

# Образцово-показательное освоение *Fibersim* в ОАО “Средне-Невский судостроительный завод”

Интервью В.А. Середохо, генерального директора ОАО “СНСЗ”, и А.Ю. Софронова, зам. начальника ТУ по САПР

Александра Суханова (CAD/CAM/CAE Observer)

aleksandra@cadcamcae.lv

**Владимир Александрович Середохо** родился 13 марта 1959 года в Полоцке (Белоруссия). В 1976 г. с серебряной медалью окончил среднюю физико-математическую школу. В 1981 г. с отличием окончил Ленинградский кораблестроительный институт по специальности “Судостроение и судоремонт”, в 1989 г. – экономический факультет того же института, в 1993 г. – бизнес-колледж в Дании, в 1994 г. – курсы Сингапурского отделения Лондонской школы экономики, в 1995 г. – Высшую экономическую школу при Санкт-Петербургском университете экономики и финансов по направлению “Маркетинг”. В 1997 году проходил стажировку в США. Имеет ученую степень кандидата экономических наук.

С 1981 г. – помощник строителя корабля специального назначения с атомной энергетической установкой “Урал”, в дальнейшем – старший строитель по корпусной части. Участвовал в строительстве атомных ледоколов “Таймыр”, “Вайгач”, “Россия”. С 1986 г. – заместитель начальника достроечного цеха Балтийского завода. Участвовал в строительстве атомных крейсеров “Адмирал Нахимов” и “Петр Великий”.

С 1997 г. – первый заместитель генерального директора Судостроительного завода “Северная верфь”. Участвовал в строительстве и сдаче двух эскадренных миноносцев для флота КНР (1999–2000 гг.), четырех сухогрузов серии “Валдай” для Северо-Западного пароходства, флагманского катера “Буревестник” (2003 г.), а также в модернизации правительственного теплохода “Россия”.

В 2004–2007 гг. – генеральный директор Морского завода “Алмаз”, где руководил строительством нескольких серий катеров для ВМФ и пограничной службы ФСБ России.

С 2007 года – генеральный директор Средне-Невского судостроительного завода, руководил постройкой и сдачей морского тральщика нового поколения “Вице-адмирал Захарьин”, а также



двух ракетных катеров. Под непосредственным руководством В.А. Середохо на заводе осуществляется комплексная программа внедрения новейших технологий создания кораблей противоминной обороны с использованием композиционных материалов. Сегодня Средне-Невский судостроительный завод стал центром внедрения композитных технологий в судостроении.

В.А. Середохо награжден медалями “300 лет Российскому флоту” и “В память 300-летия Санкт-Петербурга”, почетной грамотой министра промышленности и торговли, медалью МО РФ “За укрепление боевого содружества”, Памятным знаком директора ФСВТС, грамотой губернатора Санкт-Петербурга. Имеет звание “Почетный судостроитель России”.

В канун Нового года, 29 декабря 2012 года, ОАО “Средне-Невский судостроительный завод” (СНСЗ), входящее в ОАО “Объединенная судостроительная корпорация”, выпустило официальный пресс-релиз, в котором сообщалось, что на предприятии окончательно завершено формирование корпуса головного корабля

противоминной обороны для Военно-морского флота России, и снята матрица, в которой происходило формирование. Корпус тральщика изготовлен из стеклопластика методом *вакуумной инфузии*.

Примечательно, что на этом этапе отмечившему 100-летний юбилей ОАО “СНСЗ” удалось

установить **мировой технологический рекорд** – впервые из композиционного материала был изготовлен монолитный корпус длиной более 60 метров с высотой борта более 8 метров, водоизмещением порядка 1000 тонн. Утверждается, что такая операция была проведена впервые в мире и представляет собой важную веху в развитии неметаллических корпусных технологий.

Для успешного внедрения этой технологии завод был оснащен современным оборудованием и программными продуктами от ведущих мировых производителей. После полного освоения этих технологий предприятие станет единственным в России, где возможно строительство монолитных корпусов кораблей и судов из стеклопластика длиной до 80 метров. В настоящее время корпус тральщика переведен в достроечный цех предприятия, где будет проводиться его “насыщение” – установка устройств и оборудования. В середине 2014 года планируется спуск корабля на воду.

Новый тральщик был спроектирован Центральным морским конструкторским бюро “Алмаз”. Траление ведется самым современным способом – с помощью подводных аппаратов, действующих впереди по курсу. Тральщик будет обладать уникальными возможностями по позиционированию, причем даже при высокой волне – он сможет обнаруживать мины, в том числе зайленные, при пяти баллах, и вести работу с ними. Сейчас ОАО “СНСЗ” осуществляет подготовку производства к строительству крупной серии таких кораблей для ВМФ России и на экспорт.

В 2010 году ОАО “СНСЗ” завершило модернизацию стеклопластикового производства, что позволило строить из стеклопластика суда больших размеров. Корпус из композиционных материалов весит существенно меньше аналогичного по прочности корпуса из стали, и имеет более долгий срок эксплуатации. В аспекте внедрения средств автоматизации работы с композитами ОАО “СНСЗ” является лидером российской промышленности. С 2009 года завод успешно применяет систему **Fibersim** для автоматизации технологического проектирования и моделирования укладки слоев сухой ткани на сложные поверхности. Эта система способна учитывать свойства и характеристики ткани, включая направление волокна, для достижения высочайшего качества готового изделия. Система **Fibersim** зародилась в недрах американской компании **VISTAGY**, которую основал

**Steve Luby** в 1991 году. Среди её заказчиков – **Bombardier Aerospace, General Motors, NASA, Lotus Renault GP** и др. **В декабре 2011 года VISTAGY была приобретена компанией Siemens PLM Software**, и теперь специализированные решения для моделирования изделий из композитов удачно сочетаются с предложениями **SPLM** для авто-, авиа- и судостроения, ветроэнергетики и других отраслей. Как известно, объемы использования композитов ежегодно возрастают – в том числе, благодаря снижению стоимости расходных материалов, специальных тканей и смол, а также развитию специализированного ПО.

100-летие СНСЗ, а также установленный мировой рекорд, стали прекрасным поводом для встречи руководства предприятия с **Observer’ом** на предмет подготовки материала в рамках редакционного проекта **“Формула успеха”**. Предлагаем вниманию читателей эксклюзивное интервью **Владимира Александровича Середохо**, генерального директора ОАО “СНСЗ”, и **Алексея Юрьевича Софронова**, зам. начальника ТУ по САПР.

*– Владимир Александрович, скажите, какими соображениями руководствовались официальные лица ВМФ, заказывая ЦМКБ “Алмаз” проект минного тральщика с корпусом из композиционных материалов? Такой корпус улучшает мореходные качества, менее затратен при производстве и эксплуатации, или же диктуется военным назначением корабля?*

**– В.А.:** Разновидность корабля, о котором мы сегодня беседуем, – минный тральщик. Само название свидетельствует о том, что главное его назначение – бороться с морскими минами: обнаруживать и уничтожать их. Это значит, что корпус корабля должен быть надежно защищен и обладать особыми свойствами. С давних времен



*После завершения испытаний на Балтике морской тральщик-искатель мин “Вице-адмирал Захарьин” перешел по внутренним водным путям в Новороссийск, где в 2009 году был принят в состав Черноморского Флота*

минные тральщики строились из материалов, которые несут минимальные физические поля – электрические и магнитные. Самые первые наши тральщики, построенные в 30-е годы XX века, были деревянными. Потом на смену пришла эпоха маломанитных тральщиков. А с 1960-х годов мы стали осваивать и применять технологию постройки корпусов кораблей из стеклопластика. За прошедшие десятилетия мы накопили очень большой опыт работы с этим композиционным материалом. Когда принималось решение о модернизации и “омоложении” ВМФ России, по направлению минных тральщиков было решено продолжить строительство тральщиков по технологии, учитывающей развитие современных композиционных материалов и методов их применения.

– Скажите, а в странах НАТО и в развитых странах АТР (Япония, Китай, Индия, Южная Корея) корпуса тральщиков тоже делают из композитов? А переборки, палубы, надстройки, рубки, мачты и пр.?

– В.А.: Да, конечно. Дело в том, что в 1970–80 годы СНСЗ построил и экспортировал более сотни тральщиков из стеклопластика в 13 стран мира. Сегодня производство подобных тральщиков хорошо развито в Швеции, Италии, Южной Корее. Наиболее продвинутым, на наш взгляд, является шведский концерн *Kockums* (входит в группу *ThyssenKrupp Marine Systems*), который, помимо прочего, строит корветы класса *Visby*. Применяемая ими технология создания корпусов из трехслойного композиционного материала была недавно продана в США.

Материал, из которого производятся тральщики (ткань и смолы), и мы, и наши зарубежные коллеги закупаем у одних и тех же поставщиков – ведущих мировых производителей. Поэтому о продвинутости судоверфи судят не столько по виду композиционного материала, из которого они строят суда, а по применяемой для этого технологии. Изюминка именно в ней. При разработке технологий в рамках проекта нового стеклопластикового тральщика, перед нами стояла цель ориентироваться не на сегодняшний день, а создать в этом плане задел на будущее.

Когда мы говорим про композитный корпус, то подразумеваем, что из композитов выполнены все корпусные конструкции, включая переборки, палубы, надстройки, рубки, мачты и прочее. Как правило, задача верфи состоит в том, чтобы построить платформу – корпус корабля – и грамотно отладить работу в кооперации с производителями оборудования и комплектующих, сборка которых также осуществляется на верфи.

– Хотелось бы получить вашу оценку состояния дел с применением композитов в кораблестроении/судостроении России: находится ли отрасль

*“впереди планеты всей”, идет параллельным курсом или в кильватере мировых лидеров, либо безнадежно отстала в безбрежном океане технологий?*

– В.А.: По моему личному мнению, мы точно не отстаем от иностранных коллег. В определенных аспектах мы даже их опережаем. Сегодня, как я уже говорил, для строительства композитных корпусов мы используем импортные материалы. Но это только на время. Некоторые представители российской химической промышленности, узнав о разворачивании строительства серии судов из композиционных материалов, начали перестраивать свое производство, и буквально через три-пять лет мы будем использовать аналогичные, но уже российские материалы. На иностранном материале, который был быстро доступен нам для проекта нового тральщика, мы отработали технологию создания корпуса. Теперь нам известны необходимые характеристики и свойства, которыми должен обладать материал. Мы точно знаем, чего требовать от местных поставщиков. ☺

– Как я понимаю, вы столкнулись с трудностями, вызванными развалом химической промышленности России, выпускавшей стекло- и углеволокну, связующие и др. компоненты ПКМ. Известно, что цены на их зарубежные аналоги просто огромны. Препоны встают и на пути сертификации и “узаконивания” иностранных материалов в России. Как удалось выйти из этой ситуации?

– В.А.: Да, для того, чтобы работать с импортными материалами, нам потребовалось получить специальное разрешение. Для этого нужно было провести серию испытаний материалов и получить в результате положительные характеристики. Мы прошли программу испытаний, необходимую для легализации иностранных композиционных материалов в России. Сегодня они легализованы не как смола или ткань, а как элементы конструкционных материалов судна. Вы правы в том, что этот процесс – небыстрый. У нас он занял несколько лет. Проработку темы использования новых материалов мы начали в 2009 году, а разрешение на их использование получили в 2011-м. Для этих целей при Правительстве РФ действует межведомственная комиссия, которая изучает опыт применения различных материалов и выдает на это разрешения. Материал, из которого мы создавали новый стеклопластиковый тральщик, имеет теперь в России свое имя и код.

– Каким был опыт применения композиционных материалов на СНСЗ, предшествовавший проекту нового минного тральщика?

– В.А.: “Средне-Невский судостроительный завод” в 1967 году первым в мире построил стеклопластиковый корабль. Это было наше ноу-хау. В Европе первый подобный

корабль был построен в Великобритании в 1972 году. В конце 1950-х и первой половине 60-х годов в бывшем СССР очень бурно развивалась химическая промышленность и технологии, с этим связанные, что позволило нам сделать такой качественный рывок. При этом все используемые заводом материалы – ткани и смолы – были только отечественного производства. Разумеется, технологии, применяемые тогда, существенно отличались от современных. Однако, каждая технология разрабатывается под свойства конкретного материала. Если материал меняется, то и технология должна быть адаптирована. Особенно это касается экологичности (токсичности) материала, что приводит к необходимости применять другие требования к организации такого производства.

В 1990-е годы проблемы начались и у нас, и во всем государстве. Прежняя страна

прекратила свое существование, а новая только создавалась. Многие процессы на заводе зашли в тупик... В тот момент руководству страны было не до развития флота и промышленности. Благодаря богатому заделу, мы прожили в таких условиях 20 лет, пусть и без активного развития.

Сейчас у нас, слава Богу, настали другие времена. Государство имеет больше финансовых ресурсов, а среди главных его приоритетов – развитие “морской составляющей”, как гражданской, так и военной. **РФ – мировая морская держава!** Когда почти 22 тыс. миль границ омываются водами морей и океанов, разговоры о сухопутной стране – некорректны. Я считаю, что развитие морского флота вызовет подъем экономики, что и втянет её естественным путем в международную кооперацию. Мы получим прямой выход на любую страну мира, сможем

История **ОАО “Средне-Невский судостроительный завод”** (входит в ОАО “Объединенная судостроительная корпорация”) началась в 1912 году, когда была основана Усть-Ижорская верфь для постройки боевых кораблей. За прошедшие сто лет завод спустил на воду более 500 кораблей и судов, созданных по 43-м проектам.

Сегодня предприятие обеспечивает полный цикл работ по строительству кораблей и судов из маломанитных и обычных сталей, алюминия и стеклопластика, начиная с разработки рабочей конструкторской документации и заканчивая поставкой судна заказчику.

ОАО “СНСЗ” строит корабли и суда следующих габаритов: длина – до 110 метров, ширина – до 16 метров, осадка – до 6 метров, спусковой вес – до 2500 тонн. Предприятие активно работает на рынке гражданского судостроения. В 2008 году для МЧС России было построено многоцелевое пожарно-спасательное судно проекта 04017, предназначенное для тушения пожаров, спасения людей на воде, контроля над экологическим состоянием акватории, обеспечения работы водолазной службы. В настоящее время ведется строительство из композиционных материалов пассажирского катамарана на 150 мест, а также серии из шести буксиров.

ОАО “СНСЗ” – единственный в России завод, владеющий передовой технологией формирования стеклопластиковых корпусов методом вакуумной инфузии. Конкурентным преимуществом предприятия является то, что с применением этой технологии оно может строить самые большие в мире монолитные корпуса. В 2012 году здесь был установлен мировой технологический рекорд:



методом вакуумной инфузии изготовлен монокок длиной 62 метра из монолитного стеклопластика.

ОАО “СНСЗ” предлагает заказчикам диверсифицированную линейку продукции: тральщики, ракетные катера, многоцелевые патрульные ка-

тера, буксиры, пожарные суда, гидрографические суда, рабочие катера, пассажирские паромы, экологические суда (в том числе для ликвидации аварийных разливов нефти). Предприятие готово и к организации совместного производства с использованием инновационных технологий, применяемых заводом при строительстве судов из композиционных материалов. Главными принципами работы предприятия являются максимальное удовлетворение требований заказчика, строгое соблюдение сроков выполнения договорных обязательств, установление долгосрочных партнерских отношений.

С 2010 года на предприятии внедрена система качества, соответствующая международному стандарту *ISO 9001:2008*.



*Корвет проекта 20382 “Тигр” с зенитным ракетным комплексом “Риф-М”*

вести с ней торговлю и участвовать в совместных проектах.

Наша страна уникальна по своему территориальному расположению. Без хорошей морской инфраструктуры и современного флота нашему государству будет трудно войти в кооперацию с другими странами. Более того, государственный флаг на корабле – это имидж страны за рубежом. Напомню читателям, что в советские времена мы обладали самым мощным в мире рыболовецким флотом, имели квоты на вылов рыбы по всему миру. Поэтому флаг СССР был хорошо узнаваем.

– Готовясь к этому интервью, я просмотрела доступные публикации и обратила внимание на несовпадения тактико-технических данных тральщика, озвученных устами высокопоставленных работников СНСЗ. Например, сильно разнятся данные по длине тральщика (46м, 50м, почти 52м, 62м, 70м, более 70м и 75м) и его водоизмещению (от 500 до 1000 тонн)... Уточните, пожалуйста, эти цифры.

– В.А.: Поскольку владельцем тральщика является его заказчик, мы не можем называть точные характеристики. Длина корабля – более 60 метров, а водоизмещение – до 1000 тонн.

– Хотелось бы уточнить, из какого ПКМ изготовлен корпус тральщика – из стеклопластика или углепластика? В прессе называют и то, и другое, причем со ссылкой на Вас, Владимир Александрович...

– В.А.: При создании данного тральщика мы применяли как стеклопластик, так и углепластик. В каких объемах и где именно, мы, к сожалению, указывать не можем.

– А как обстоят дела с ремонтпригодностью – в случае появления пробоины, например?



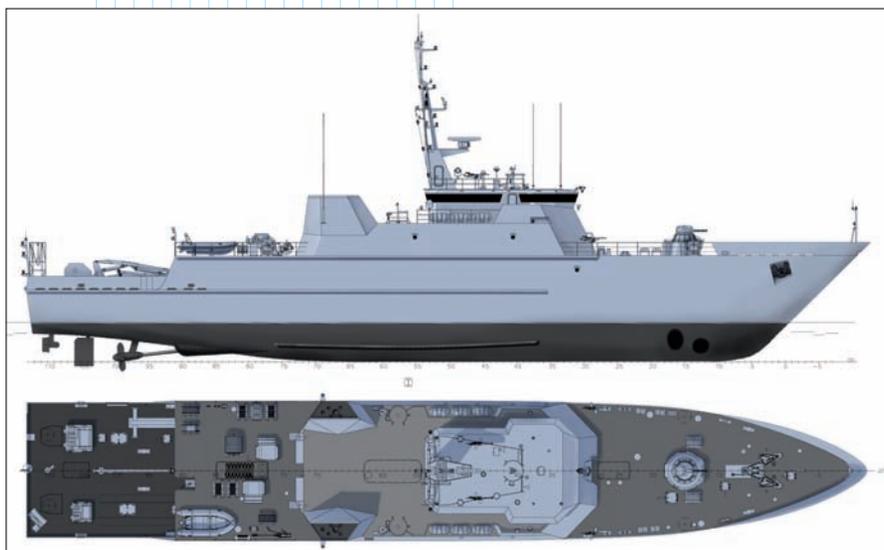
Алексей Софронов

– В.А.: Технология ремонта нового тральщика детально отработана, операции расписаны по пунктам. Пробоину можно заделать, находясь еще в море. Ремонтпригодность композитного корпуса – очень высокая. Технология восстановления целостности его контура расписана и испытана. Передавая корабль в эксплуатацию, вместе с ним мы передаем полное описание всех ремонтов, которые можно сделать, находясь в море или на базе. Использование композиционных материалов в этом аспекте дает большой плюс в сравнении с металлом.

– В каком виде, электронном или бумажном, ЦМКБ “Алмаз” передало заводу проект тральщика? Были ли здесь сложности, и если да – какие? Как решались и решаются проблемы интероперабельности программных систем КБ и завода? Насколько гармонизировано и унифицировано оснащение CAD/CAM/CAE/PDM-системами в КБ и на заводе?

– А.Ю.: Чертежи проекта тральщика были переданы нам в электронном виде. Поскольку в ЦМКБ “Алмаз” разработкой чертежей разных частей кораблей занимаются разные отделы, наш завод взялся разработать по этим чертежам трехмерные модели, чтобы затем четко увязать всё вместе перед производством. Выявленные в процессе создания 3D-моделей спорные вопросы мы согласовываем с сотрудниками ЦМКБ до этапа производства. На этапе такого согласования мы используем трехмерное моделирование.

– В.А.: Дело в том, что информационные системы ЦМКБ “Алмаз” и СНСЗ – совместимы. Мы используем решения от одного поставщика – компании



Перспективный корабль противоминной обороны (вид сбоку и сверху)

AVEVA. В прежние годы ЦМКБ “Алмаз” использовало специализированную САПР для судостроения – *Tribon*, которая, как Вы знаете, была приобретена английской компанией AVEVA в 2004 году. Так на это предприятие пришла AVEVA. Чуть позже наш завод сделал выбор в пользу решений AVEVA уже вполне осознанно. Сделка по приобретению лицензий состоялась в 2008 году. Мы стали первыми заказчиками компании AVEVA из отрасли судостроения в России, когда работали еще в ОАО “Морской завод ‘Алмаз’” в 2005 году.

По конфигурации наша цифровая модель тральщика повторяет модель ЦМКБ “Алмаз”, но она делается уже с учетом потребностей процесса производства. Вся технологическая подготовка производства осуществляется по этим 3D-моделям. С внедрением на площадке ЦМКБ решения AVEVA Marine, глубина проработки технического проекта с их стороны увеличивается, у конструкторов остается больше времени на проработку, так как остальные процессы хорошо автоматизированы.

– **А.Ю.:** Я хотел бы пояснить, что разработчик создает конструкторскую модель, а мы, как производитель изделия, создаем технологическую модель того же изделия. Эти две модели не могут быть идентичными, они – разные. Разрабатывая проект, КБ рассчитывает, что его могут реализовать на разных заводах. У заводов не бывает одинаковых технологий производства. Соответственно, технологическая модель одного и того же изделия на каждом заводе будет своя. Единственная сложность состоит именно в этом. Непосредственно при передаче данных все возникающие технические вопросы решаются сравнительно легко.

– *Какое ещё ПО, кроме AVEVA Marine, используется на заводе для создания технологических моделей изделий?*

– **А.Ю.:** Мы активно используем систему **Fibersim** от компании **VISTAGY**, которая недавно стала частью **Siemens**. Надо отметить, что *Fibersim* – не самостоятельное решение, а надстройка. Для функционирования ему необходимо какое-либо CAD-ядро. Таким ядром может служить **NX**, **CATIA** или **Pro/ENGINEER (Creo)**. Исходя из соображений минимизации затрат, в качестве CAD-ядра мы выбрали **Pro/E**; других работ с помощью этой САПР мы не выполняем.

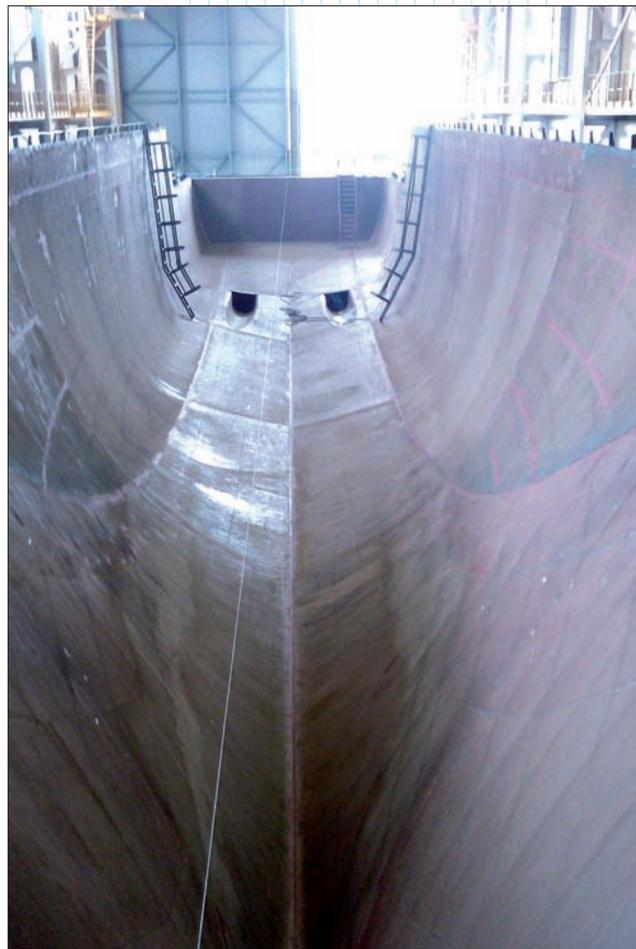
– *Что представляет собою матрица, в которой был отформован корпус тральщика? Как были изготовлены её составные части? Как механизирована эта матрица?*

– **В.А.:** Представьте корабль и внешние обводы его корпуса. Матрица – это полная и точная копия внешних обводов, но сделанная

из металла. Её можно считать вторым корпусом корабля. Этот второй корпус мы поделили на несколько частей для того, чтобы он раздвигался, и чтобы мы могли вывести корабль из этой матрицы. А затем – снова свести все части вместе для создания следующего корпуса.

Рабочим проектированием матрицы занимался Алексей Софронов вместе с заводским бюро и ЦМКБ “Алмаз”. Матрица была создана в 3D, поверхности для нее мы брали из 3D-проекта корабля. Детали матрицы “кроили” на станках с ЧПУ, затем матрица была собрана вместе в виде объемной конструкции. Составные части матрицы двигаются на специальных тележках. Внизу в цехе проложены рельсы, по которым матрицу можно везти в цех и вывезти при необходимости. Наша матрица – многоразового использования. Мы рассчитываем, что с её помощью сможем создать более 50-ти корпусов тральщиков, подобных этому.

– *Матрица – изделие дорогое. Вероятно, такой способ постройки корпуса оправдан экономически только в том случае, когда корабль будет изготавливаться серийно?*

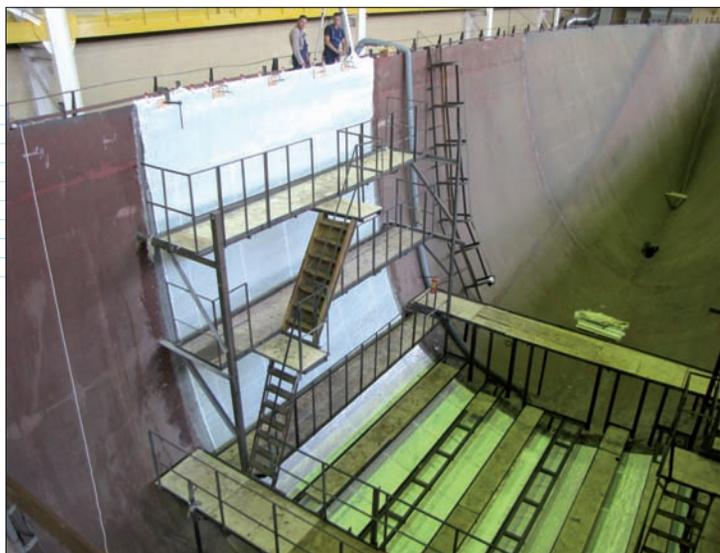


*Матрица корпуса*

– **В.А.:** Это справедливо в отношении любого изделия, изготавливаемого из композиционных материалов вакуумными методами. Они предполагают создание очень большого количества оснастки. Один головной образец не способен окупить стоимость изготовления всей этой оснастки. При запуске любого проекта, в который вовлечены композиты, у руководителя должно быть понимание в отношении серийности будущего изделия. Мы сознательно шли на большие расходы, связанные с созданием оснастки для нового стеклопластикового тральщика, поскольку знали, что он пойдет большой серией. Новый министр обороны и главком ВМФ дали “зеленый свет” строительству кораблей из композитов, так как это изделия нового поколения.

Созданный стеклопластиковый корпус – универсален, он может быть использован не только для тральщика, но и кораблей другого назначения. **Принято принципиальное решение о строительстве на нашем заводе серии кораблей из композитов.** Мы создали у себя уникальное производство с точки зрения конструкций, возможных объемов и применяемых технологий. В 2014 году мы сдадим заказчику головной тральщик и начнем разворачивать серийное производство.

– *Можно ли получить общее представление о технологическом процессе формования корпуса? Если раскрой и укладку слоев армирующего материала в матрицу представить еще как-то можно, то пропитку “тирога” связующим и сам процесс формовки – трудно. Процесс пропитки и*



*Выкладка слоев стеклоткани в матрицу*

*формовки для таких больших изделий осуществляется одновременно для всего корпуса или же для его половины, либо для отдельного отсека? Дополнительной прижимной силы для формовки методом вакуумной инфузии, по-видимому, не требуется?*

– **В.А.:** Как Вы понимаете, вдаваться в детали и нюансы данного процесса я не могу. Есть матрица, о которой мы говорили выше, в которую слоями мы укладываем материал. Затем этот материал пропитывается по специальной технологии. Смола по определенным правилам подается под давлением между матрицей и технологическим чехлом. Так происходит пропитка смолой и полимеризация.

**Метод вакуумной инфузии** основан на применении вакуума для пропитки армирующего материала связующим. Данный метод широко применяется для малосерийного производства деталей – как небольших, с площадью поверхности в несколько кв.м., так и крупных, таких как корпуса судов.

Вакуумная инфузия предоставляет еще одно преимущество – время. Обычная проблема, которая возникает при открытом формовании – временной фактор. Время жизни многих смол – порядка 30 минут, иногда – до двух часов. Смолы с долгим временем жизни, кроме того, отсрочивают время готовности детали (полной полимеризации). Но, в любом случае, временной лимит очень важен при техниках открытого формования. Выкладка больших деталей может занимать более двух часов. Подготовка ламината при вакуумной инфузии не ограничена по времени, так как вакуумный пакет накладывается на сухую деталь. После того как он наложен, утечки могут быть спокойно обнаружены и устранены. Никаких временных ограничений нет до тех пор, пока не принято решение о вводе смолы.

Не менее важно и то, что инфузия – очень чистый процесс. Нет нужды в кистях, валиках, смола

не разливается и не разбрызгивается. Работник не пачкает одежду и руки, ему не нужен респиратор, так как нет вредных испарений смолы. Процесс инфузии намного чище, безопасней и предлагает дружественные условия работы.

Преимущества метода:

- значительное снижение эмиссии стирола при работе с полиэфирными смолами;
  - возможность изготовления крупногабаритных изделий;
  - снижение количества отходов;
  - низкая стоимость материалов и оборудования;
  - улучшение соотношения армирующего материала и смолы (повышение прочности и лёгкости изделия);
  - за счет снижения доли смолы в ламинате, достигается снижение температуры экзотермического пика, а, следовательно, поверхность изделия меньше подвержена деформации.
- Недостатки метода:
- трудоемкость;
  - высокие требования к квалификации работников;
  - ограничение применения наполнителя.

На самом деле, когда наш завод официально объявил о достижении технологического рекорда в процессе создания корпуса тральщика, несведущие люди неоднократно говорили и писали о том, что в мире были прецеденты создания более длинных судов из композитов. Так вот, для них я официально сообщаю о том, что дело здесь совсем не в длине корпуса, а в высоте борта. **Нам удалось внедрить технологию, благодаря которой мы создали корпус из композита с высотой борта более восьми метров. По нашей информации, подобных прецедентов в мире не было.**

Главная сложность состоит в том, что, при пропитке ткани смолой, начиная с определенной высоты, набирают силы химические процессы, способствующие образованию пузырьков и газов, что при полимеризации нарушает прочность корпуса. Мы нашли способ, который позволил поднимать смолу на высоту более восьми метров. В этом и заключается наше ноу-хау при использовании метода вакуумной инфузии для создания корпусов кораблей. До сих пор, даже в продвинутой в этом направлении Европе, смолу поднимали максимум на шесть метров.

*– Насколько поддается автоматизации процесс укладки сухого материала в матрицу? Нельзя ли для выполнения этой работы использовать промышленные роботы?*

**– А.Ю.:** Этот процесс автоматизирован лишь частично. Первый робот, предназначенный для укладки сухой ткани рулонного типа, был продемонстрирован американской компанией *Magnum Venus Plastech* на парижской профильной выставке уже после того, как мы приступили к работе по формированию корпуса. Из-за своей крайне высокой стоимости, оправдать использование этого робота на нашем производстве, с учетом наших объемов, пока невозможно.

А вот раскрой ткани, её разметка и подача – это полностью механизированные процессы. Вручную происходит только “выкладка” слоев ткани на оснастку.

Как только мы запустим в ближайшие годы серии гражданских судов из композитов, для нас будет иметь смысл приобретение роботов для укладки сухой ткани. Отказываться от автоматизации нельзя.

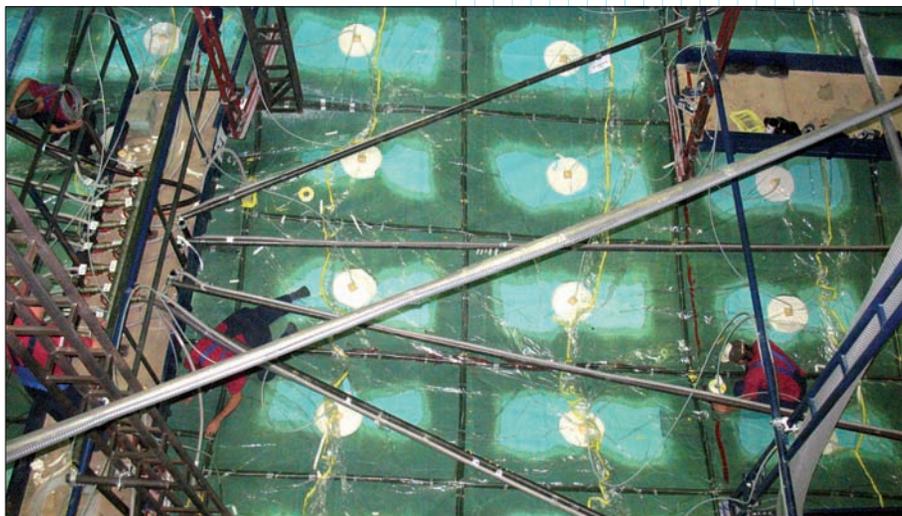
*– На каком этапе закладываются силовые элементы корпуса – шпангоуты, стрингеры и т.д.? Как силовой каркас скрепляется с оболочкой корпуса?*

**– А.Ю.:** Сначала формируется оболочка корпуса, а потом в нее закладываются все силовые элементы. Эта технология “приформовочных угольников” применяется во всем мире.

*– Алексей Юрьевич, давайте вернемся в 2009 год, когда СНСЗ приобрел программное приложение у тогда еще независимой от Siemens американской компании VISTAGY. Какие задачи были поставлены руководством предприятия перед вашим отделом в технологическом плане? Что побудило вас познакомиться с имеющимися на рынке системами для проектирования из композиционных материалов?*

**– А.Ю.:** Дело в том, что связующий элемент, применяемый при изготовлении композитов, очень токсичен. Формование такого крупного изделия, как корпус, открытым способом – опасно для здоровья. Поэтому мы выбрали способ закрытого формования корпусных конструкций. Для того чтобы его обеспечить, нам нужно было решить вопрос укладки сухой ткани на сложные поверхности матрицы корпуса корабля. Вручную невозможно рассчитать, правильно раскроить и разметить для укладки все слои ткани будущего материала. А нам нужно было уложить более 30-ти слоев ткани! И что делать, если появятся заломы или же ткань будет тянуться?

К счастью, мы получили сведения, что есть программное решение, которое позволяет моделировать слои, учитывая свойства ткани, её драпируемость. В 2008 году мы уже плотно занимались изучением этой темы, поскольку работы по проекту нового стеклопластикового тральщика уже велись на предприятии. В проекте были заложены очень жесткие и высокие требования к прочности корпуса, которые возможно достичь только при строгом учете направления волокон ткани в процессе её укладки. В решении всех перечисленных задач как раз и помогает *Fibersim*.



*Подача связующего по системе трубок в стеклопакет под вакуумом*

**ЗАО “Инновационные технологии и решения” (ЗАО ИТС)** – компания, занимающаяся трансфертом и внедрением передовых технологий металлоформования, проектирования и управления жизненным циклом изделий преимущественно в аэрокосмической отрасли России и СНГ. С 2008 года ЗАО ИТС имеет статус “Платинового дистрибьютора” компании *Siemens PLM Software*. С 2012 года является стратегическим партнером компании *Siemens PLM Software* со специализацией в области технологий разработки и производства конструкций из композиционных материалов на базе линейки продуктов *Fibersim* (департамент специализированного инжиниринга).

То есть, в общем и целом, на поиск специализированного решения для работы с композитами нас побудили необходимость выполнения условий заказа и вопрос устранения токсичности производства, поскольку при создании подобных корпусов для пропитки и полимеризации ткани подается несколько десятков тонн смолы.

– *Опишите, пожалуйста, на каком этапе создания корпуса судна в ход идут средства системы Fibersim? Известно, что при укладке мультиаксиальных тканей на поверхность сложной формы возникают затруднения из-за сравнительно большой толщины материала и низкой растяжимости. Видимо, это обстоятельство стало дополнительным стимулом для освоения Fibersim?*

– **А.Ю.:** После сборки матрицы мы сканируем её поверхность. Результаты сканирования сравниваются с 3D-моделью матрицы. При необходимости мы корректируем поверхность матрицы. Надо сказать, расхождения более чем на 3÷4 мм у нас не было.

Высокая точность матрицы дает нам уверенность в том, что при моделировании укладки слоев ткани средствами *Fibersim* не будет неожиданностей. Понимаете, ни одно КБ, разрабатывающее конструкцию корабля, не представляет, что значит уложить ткань столькими слоями, и каким будет её поведение. Раньше все это делалось вручную и долго, основываясь лишь на опыте, полученном специалистами за многие годы работы. Смена поколений привела к необходимости автоматизации этого процесса, применению специальных средств для моделирования укладки слоев. Кроме того, новые материалы – такие, как квадроаксиальная ткань, например – обладают другими свойствами, в сравнении с биаксиальной тканью. Если есть возможность предсказать поведение такой ткани с помощью *Fibersim*, то это нужно использовать.

– *Какие еще программные решения вы рассматривали в качестве кандидатов? Посещали ли ваше предприятие поставщики этих решений или ваши сотрудники выезжали в офисы разработчиков? Знакомились ли вы с опытом применения ПО VISTAGY на других судостроительных предприятиях?*

– **А.Ю.:** Мы много ездили и знакомимся с зарубежным опытом. Мне запомнилась поездка в шведский концерн *Kockums*, о котором я уже рассказывал. *Kockums* не применяет *Fibersim*, а пользуется собственными разработками. Однако их специалисты поддержали наши устремления в сторону *Fibersim* как лучшего решения в этой сфере. В результате наших поисков мы пришли к пониманию, что для выполнения поставленных перед нами задач подходят два решения: *Fibersim* от *VISTAGY* (теперь *Siemens PLM Software*) и *Composites Design 3 (CPD)* – от компании *Dassault Systèmes*. Мы бы с удовольствием посетили предприятия, на которых применяют *Fibersim*, но в то время это были преимущественно американские компании, и поэтому осуществить эту идею было невозможно по ряду причин.

– *Какими основными критериями вы руководствовались при оценке и выборе системы для проектирования из полимерных композиционных материалов?*

– **А.С.:** Критерии были зафиксированы в условиях тендера. Одним из условий была возможность передачи данных в систему-претендент из применяемого нами решения *AVEVA Marine*. Во-вторых, требовалось наличие опыта использования системы-претендента в судостроительной отрасли. В-третьих – привлекательное ценовое предложение. В-четвертых – наличие команды поддержки в России.

Эти требования стандартны и предъявляются к самому разному ПО. Для передачи данных из *AVEVA Marine* в *Fibersim* мы используем форматы *STEP* и *IGES*.

– *Какие характеристики или особенности Fibersim повлияли на ваш выбор в пользу этого решения?*

– **А.Ю.:** Кроме всего прочего, мы сравнивали *Fibersim* с модулем *CATIA – Composites Design 3 (CPD)* – от компании *Dassault Systèmes*. В этом сравнении *Fibersim* получил явное преимущество благодаря тому, что в его составе есть функционал, направленный на решение технологических задач, в том числе на оформление технологической документации. Вопрос цены также стоял остро. *CATIA* – это функционально развитая, но очень громоздкая, трудная в освоении и дорогая в поддержке система. Тандем *Pro/E* в качестве *CAD*-ядра и *Fibersim* выглядел с этих позиций более выигрышно для нас.

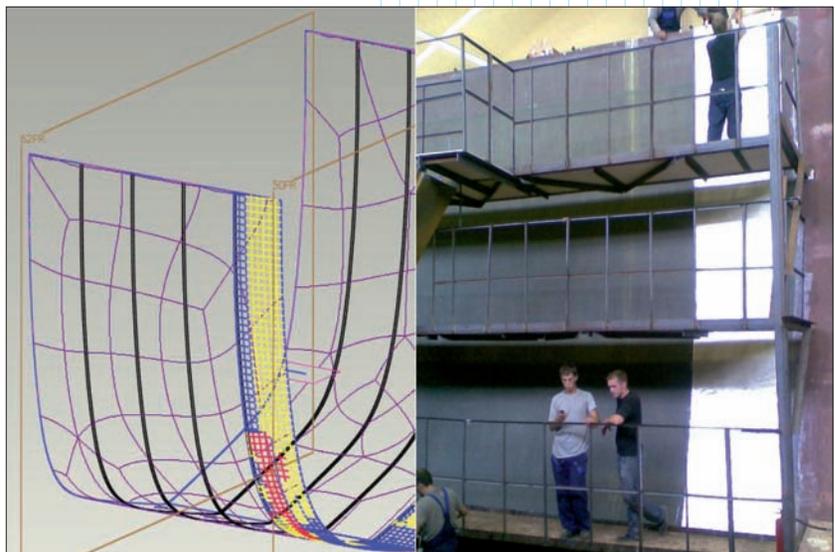
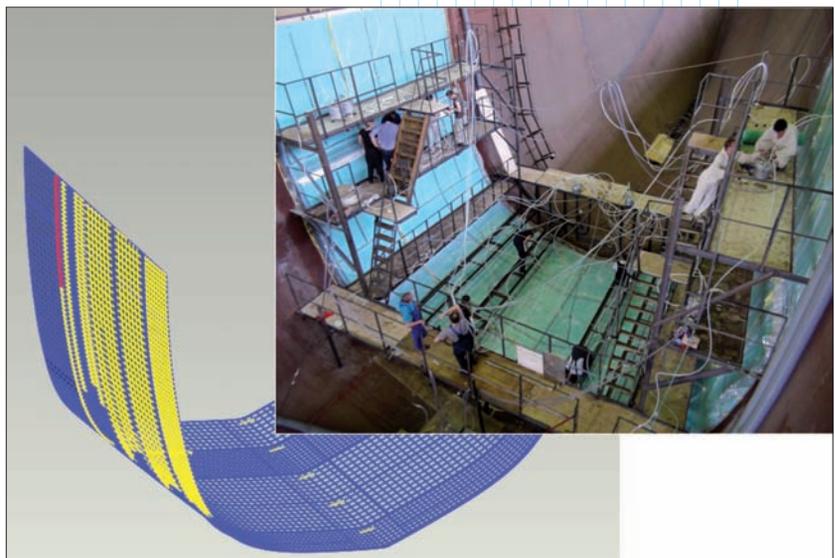
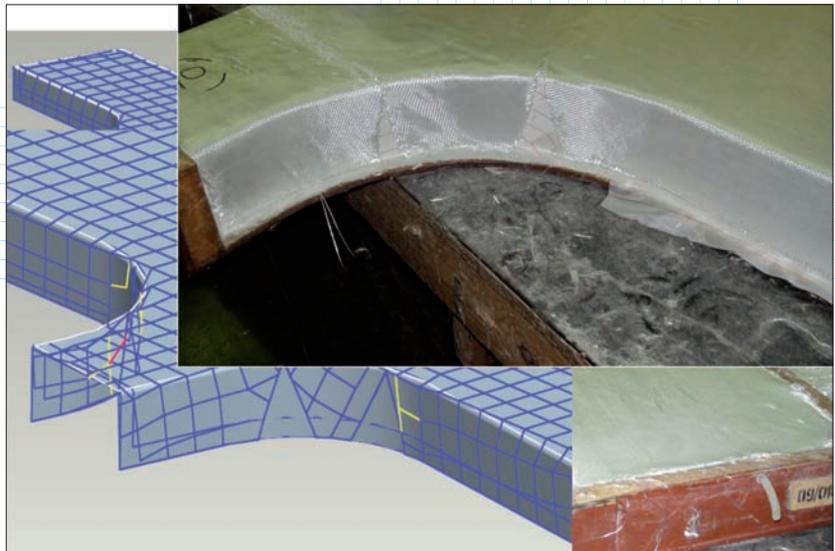
– Кто еще подал заявки на участие в объявленном вами тендере на поставку ПО для композитов?

– **А.Ю.:** Кроме компании ИТС с *Fibersim*, заявки на тендер подали также два российских партнера *Dassault Systèmes*: московская компания *NetNet* и питерская – *Mebius*. Обе они предлагали несколько модифицированные решения на базе *CATIA*. Однако, исходя из применимости решения к нашим задачам, из имеющегося функционала и общей стоимости владения, мы решили остановиться на предложении от ИТС и выбрали *Fibersim*. Позитивное влияние оказало также то, что на наше предприятие приехали один из руководителей *VISTAGY* в Европе, **Dave Watson**, и технический директор *VISTAGY*. Более того, когда компания выпустила новое приложение, предназначенное для работы с мультиаксиальными тканями, нам оно было предоставлено для бета-тестирования. В Европе это приложение тогда еще никто не использовал.

– **В.А.:** Добавлю только, что в результате отбора мы хотели получить солидного и надежного партнера, с компетенцией и опытом в этой сфере. Возможно, на рынке есть и другие, более мелкие вендоры ПО, предлагающие схожую функциональность, но все они не имеют такого богатого опыта и истории развития, как *VISTAGY*. Это было бы рискованно, принимая во внимание необходимость выполнения нами контракта ВМФ в срок.

– Применение композиционных материалов, а также их проектирование наверняка требуют специфических знаний и наработанных методик. Как было организовано и кем осуществлялось обучение работе с системой *Fibersim*?

– **А.Ю.:** Обучение осуществлялось на территории завода силами команды ИТС. Обучение велось по программе, но не только. Мы попросили ИТС вовлечь в этот процесс опытного человека, специализирующегося на применении композитов в судостроении. Нам предложили услуги специалиста с очень высокой квалификацией. Он прочитал серию лекций не только для инженеров, но и для всех рабочих и



*Разработка модели в системе Fibersim с привязкой к технологии производства*

мастеров нашего завода, которые имеют отношение к композитному производству.

Непосредственно работе с системой *Fibersim* обучали специалисты ИТС. Обучение длилось месяц, и в его рамках мы получили пятерых сертифицированных специалистов.

– *Кто на тот момент в России обладал большей компетенцией в отношении применения композитов в судостроении – ваши специалисты или всё-таки поставщик/интегратор Fibersim?*

– **А.Ю.:** С точки зрения поведения композиционного материала и нюансов с этим связанных, компетенция наших специалистов достаточно высокая. Программное обеспечение помогает посмотреть, “что будет если...” Но есть еще и практический опыт. Отмечу, что мы очень удачно наложили знания ИТС на имеющийся у нас практический опыт, что позволило нам успешно двигаться вперед.

– *Как бы Вы охарактеризовали и оценили сотрудничество с командой ИТС?*

– **А.Ю.:** Команда ИТС быстро реагирует на наши запросы, у них хорошо поставлена техническая поддержка и решение вопросов с этим связанных. **ИТС считает наш завод образцово-показательным в аспекте освоения *Fibersim* в России.** Возможно, мы используем систему полнее, и результаты существенно лучше тех, что добилась авиационная отрасль. Более того, мы были первым предприятием в России, кого официально обучили работе с системой *Fibersim*.

– *С какими САПР и PDM-системами взаимодействует Fibersim в рамках вашего предприятия и отлаженных процессов? Как происходит обмен данными между ними? Управляются ли данные, созданные в Fibersim, с помощью PDM-системы?*

– **А.С.:** Результаты работы из *Fibersim* сразу передаются в производство. Поскольку

обеспечить каждого рабочего планшетным ПК пока нет возможности, данные из *Fibersim* выводятся на бумаге. Каждому документу присваивается свой уникальный номер, и его копия дается в архив. Управление такими документами осуществляется пока обычным способом. Наши технические службы обмениваются информацией между собой в электронном виде. Такой всеобъемлющей PDM-системы, о которой спрашиваете Вы, на заводе пока нет. Как говорится, было бы что складывать, а куда – мы обеспечим. ☺

Сейчас мы приступаем к внедрению нового решения компании AVEVA – ERM (*Enterprise Resource Management*), объединившем в себе лучшие качества приобретенной системы MARS и AVEVA VPRM. В структуре этого решения есть модули для управления данными и документами, которые мы будем настраивать под себя.

– *Соответствует ли технологическая документация, выпускаемая с помощью Fibersim для нужд производственных подразделений завода, требованиям ГОСТ или ЕСТД?*

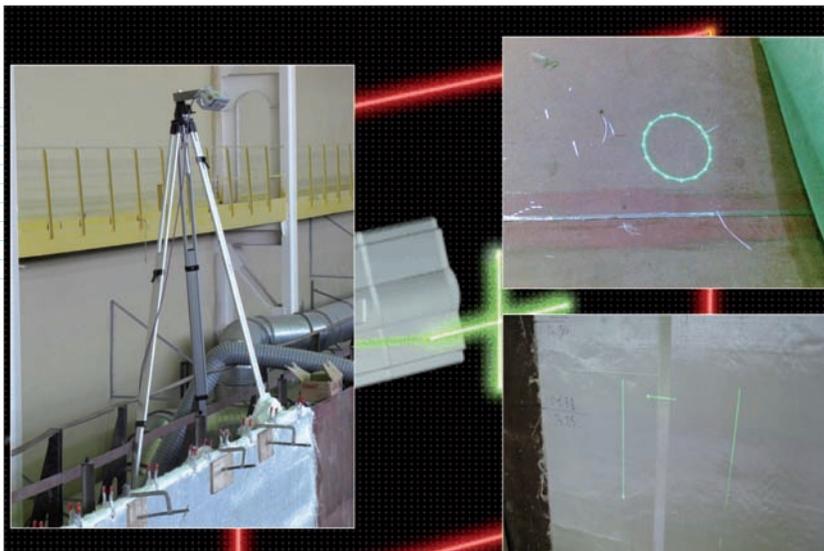
– **А.Ю.:** Технологическая документация, которая выпускается с помощью *Fibersim* и используется внутри завода, может выглядеть так, как удобно предприятию. Она не обязательно должна отвечать всем требованиям ЕСТД – это позволяет принятый федеральный закон о техническом регулировании. Если бы эта документация передавалась за пределы завода – да, в таком случае, она должна была бы быть оформлена по всем стандартам. При необходимости настроить *Fibersim* на выпуск техдокументации по нормам ГОСТ возможно.

– *Можно ли говорить о том, что без применения Fibersim трудоемкость поставленных задач не позволила бы вам выполнить проект в установленные сроки?*

– **А.Ю.:** Если бы у нас не было *Fibersim*, то для выполнения укладки сухой ткани нам пришлось бы задействовать большое количество специалистов с опытом в этой специфичной области, знающих особенности поведения новых материалов в разных ситуациях. Найти даже в Санкт-Петербурге таких квалифицированных формовщиков для специализированного производства с нашими большими объемами – очень трудно. То есть, помимо прочего, ***Fibersim* помог решить задачу снижения трудоемкости процесса укладки сухой ткани в матрицу и повышения качества поверхности корпуса корабля.**



*Сформированный корпус корабля в матрице*



*Передача данных из системы Fibersim для лазерного проецирования*

Переделывать такую укладку очень трудно. Если слои материала будут уложены неправильно, и образуются области с высоким содержанием связующего и низким содержанием армирующего материалов, то всё изделие идет на выброс. Чем лучше спрогнозировано и смоделировано поведение материала заранее, тем эффективнее будет производство.

*– Хотелось бы получить Вашу оценку экономического влияния Fibersim на параметры производства: снижение брака, уменьшение отходов, повышение качества, ускорение процесса подготовки производства и самого производства, ускорение вывода изделия на рынок, своевременное выполнение контрактных обязательств и т.д.*



*Установка плазменной резки*

– **В.А.:** Главный и, пожалуй, самый важный эффект, который мы получили от применения *Fibersim*, это повышение качества изделия. С композитами – это камень преткновения. Нам важно уложить правильно ткань, поскольку от этого зависит качество пропитки и качество поверхности готового корпуса. От того, как направлены волокна ткани, зависит прочность конструкции. Возможность уложить ткань без заломов, без драпирования много дает в плане качества. Моделируя слои в *Fibersim*, мы добиваемся необходимой оптимизации, соответствия между направлениями волокна, влияющими на прочностные характеристики, и технологией пропитки. Хорошая укладка и пропитка – гарантия того, что в корпусе не появятся дефекты, пузырьки и т.д.

**Второй важный эффект от использования Fibersim – это уменьшение отходов производства.** Это, в свою очередь, экономит наши средства.

Скорость производства остается прежней, плановой. Когда Вы печете пироги, Вы же не можете печь их полчаса вместо трех часов, если важно их качество. Так и у нас – качество изделия во главе процесса!

*– Поделитесь, пожалуйста, планами на будущее в отношении Fibersim и других решений Siemens PLM Software. Намерены ли Вы расширять сферы применения этих решений, наращивать компетенцию, покупать лицензии?*

– **А.Ю.:** Группа, использующая САПР, CAE-средства и *Fibersim*, входит в состав Технического управления; её численность – порядка 20 человек. На наш взгляд, она укомплектована оптимальным образом, у нас нет потребности увеличивать или уменьшать её численность. Что касается её загрузки, то существует определенная цикличность – вследствие специфики производства.

В отношении *Fibersim* – мы приобрели максимально полный набор модулей этой системы, поэтому в этом аспекте нам расширяться уже некуда. Мы не жалеем средств на обучение специалистов. Если будет необходимость в дополнительном обучении, мы его закажем. Для расширения кругозора и знакомства с самыми передовыми технологиями, мы отправляем наших лучших специалистов на специализированные выставки, конференции и семинары.



*Проект 150-местного пассажирского катамарана с корпусом из композиционного материала*

В портфеле *Siemens PLM Software* есть решение **Quality Planning Environment**, которое предназначено для контроля качества композиционных изделий – мы рассматриваем возможность его применения. Кстати, в Европе качеству изделий из композитов уделяют сегодня очень большое внимание. Там все уже научились применять композитные материалы в производстве, и теперь закономерным стал вопрос – а как делать это на качественно новом уровне? Если из десяти изделий пять выбрасываются, то с этим нужно что-то делать.

Кроме того, в ближнесрочной перспективе мы хотели бы освоить систему для реинжиниринга – воссоздания объекта в 3D из облаков точек, полученных путем сканирования.

– **В.А.:** В ближайших планах нашего завода – строительство новых цехов для создания гражданской продукции из композитов. Этот процесс уже запущен. Мы начинаем запуск двух серий кораблей: **углепластикового пассажирского катамарана**, который проектируется СНСЗ совместно с ЗАО “ЦКБ Нептун”, и **скоростного судна на подводных крыльях**, которое проектируется

совместно с “ЦНИИ им. акад. А.Н. Крылова”. Отработанные на новом тральщике технологии будут распространены на гражданскую продукцию. Специфика и характеристики военной и гражданской продукции могут различаться, но освоенная нами технология вакуумной инфузии остается общей для этих задач.

– *В чем Вы видите сегодня свою главную задачу в отношении композитов?*

– **А.Ю.:** На мой взгляд, наша главная задача в этом плане – **не только остаться ведущим заводом РФ в области изготовления крупногабаритных композитных конструкций, но и выйти на международный рынок**. Сегодня рынок изделий из композитов растет во всем мире. За композитами – будущее мирового кораблестроения. В Норвегии, например, уже не осталось верфей, которые строят стальные корпуса – всё производство переведено на композиты.

Здесь нужно понимать, что стоимость строительства изделий из металла существенно ниже стоимости строительства из композитов. Выигрыш от использования композитных изделий получается в процессе эксплуатации. С течением лет средняя стоимость выравнивается. Кроме того, срок службы корпусов кораблей из стеклопластика доходит до 60-ти лет. При этом, вес изделия из стеклопластика на 10% меньше, чем из алюминия, а если сравнивать алюминий с углепластиком, то разница будет еще больше. Почему так важен вес? Основной экономический показатель при эксплуатации – расход топлива. Если судно легче, то, соответственно, для него требуется энергетическая установка меньшей мощности и, соответственно, расход топлива будет меньше.

– *Вы могли бы сформулировать главные результаты от применения на ОАО “СНСЗ”*



*Установка автоматизированного раскроя армирующей стеклоткани*

**Мультиаксиальная ткань** – это текстильный нетканый материал, состоящий из нескольких слоев нитей, ориентированных в различных направлениях в соответствии с заданной схемой армирования, которая рассчитывается исходя из нагрузки на материал. Слои ткани прошиваются полиэфирной нитью.

Мультиаксиальная ткань может дублироваться стекломатом из рубленого волокна или нетканым полотном – для лучшей адгезии внутри композита или для отделки поверхности.

В зависимости от количества слоев различают моноаксиальные, биаксиальные, триаксиальные, квадроаксиальные ткани.

Поверхностная плотность выпускаемых тканей варьируется в диапазоне от 300 до 2400 г/м<sup>2</sup>. В зависимости от типа и длины стежка прошивной нити возможно производство ткани с различной степенью драпируемости. Система замасливателей рассчитана на достижение отличной адгезии с полиэфирными, эпоксидными, фенольными смолами.

Преимущества мультиаксиальной ткани перед традиционной ровинговой тканью и стекломатом:

- сокращение количества слоев ткани при укладке и оптимизация процесса изготовления композитов;
- армирование композиционного материала в различных направлениях;
- сокращение расхода смолы до 20÷30%, так как за счет отсутствия переплетения нитей достигается более плотная укладка пряжей по сравнению с ровинговыми тканями и меньшее сопротивление течению связующего;
- сокращение конечного веса композита до 50%;

- увеличение механической прочности в два раза (по сравнению с ровинговыми тканями с аналогичной поверхностной плотностью);

- ровная поверхность ламината (поверхность ровинговой ткани имеет выпуклости в местах переплетения нитей).

Подобные материалы успешно применяются для производства композиционных материалов в различных отраслях и позволяют улучшить прочностные характеристики и повысить качество продукции, а также снизить себестоимость изделий за счет оптимизации технологического цикла.

Область применения мультиаксиальных тканей:

- ветроэнергетика (лопасти, аэродинамическая труба ветряных энергогенераторов);
- авиация (корпуса самолетов и вертолетов, несущие и рулевые винты вертолетов, крылья, обтекатель, пассажирские сиденья);
- космос (антенны, параболические зеркала, автоклавы);
- судостроение (корпуса судов);
- автомобилестроение (ненесущие детали кузова, рефрижераторные контейнеры);
- вагоностроение (корпуса вагонов, обтекатели, нагруженные детали внутренней отделки);
- строительство (армирование бетонных конструкций, оконные и дверные профили);
- трубы и емкости для хранения и транспортировки агрессивных веществ;
- спортивный инвентарь (для серфинга и сноуборда, спортивные лодки, рамы велосипедов);
- медицина (ортопедия – протезы рук и ног, медицинские приборы).

### *инструментов автоматизированного проектирования?*

– **В.А.:** На примере плотной работы над проектом нового стеклопластикового тральщика, в процессе разработки подходов и технологии его производства, нам удалось подобрать и освоить САПР для решения разных задач: *AVEVA Marine, AVEVA NET, Fibersim, MSC.Nastran, Polyworx*, которые позволили нам работать в замкнутом цикле вместе с разработчиком этого проекта – ЦМКБ “Алмаз”. Мы ведь не просто производим то, что нам передали на чертежах. С помощью внедренных программных решений мы сегодня уже способны давать оценку тем или иным проектным решениям; мы работаем над оптимизацией конструкции, над её совершенствованием в технологическом смысле. Наши предложения и находки по отработанной схеме взаимодействия направляются разработчику проекта, который вносит эти изменения в конструкцию. Нам удалось достичь сравнительно высокой степени автоматизации и

создать, как мне представляется, *PLM*-оболочку, которая будет постоянно совершенствоваться и охватывать всё больше процессов на нашем заводе.

Кроме того, благодаря освоению этих решений, мы в состоянии достаточно оперативно и с хорошей точностью просчитать стоимость и сроки выполнения заказа, проект которого нам предоставляет потенциальный заказчик. Если у заказчика нет цифровой модели изделия, то мы можем создать её самостоятельно, опираясь на чертежи или на сканированные облака точек, если изделие небольшое. В любом случае, мы можем сказать, реализуема идея или нет, и если да, то в какие сроки и с какими затратами.

*– Господа, благодарю вас за заинтересованную беседу! От лица редакции поздравляю вас с установлением технологического рекорда и желаю новых значимых достижений!*

Санкт-Петербург, 20 февраля 2013 г. 