations of the XIII All-Russian festival of computer modeling, graphics and design. This success was nonrandom.</i>	
YOUNG NEWTONS AND LOMONOSOVs	11
<i>These boys since their young age are preparing for the entrance to the best universities of the country and fully dedicate themselves to intellectual improvement. Such boys have been awarded with diplomas in Togliatti University.</i>	

DIRECT SPEECH

RUSSIA CREATES AIRCRAFT-CARRIERS	13
<i>The chief designer Yu. S. Sevmasha tells how ASKON software products help factory to solve the most important production tasks, share true spirit of Yu. S. Sevmasha, which combines several thousand collective by his professional victories and personal view on the problem of training of engineering staff.</i>	

THEME OF THE NUMBER:

LEADING SPECIALISTS ABOUT PROBLEMS OF MACHINE BUILDING

NOT EVERYBODY MAKE BUSINESS	21
<i>Distinguished inventor of Mordovia Georgiy Shestoporov about perspective developments and deficit of engineering staff.</i>	
PERSONAL SPACE OF THE GENERAL DESIGNER	24
<i>What is occupation of people? Is Russian cosmonautics on takeoff or high? Does space attract modern young people? General designer and general director of "Information satellite systems named after M. F. Reshetnev" OAO, Nikolay Alexeevich Testoedov tells about this problems.</i>	

ANALYTICS

HOW FAR WE ARE "THREE-DIMENSIONAL"?	31
<i>If what software manufacturers say is true, 3D is a main tendency on CAD market. But in fact the majority of project organizations have refused from 2D?</i>	
BONEYARD OF PLANES... ..	34
<i>Near Tucson (Arizona, USA) air force base Davis-Monthan is located. It is reputed to the fact that planes which worked off are brought here. More than 4 thousands of fearsome combat machines: from B-52 to Stealth bombers wait for their turn to be dismantled up to pieces and sent for melting down.</i>	

METHODOLOGY OF DESIGNING / ASKON

DESIGNING WITH PRINCIPLES	36
<i>How Methodology of top-down design will help designers.</i>	
IN THE FOCUS – PRODUCTION.	
SYSTEM OF AUTOMATED CONTROL GOLFSTREAM	39
LOTSMAN: INDUSTRIAL AND CIVIL ENGINEERING ON USER'S DESKTOP	47
<i>Practical exercise on control of project works.</i>	

METHODOLOGY OF DESIGNING / ALBATROSS MARINE DESIGN

PECULIARITIES OF DESIGNING OF HIGH-SPEED SHIPS FROM COMPOSITE MATERIALS	65
<i>Setting of task of project grounding of subsystem "Korpus" of the ship from composite materials.</i>	

REST ROOM

CROSSWORD.....	72
-----------------------	-----------

ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ВЫСОКОСКОРОСТНЫХ СУДОВ ИЗ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Францев М.Э., канд. техн. наук, г. Москва

Постановка задачи проектного обоснования подсистемы «Корпус» судна из композиционных материалов.

В условиях рыночной экономики одной из главных задач в проектировании судов становится повышение конкурентоспособности проекта. Это требование может быть реализовано за счет следующих мероприятий:

- ◆ повышения качества проектных работ, особенно на ранних стадиях проектирования;
- ◆ уменьшения издержек на многовариантные проработки;
- ◆ сокращения общих сроков выработки проекта.

Для современной техники характерно применение композиционных материалов. Судостроение использует композиты уже достаточно давно. Первые суда из стеклопластика были изготовлены во второй половине 1930-х годов.



Однокорпусное судно специального назначения переходного режима движения, полностью из композиционных материалов

С 1950-х годов стеклопластиковое судостроение получило широкое распространение в мире.

В последние годы все шире происходит замена традиционных судостроительных материалов полимерными композитами. Их применение позволяет наряду с обеспечением высоких эксплуатационных показателей существенно снизить массу корпуса судна.

Сегодня композитное судостроение стало быстро развивающейся обособленной отраслью. Применение этих материалов позволяет значительно сократить сроки строительства судна по сравнению с деревянным и металлическим судостроением. Кроме того, оно допускает использование существенно менее квалифицированной рабочей силы. Все это обуславливает серьезную экономическую мотивацию развития массового судостроения из композитов. Мировой судостроительный опыт свидетельствует о высокой экономической эффективности производств, на которых создаются судовые корпусные конструкции из композиционных материалов, и о высоких потребительских качествах современных судов из композитов.

Первоначально конструкции стеклопластиковых судов воспроизводили конструкцию судов из традиционных материалов. По мере накопления опыта постройки, дизайн стеклопластиковых судов приобретал специфические черты. Применение композиционных материалов позволяет создавать суда с высокими аэро- и гидродинамическими характеристиками, с легкими надстройками, эффективным дизайном внешнего облика и рядом других достоинств.

Сегодня большую часть мирового малотоннажного промыслового, служебно-разъездного

и прогулочного флота составляют суда, имеющие корпуса из неметаллических композиционных материалов. Однако в современной России служебные, развозные и промысловые суда из композиционных материалов, имеющие в мировом флоте массовый характер, проектируются и строятся в весьма ограниченных количествах.

Несмотря на это, отечественное судостроение по-прежнему располагает огромным потенциалом в области науки и технологий. В последние годы существенное развитие получили такие направления, как создание сферопластиков – материалов, способных, обеспечивая плавучесть, выдерживать очень высокие давления; разработка ряда перспективных конструкционных полимерных материалов на основе экологически безопасного бесстирольного полиэфирного связующего для различных судов гражданского назначения; создание экологически чистых, нетоксичных и пожаробезопасных, теплоизоляционных и конструкционно-отделочных материалов на базе композитов для оборудования внутренних помещений судов всех классов и назначений в соответствии с международной конвенцией SOLAS-74, международными требованиями ИМО и рядом других документов.

В то же время, в результате накопившихся проблем, в отечественном судостроении возникла ситуация, когда между отработанными техническими решениями, применяемыми в отечественных проектных организациях при разработке проектов судов, и достижениями отечественной и зарубежной науки образовался разрыв, приводящий к возрастающему отставанию отечественного судостроения от мирового уровня. Это приводит к переориентации ряда отечественных судовладельцев и операторов на продукцию зарубежного судостроения.

Для расширения возможностей создания отечественных судов из композиционных материалов в настоящее время необходимо решить ряд проблем как в области совершенствования проектных характеристик судов, их оптимизации, так и в области улучшения структуры всего процесса проектирования. Необходимо совершенствование методов проектирования из композитов, используемых в отечественном судостроении, для создания судов, имеющих кон-

курентоспособные современные архитектурно-компоновочные и конструктивные решения.

Известно, что судно – многоуровневая система. На первом уровне декомпозиции судно рассматривается как совокупность подсистем, выделяемых по функциональному признаку, например «Корпус», «Гидродинамический комплекс» и другие. Иерархия подсистем определяется их доминантностью, степенью влияния свойств той или иной подсистемы на качество в целом.

Процесс рационального обоснования объектов при проектировании судна заключается в обеспечении рациональных характеристик системы в целом путем придания определенных свойств отдельным ее подсистемам. При этом изменение свойств каждой из подсистем в той или иной степени влияет на изменение характеристик всей системы. В свою очередь, соответствие системы определенным требованиям обуславливает определенные свойства ее подуровней. «Корпус» является доминирующей подсистемой по отношению ко всем остальным [1, 2, 3, 7].

Рассмотрим специфику постановки задачи проектного обоснования подсистемы «Корпус» судна из композиционных материалов. При этом ограничим круг рассматриваемых проблем исключительно спецификой применения композита.

Масштабное использование этих материалов в качестве основы конструкции судовых корпусов, особенно в скоростном малотоннажном судостроении, привело к тому, что, по мере накопления опыта проектирования, строительства и эксплуатации судов из композитов, конструкция их корпусов стала существенно отличаться от конструкции корпусов судов из традиционных материалов. Началась трансформация – от системы пластин и стержневых конструкций к объемным многослойным оболочкам.

Сегодня можно говорить о существовании принципиально новой конструкции корпуса из композитов, наилучшим образом использующей некоторые положительные качества этих материалов. Сегодня композитный корпус судна это система поверхностей, образующих объемно-прочную конструкцию. И корпус без палубы, и палуба без корпуса не обладают достаточной прочностью и жесткостью. Только после соединения в единое целое, установки в

контур продольных и поперечных переборок они приобретают необходимый набор качеств. При этом каждая из поверхностей корпуса и палубы имеет свой набор механических свойств. Эти свойства могут изменяться как по толщине поверхности, так и по ее площади [5].

Судовые корпуса из композитов формируются из материалов, состоящих из нескольких компонентов и имеющих гетерофазную структуру с поверхностью раздела фаз. Для конструктивных композиционных материалов характерны следующие признаки:

- ◆ состав и форма компонентов материала определены заранее;
- ◆ компоненты присутствуют в количествах, обеспечивающих заданные свойства материала;
- ◆ материал является однородным в макромасштабе и неоднородным в микромасштабе (компоненты различаются по свойствам, между ними существует явная граница раздела).

Армированные композиты – это материалы искусственного происхождения, имеющие не менее двух непрерывных фаз с общей границей раздела. Одна из фаз называется матрицей, она обеспечивает форму изделия, устойчивость композита к воздействию различных агрессивных сред, тепло- и морозостойкость, ударную прочность и другие свойства. Полимерной основой матрицы является связующее, превращающееся в матрицу после соответствующей обработки. Важны-

ми характеристиками связующего являются его технологические свойства: вязкость, смачивающая способность, живучесть и др. Требования к физико-механическим свойствам связующих определяются условиями эксплуатации изделий из композитов. Весьма важны и их технологические свойства, от которых зависит возможность производства композиционного материала. Так, например, вязкость связующего оказывает непосредственное влияние на возможность пропитки им наполнителя, а адгезионные свойства влияют на прочность связи между наполнителем и матрицей. Температурный коэффициент линейного расширения, который у матрицы может быть в десятки раз больше, чем у волокна, влияет на возможность расслоения композита уже при изготовлении изделия, поскольку отверждение большинства используемых полимеров происходит с выделением тепла.

Второй обязательной фазой композиционного материала является армирующий наполнитель, частицы которого должны иметь длину не менее критической, при которой может быть реализована прочность волокна. Критическая длина волокна зависит от его диаметра, прочности при разрыве, прочности при сдвиге на границе раздела «волокно-матрица» [4].

Наибольшее распространение в современном судостроении получили армированные полимерные композиты с использованием текстильных материалов на основе стекловолокна в качестве арматуры, что связано с его доступностью, низкой стоимостью и высокими прочностными свойствами. Увеличение требований к армированным материалам привело к использованию в полимерных композитах сначала углеродных, а позднее органических высокомолекулярных волокон типа СВМ и кевлар. Эти высокопрочные армирующие материалы получили широкое распространение в современном судостроении.

Как было сказано выше, подсистема «Корпус» является доминирующей по отношению к другим подсистемам судна первого уровня. Специфической особенностью, принципиально отличающей процесс проектирования судна из композиционных материалов от проектирования судна из традиционных материалов, является невозможность корректной декомпозиции под-

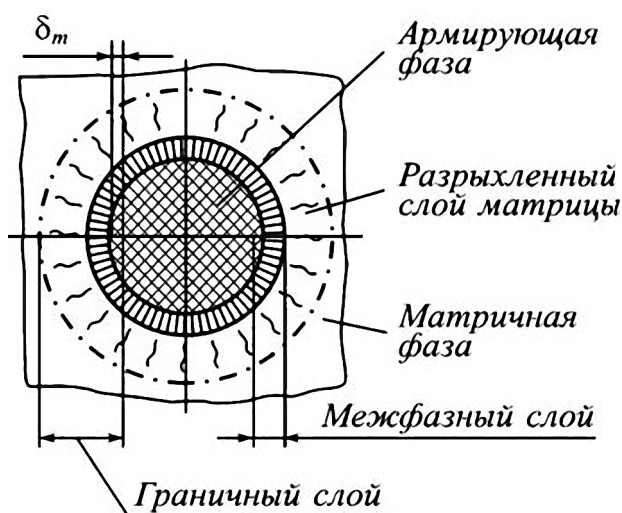


Рис. 1. Модельное представление о межфазном слое в системе «матрица-армирующий материал»

системы «Корпус» на подсистемы более низкого порядка на начальном этапе проектирования.

Одной из центральных задач конструирования изделия из композиционных материалов является правильный подбор полимерной композиции, обеспечивающий сочетание свойств, необходимых в конкретном эксплуатационном случае. При конструировании армированных полимерных композиционных материалов широко используется компьютерная обработка данных, для чего разработано большое количество разнообразных программных продуктов. Их использование позволяет повышать качество продукции, сокращать длительность разработки и организации производства конструкций, комплексно, качественно и быстро решать задачи их рационального проектирования. При расчете состава и структуры композиционного материала и изделия, изготовленного из него, могут быть использованы эмпирические формулы и различное программное обеспечение.

Расчеты, выполненные при проектировании материала и изделия, базируются на известных для соответствующих материалов характеристиках и их зависимостях от тех или иных параметров состава и структуры армированного композиционного материала. При разработке судовой корпусной конструкции из композита одновременно решаются три связанных задачи:

- ◆ разработка способа применения самого композита в виде законченной конструкции и определение ожидаемых технических и других качеств;

- ◆ выбор исходных компонентов композита;
- ◆ разработка технологии изготовления изделия [5, 6].

Соотношение между суммой затрат на решение этой триединой задачи и полученными в результате качествами конструкции определяет целесообразность применения того или иного композиционного материала.

Использование армированных композитов позволяет разработчику при проектировании судна одновременно конструировать и материал. В рамках заданных технических требований к композиционному материалу проектируется его состав и структура. Они определяют, во-первых, выбор его полимерной основы, отвер-

дителя и катализатора отверждения, а также их соотношения в составе связующего. Во-вторых, определяются тип и природа армирующего материала и схема армирования. Для композитов, имеющих в своем составе непрерывный наполнитель в виде волокна, нетканого полотна (мата) или ткани, характерна значительная анизотропия механических свойств.

Наибольшее различие свойств проявляется в однонаправленных армированных материалах. Для стеклопластиков прочность вдоль волокон больше прочности поперек волокон примерно в 50 раз. Такие свойства композитов, как существенно более высокий температурный коэффициент линейного расширения по сравнению с металлом, низкая жесткость и недостаточная усталостная прочность при изменяющихся нагрузках, также существенно отличаются от характеристик традиционных для судостроения материалов. Поэтому правильный выбор рецептуры связующего и схемы армирования с учетом условий эксплуатации и прилагаемых нагрузок позволяет многократно увеличить эксплуатационную долговечность конструкции.

Регулируя состав связующего, тип наполнителя и схему армирования, возможно уже на стадии проектирования материала создать предпосылки для получения изделия с необходимыми эксплуатационными характеристиками. Учет неравномерности нагрузок позволяет проектировать судовую корпусную конструкцию из армированного композита с дифференцированной толщиной, которая может изменяться в десятки раз.

Неразрывно связана с ожидаемыми свойствами композиционного материала судовой корпусной конструкции и технология его изготовления. Правильно разработанный технологический процесс постройки судна из полимерных композиционных материалов в ряде случаев более экономичен, чем постройка этого же судна из традиционных материалов. Одним из актуальных для такого рода производств является вопрос: насколько оправданными будут затраты, связанные с изменением или разработкой нового полимерного композиционного материала, а также технологического процесса его производства [4]. Последовательность рассмотрения проектных обоснований при проектировании

подсистемы «Корпус» судна из композиционных материалов представлена на рис. 2.

Ниже изложены основные принципы, локальные задачи, модели и методы, применяемые при

проектировании судовых конструкций из композиционных материалов, реализуемые современными программными средствами вычислительной техники:



Рис. 2. Последовательность рассмотрения проектных обоснований при проектировании подсистемы «Корпус» судна из композиционных материалов

1. Основные принципы, применяемые при разработке моделей конструкций из композиционных материалов:

- ◆ При моделировании применяется теория тонких слоистых оболочек.

- ◆ При моделировании конструкции она может рассматриваться в виде группы оболочечных элементов.

- ◆ Конструкция из композита представляется в виде идеально склеенного набора слоев (толщина клеевого слоя равна нулю, нет проскальзывания между слоями).

- ◆ Каждый слой конструкции имеет собственную ориентацию волокон.

- ◆ Каждый слой конструкции имеет собственную толщину.

- ◆ Каждый слой имеет собственную ориентацию в пространстве механических характеристик (изотропию, ортотропию или анизотропию).

- ◆ При детализации модели описываются системы координат слоя и пакета.

2. Локальные задачи, возникающие при разработке корпусных конструкций из композиционных материалов:

- ◆ Моделирование оболочечных и балочных конструкций из композиционных материалов.

- ◆ Моделирование массивных элементов корпусных конструкций из композитов.

- ◆ Оптимизация массы конструкции.

- ◆ Нелинейные решения, прогрессирующее разрушение (статика, динамика), потеря устойчивости (линейная и нелинейная постановки).

- ◆ Моделирование процесса затвердевания (решение связанной задачи, расчет пружинения).

- ◆ Трехмерный контакт тел произвольной формы.

- ◆ Моделирование процессов формования.

- ◆ Решение задач о разрушении от воздействий ударного (взрывного) характера.

- ◆ Решение задач динамики.

3. Разработка послойного расположения в модели конструкции из слоистого композиционного материала, включает:

- ◆ определение свойств материала каждого из слоев;

- ◆ определение количества слоев;

- ◆ определение толщины каждого из слоев;

- ◆ определение ориентации волокон в слоях.

4. Определение свойств композитов в пакете с учетом технологических особенностей укладки слоев (учет технологического отклонения волокон от расчетного направления) включает:

- ◆ определение вероятного отклонения волокон от начального направления за счет кривизны поверхности, способа укладки волокна в форму и свойств исходных материалов;

- ◆ расчет вероятного угла отклонения волокон от первоначального направления в каждой точке на поверхности формы.

5. Моделирование укладки слоев:

- ◆ Определение площади поверхности.

- ◆ Расчет выкройки.

- ◆ Определение положения складок.

- ◆ Определение разрезов.

6. Принципы моделирования укладки слоев:

- ◆ Волокна основы и утка материала не изменяют длину.

- ◆ Трение ткани о поверхность формы отсутствует.

- ◆ Размер ячейки ткани (расстояние между «узлами») в процессе моделирования кладки не меняется.

7. Принципы расчета массивных элементов корпусных конструкций из композитов:

- ◆ Для расчета массивных композитов применяются трехмерные элементы, в которых для каждого слоя в процессе расчета используется свой набор точек интегрирования.

- ◆ Решение в осесимметричной постановке, моделирование плоского напряженного и плоского деформированного состояний.

- ◆ Описание свойств композитного материала в трехмерной постановке.

8. Слоистые модели композитов на основе правила смесей рассматриваются в следующей иерархии:

- ◆ Слоистая оболочка.

- ◆ Пакет слоев.

- ◆ Дисперсный наполнитель.

- ◆ Волокна или стержни.

9. Моделирование композиционных материалов на основе правила смесей с использованием линейной и нелинейной моделей:

- ◆ В линейных моделях принят тип смешивания, при котором новые упругие и тепловые

константы вычисляются по константам исходных материалов на основе процентного содержания матрицы и волокна, после чего производится построение новых кривых деформирования.

◆ В линейных моделях производится поддержка свойств, зависящих от температуры, линейные модели применяются для двух- и трехмерных элементов.

◆ Особенностью нелинейной модели является построение моделей на основе нелинейных кривых деформирования материалов, которые входят в состав композиции.

◆ В процессе расчета композит, построенный на основе правила смесей, может разрушаться по теориям, используемым при расчете разрушения материалов – компонент.

В нелинейных моделях возможно построение упругопластических моделей.

10. Разработка процесса затвердевания:

◆ Моделирование процесса затвердевания представляет собой процесс решения связанной термомеханической задачи, которая позволяет определять возможные механические проблемы.

◆ Расчет пружинения – изменения формы изделия после окончания основных процессов полимеризации и остывания является сложной задачей, включающей расчет остаточных напряжений и расчет остаточных деформаций.

11. Методы расчета разрушения конструкций из композиционных материалов:

- ◆ Линейная механика разрушения.
- ◆ Разрыв клеевого соединения.
- ◆ Нелинейная механика разрушения.

◆ Макромеханическая модель разрушения.
 ◆ Микромеханическая модель разрушения.
 Изложенный выше круг вопросов, безусловно, не исчерпывает всего перечня проектных обоснований, связанных с проектированием судна из композитов, их выполнение в объеме данного круга вопросов позволяет подготовить исходную информацию для разработки проектной документации современного судна из композиционных материалов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Ашик В.В.** Проектирование судов. – Л.: Судостроение, 1985. – 486 с.
2. **Захаров И.Г.** Концептуальный анализ в военном кораблестроении. – СПб.: Судостроение, 2001. – 264 с.
3. **Пашин В.М.** Оптимизация судов. – Л.: Судостроение, 1983. – 286 с.
4. **Тарнопольский Ю.М.** и др. Пространственно-армированные композиционные материалы. Справочник. – М.: Машиностроение, 1987. – 223 с.
5. **Францев М.Э.** Проектная оценка эксплуатационных нагрузок и характеристик долговечности корпусов судов из композиционных материалов. Морской вестник. – 2008. – № 4. – С. 93–98.
6. **Х дю Плесси.** Малотоннажные суда из стеклопластика. – Л.: Судостроение, 1979. – 344 с.
7. **Царев Б.А.** Оптимизационное проектирование скоростных судов. – Л.: ЛКИ, 1988. – 102 с.

ИРАН ПОКАЗАЛ СВОЙ ВОЕННЫЙ КАТЕР НА ВОЗДУШНОЙ ПОДУШКЕ

Иранские кораблестроители представили военный корабль на воздушной подушке, разработанный и произведенный в Исламской Республике. «Тондар» («Удар молнии») спроектирован в двух вариантах – для выполнения транспортных и боевых задач. По данным Fars News, «Тондар» сможет нести ракеты, пушки и даже беспилотные летательные аппараты.

На этой неделе на востоке Ирана проходят крупномасштабные учения сил ПВО с участием стационарных радиолокационных станций, мобильных РЛС и РЛС дальнего действия, а также различные системы радиоэлектронной разведки. В них будут задействованы также реактивные истребители, беспилотники, системы противовоздушной обороны и 8 тыс. военнослужащих, в том числе служащие Корпуса стражей исламской революции.

В последние годы Иран работает над созданием ряда новых систем вооружения, при этом уделяя особое внимание баллистическим ракетам и беспилотникам.