

## Проектирование на основе правил — ПОМОЩЬ ПРОЕКТИРОВЩИКАМ

Разработчики программного обеспечения прилагают значительные усилия для создания специализированных решений, которые позволяют свести к минимуму ошибки пользователей. В последнее время проектировщики испытывают все большую потребность в улучшении работы САПР, чтобы избежать внесения ошибок в 3D-модель и получать как можно более точные и подробные чертежи на этапах технического и рабочего проектов. Такие возможности предоставляет проектирование на основе правил. САПР с соответствующим функционалом позволяет сократить сроки и снизить затраты по проекту, а также дает возможность создавать подробную 3D-модель и на ее основе быстро генерировать точные чертежи. При этом очень важно принять правильные решения на ранних стадиях проекта, так как ошибки, допущенные на этом этапе, будут стоить очень дорого на этапе рабочего проекта и при постройке судна.

Правила проектирования — это очень широкое, общее и неоднозначное понятие, которое может применяться в разных инженерных областях. В общем случае — это набор правил и положений, которым необходимо следовать для того, чтобы спроектировать изделие. Применительно к судостроению подход к правилам может быть иным. Правилами проектирования здесь могут быть правила и требования, налагаемые административными органами, классификационными обществами и производственными ограничениями верфей, либо требования, которые предъявляет судовладелец к конечному изделию.

Также правила проектирования могут формироваться на базе знаний инженеров проектных бюро, которые знают, как построить судно или спроектировать отдельные его части. Сюда же относятся знания о том, как необходимо адаптировать проект к особенностям того предприятия, где судно будет строиться. За многие годы проектные бюро и верфи приобрели огромный опыт по созданию конструкций и организации процессов, который может быть материализован в виде правил проектирования, позволяющих проектировать и строить более эффективно. Самый ценный опыт — это знания, которыми обладают рабочие на производстве. Ниже будет описано, как эти знания могут быть “материализованы” с использованием современных технологий.

Помимо вышперечисленных правил проектирования существует другой набор правил, который применя-

ется к конкретному типу проектов и позволяет выполнить их оптимальным образом. Эти правила основаны на оценке практических результатов, которая до последнего времени выполнялась самими конструкторами и судостроителями.

Как же правила проектирования могут быть внедрены в САПР и как они могут помочь проектантам в их работе?

### Основная цель

Проектирование изделия — это сложный процесс, имеющий много аспектов, иногда скоординированных между собой, иногда противоречивых, поскольку очень сложно упорядочить все критерии. Поэтому проектирование судов и кораблей на сегодняшний день является одной из самых сложных задач ввиду того, что работа ведется в разных дисциплинах, с применением сложных технологий, в критических и зачастую опасных условиях.

Основная цель проекта — максимальное удовлетворение требований заказчика. При этом, естественно, существуют ограничения, которые инженер должен учитывать при работе над проектом. Такой набор ограничений также может входить в понятие правил проектирования.

Одним из первых шагов в процессе проектирования является определение требований, которым должно удовлетворять изделие. Типы требований и их место в рамках проекта определяют архитектуру системы (в данном случае судна).

Обычный набор требований включает в себя:

- ▶ составление функциональной спецификации, которая описывает, какие функции должны быть реализованы для достижения цели;
- ▶ требования к производительности, определяющие, насколько быстро система должна выполнять свои функции;
- ▶ требования, чтобы ограничения и запросы не сказывались на стоимости, графике работ и производительности;
- ▶ другие требования, такие как исключение влияния человеческого фактора, требования по надежности и безопасности.

Процесс задания требований заключается в их идентификации. Процесс установки связей между требованиями и функционалом выполняется с помощью следующих инструментов:

- ▶ соответствующих правил и конвенций;
- ▶ инженерных стандартов, относящихся к правилам изготовления;
- ▶ распоряжений, определения терминов и условий договоренностей;
- ▶ задач и стандартов, включая планы проекта;
- ▶ директив планов;
- ▶ ассоциативных/инициативных политик, процессов и процедур, включая механизмы обучения и формирования отчетности.

Все вышеперечисленные инструменты материализуются в правилах на разных этапах проекта. Для ускорения процесса применяется несколько подходов, но количество и многообразие правил делает практически невозможным создание единого общего инструмента для решения этой проблемы.

## Системное проектирование

Для успешного выполнения проекта важное значение имеет применение системного проектирования (СП), комплексно решающего поставленные задачи.

В процессе системного проектирования применяемые критерии и правила проектирования проверяются на разных стадиях. После успешного прохождения проверок на каждой из них, цель которых убедиться, что все правила выполняются, можно переходить к следующему этапу процесса. Преимуществом этого подхода является то, что он точен, контролируем, систематичен и непрерывен, недостатком – то, что это процесс медленный, дорогой и требует привлечения большого количества персонала. Компенсировать эти недостатки может тот факт, что обнаружение ошибок и внесение изменений на ранних этапах проекта стоит гораздо дешевле, чем если бы аналогичные изменения нужно было проводить на более поздних этапах. Следует, однако, отметить, что системное проектирование не очень широко применяется в кораблестроении, и сегодня лишь несколько военных верфей частично используют процессы СП.

## Правила проектирования

Некоторое время назад (в 2000-2004 годах) была запущена американская Национальная научно-исследовательская кораблестроительная программа (National Shipbuilding Research Program, NSRP), которая занималась развитием и финансированием проекта под названием “Мировые стандарты материалов и параметрические правила проектирования” (рис. 1). Одной из основных задач проекта было развитие и внедрение технологии проектирования судов и подбор номенклатуры материалов на основе правил, в результате чего американские верфи должны были по-

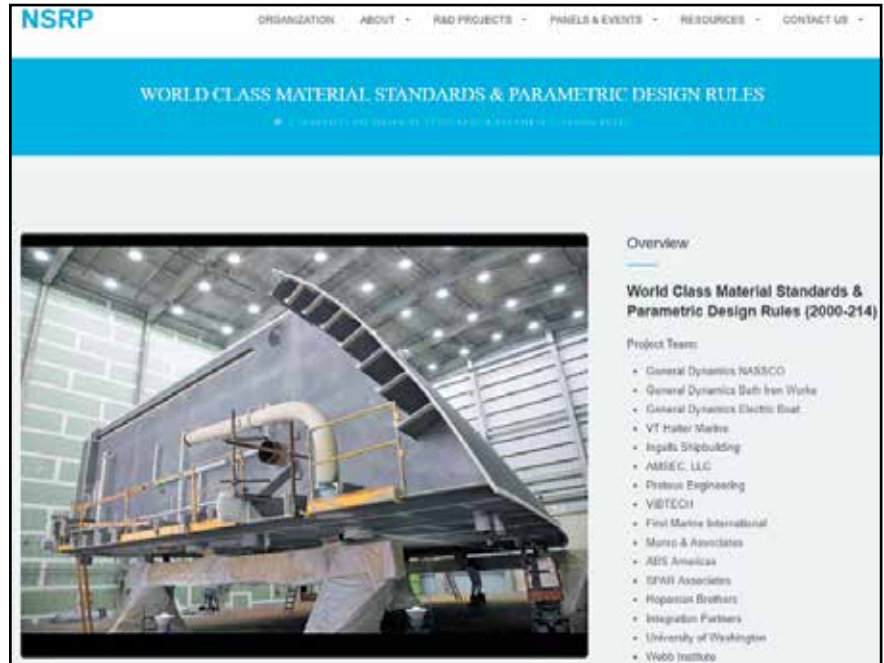


Рис. 1. Мировые стандарты материалов и параметрические правила проектирования

лучить возможность быстро удовлетворять запросы заказчиков по созданию проектов и оценке их стоимости, что снизило бы риски верфей по ошибочной оценке затрат и сроков. Проект ставил своей целью сокращение на 33% стоимости и сроков, начиная от самого раннего этапа проектирования и до этапа рабочего проекта.

Еще одной задачей проекта было создание единого методологического инструмента, который включал бы в себя критерии и правила для создания судна в целом. Нетрудно представить, насколько сложной является такая задача. Поэтому было принято решение сфокусироваться на трех типах судов для верфей среднего размера – контейнеровозах, танкерах и судах типа RO-RO. В результате был создан каталог, который включал в себя более 500 правил.

Также необходимо было разработать правила проектирования и номенклатуру материалов для различных зон судна (корпус, грузовые трюмы, оборудование, достройка), определить основные узлы и т.д. По результатам проекта было решено, что необходимо продолжать работы по внедрению правил проектирования. Но сложность продолжения этого процесса была настолько велика, что до реального опыта применения, к сожалению, дело не дошло.

В зависимости от ситуации правила могут применяться разными способами. Диапазон их применения настолько широк, что для каждого отдельного случая необходимо проводить подробный анализ и выбирать подходящие решения. В поисках решения следует учитывать различные критерии: необходимость точного следования критерию, удовлетворение требований административных органов, сокращение сроков. Нужно также учитывать, что некоторые критерии могут противоречить друг другу, и в этом случае важно правильно расставить приоритеты.

Обычно основным критерием является снижение затрат. Но может быть и так, что оценка сокращения

сроков будет неточной. Например, внедрение функционала правил проектирования в САПР окажется более затратным в части сохранения производительности ПО, но, с другой стороны, позволит создать проект, который не придется впоследствии изменять. Также в процессе проектирования можно разрешить не строго следовать правилам, а применять инструменты проверки соответствия правилам позже. Какой подход предпочесть? Заранее дать ответ на этот вопрос сложно, и он зависит от типа проектируемого судна.

Возможно, оптимальным решением будет нечто среднее. Во-первых, реализовать методы проектирования, которые влияют на подбор номенклатуры материалов или стандартных элементов, оборудования, фитингов и т.д. Во-вторых, создать инструменты, которые позволят узнать и применить правила проектирования, исходящие от участников проекта. В итоге, это позволит создать способы или инструменты для проверки проекта на соответствие правилам.

## Проектирование кораблей

Высокая сложность проектов кораблей обуславливает необходимость применения различного ПО для создания модели, выполнения расчетов и их проверки. Очевидно, что чем теснее интеграция между разным ПО, тем короче будут сроки работы над проектом.

На каждом этапе проектирования применяются разные правила, что также необходимо учитывать. Разнообразие функционала и правил не позволяет объединить их все в одном месте.

При создании проектов кораблей предлагается применять методологию Системы улучшения качества продукции с анализом отзывов потребителей (Quality Function Deployment, QFD), учитывающей процент замечаний, полученных после сдачи корабля, для того чтобы выявить наиболее важные и учесть их при работе над следующими проектами. Примечательно, что 26,4% замечаний (второе место после процента дефектов при сборке) относятся к неудовлетворительным условиям проживания и работы на корабле. На четвертом месте (9,3%) находятся замечания по неудобству и затруднению перемещения команды по кораблю. Эти две группы замечаний могли бы быть значительно уменьшены, если бы в процессе проектирования можно было бы сверяться с правилами проектирования. Но в настоящее время при работе над проектом САПР в основном используется как инструмент, а применение правил проектирования возложено на плечи конструкторов и инженеров.

## Классификация правил проектирования

Правила проектирования можно классифицировать по принципу важности их реализации в САПР для работы над разными этапами проекта. Так, на этапе предэскизного проекта правила связаны с расчетами по теории корабля. Например, в качестве правила проектирования может рассматриваться такой критерий, как оценка остойчивости. Эти правила устанавливаются международными соглашениями и публикуются Международной морской организацией (International Maritime Organization, IMO). Включение такого критерия в САПР

положительно скажется на сокращении затрат. В противном случае придется экспортировать обводы судна и дополнительно выполнять работы в специализированном ПО. Большинство специализированного ПО обладает всем необходимым функционалом для этого, но иногда возникает необходимость в выполнении специальных расчетов по параметрическим формулам, и далеко не каждый программный пакет позволяет это сделать.

Эскизные и технические проекты требуют одобрения корпусных конструкций классификационными обществами. Для этой цели модель экспортируется в специальном формате, и затем выполняется расчет. Это дополнительное действие, которое усложняет процесс, поскольку классификационные общества обычно предпочитают использовать свое собственное ПО для проверки модели.

Создание общего расположения на этапе технического проекта также требует соблюдения определенных правил проектирования, которые связаны с разбивкой судна на отсеки, помещения, объемы и т.д.

Можно подумать, что этап рабочего проектирования, это стадия, когда проектирование судна заканчивается. На самом деле, это этап, на котором правила должны быть учтены самым тщательным образом. Как уже отмечалось выше, создание корпусных конструкций должно происходить в соответствии с правилами классификационных обществ. Кроме того, на борту должно быть размещено большое количество оборудования. Размещение оборудования зачастую должно производиться в соответствии с определенными правилами установки и демонтажа, с учетом функционала и т.д. Объем оборудования, устанавливаемого на борту, обычно велик, и применение правил значительно ускорит этот процесс. Таким образом, именно на этапе рабочего проекта применение правил наиболее актуально.

## Адаптация правил проектирования на разных этапах проекта

Существуют разные способы адаптации правил проектирования. Например, существует подход, предполагающий включение в САПР набора правил создания микро-деталей. Этот способ подходит непосредственно для тех объектов, которые будут изготавливаться. Конечно, такой метод можно использовать и в судостроении, но здесь правила проектирования применяются не только к деталям, но и к связям между ними, описывая порядок монтажа, размещения и т.д. Проектирование при таком подходе происходит на основе знаний и хранения правил проектирования в нейтральном формате, который не зависит от САПР. Каждое правило имеет шесть дескрипторов:

- ▶ краткое описание правила;
- ▶ иллюстрация;
- ▶ математический расчет или представление, описывающее геометрию детали;
- ▶ уникальный ключ, позволяющий идентифицировать правило и диапазон его применения;
- ▶ описание действий, которые необходимо выполнить в случае выполнения условия;
- ▶ описание действий, которые необходимо выполнить в случае невыполнения условия.



Photo: Courtesy Navantia  
FORAN Screen Shot: Courtesy ASMAR

**Just build it**



**FORAN v80**



САПР предоставляют различные инструменты и методики контроля за моделью в плане соблюдения правил проектирования и обеспечения передачи модели в стороннее специализированное ПО для ее проверки на соответствие правилам.

Проверка проекта на соответствие правилам проектирования может выполняться разными способами, по возможности препятствуя пользователю выполнять действия, противоречащие правилам. В случае, если пользователь попытается сделать что-то не удовлетворяющее правилам, программа должна выдать предупреждение, которое должно содержать информацию о том, какое правило было нарушено.

Для некоторых правил процесс проверки можно автоматизировать, для других же такой возможности нет. Однако автоматизация процесса проверки на соответствие правилам может привести к снижению производительности системы, поэтому разработчики должны обеспечить, чтобы средства проверки не сказывались отрицательно на скорости процесса проектирования.

## Начальная фаза проектирования

Подсистемы начального проектирования включают в себя инструменты для расчетов устойчивости и позволяют пользователям создавать свои собственные формулы для оценки результатов расчетов на соответствие различным критериям. Поскольку модель судна полностью интегрирована в единой БД, то в случае получения неудовлетворительных результатов расчетов можно легко исправить обводы, разбивку на помещения, нагрузочные условия непосредственно в САПР, не прибегая к использованию стороннего специализированного ПО. Кроме того, открытость системы позволяет внедрять в нее новые правила.

## Создание корпусных конструкций

Некоторые САПР предлагают несколько приложений для создания корпусных конструкций. При этом все приложения хранят модель судна в единой базе данных. Менеджеру проекта унифицированное приложение необходимо, чтобы задавать стандарты и правила для проекта, такие как:

- ▶ перечень материалов, используемых в проекте;
- ▶ технологические параметры для изготовления деталей корпуса и т.д.;
- ▶ каталоги стандартов;
- ▶ производственные правила;
- ▶ правила разделки кромок деталей и т.д.

Все вышеперечисленное в большей или меньшей степени имеет отношение к правилам проектирования, но правила изготовления деталей являются наиболее сложными. Используя специальные инструменты, менеджер может задавать допустимые размеры и формы используемых корпусных деталей. Таким образом, мож-

но ограничить диапазон веса и размеров создаваемых деталей. При включении этого механизма проверки в случае, если создаваемая деталь не соответствует правилам изготовления, САПР не должна позволить пользователю сохранить деталь в БД до тех пор, пока он не исправит ее таким образом, чтобы она соответствовала правилам. Этот контроль гарантирует, что все созданные детали могут быть успешно изготовлены.

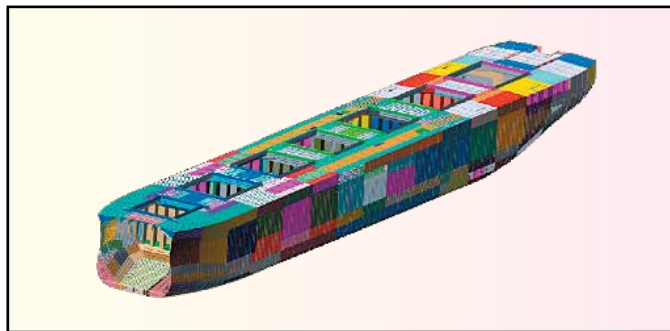


Рис. 2. FEM-модель

Еще одним важным инструментом САПР, способствующим внедрению правил проектирования, является возможность генерации конечно-элементной модели (FEM). Модель экспортируется в STEP- и XML-файлы с сохранением информации о свойствах листовых и профильных деталей. Пример такой

модели показан на рис. 2. Эта модель может быть напрямую импортирована в специализированное ПО для выполнения расчетов прочности.

Несмотря на то что этот функционал не имеет прямого отношения к правилам, он обеспечивает более тесную интеграцию с моделью, в итоге сокращая сроки выполнения проекта, так как изменения вносятся непосредственно в модель, хранящуюся в БД.

## Механика и трубопроводы

В этой специализации наиболее важной является возможность задания спецификации материалов, используемых в проекте. Материальная спецификация (SMAT) выполняет функцию фильтра для номенклатуры труб, используемых в проекте. Обычно на судне используется большое количество различного вида труб. При их прокладке работать с таким большим объемом компонентов очень сложно (рис. 3), в результате чего могут возникнуть ошибки при выборе нужного компонента. Материальная спецификация, ограничивающая перечень компонентов, используется для того, чтобы облегчить задачу прокладки труб, обеспечить выполнение правил и избежать ошибок. В результате для выбора будут доступны только компоненты с определенными номинальными диаметрами и изготовленные из определенного материала, рассчитанные на нужное давление и с другими характеристиками, прописанными в материальной спецификации. Таким образом выбираются компоненты, которые применяются в проекте.

## Электрика

САПР должна предоставлять различные возможности по интеграции модели электрической подсистемы в соответствии с правилами (например, анализ электрической нагрузки помогает пользователю определить габаритные размеры генераторов и т.д.). В ней должен быть реализован специальный программный менеджер, который помогает определить сечение кабеля в зависимости от максимально допустимого тока, падения напряжения и тока короткого замыкания. Инструмент для создания

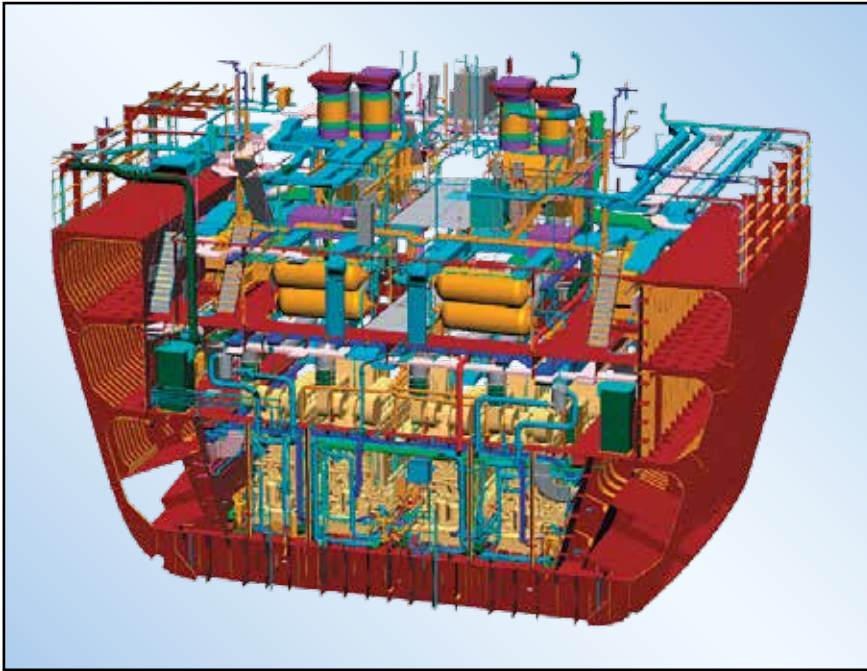


Рис. 3. Помещение машинного отделения с полным насыщением и с корпусными конструкциями

кабельных лотков должен отображать процент заполнения лотка кабелем и помогать выбрать оптимальный размер лотка, что будет гарантировать его заполнение в соответствии с заданными правилами. Помощник для автоматического вычисления длин кабелей использует в своей работе информацию о маршруте кабелей в 3D-модели, а также набор параметров и правил, которые пользователь может задавать как для всех кабелей на проекте, так и для каждого кабеля отдельно.

Применение всех правил гарантирует, что кабель в дальнейшем будет проложен на судне и будет соответствовать всем требованиям по установке (таким как сегрегация и т.д.).

### Вспомогательные инструменты

В зависимости от типа проекта количество правил может возрастать по экспоненте, и в некоторых случаях

(например, для кораблей) их количество может стать настолько большим, что управлять ими станет невозможно, поскольку при задании некоторых элементов программа не сможет найти подходящее решение. Поэтому САПР должна иметь программу, позволяющую руководителям просматривать модель, оценивать правильность тех или иных проектных решений. Программа должна иметь возможность добавления и управления замечаниями, возникающими в процессе проверки проекта. Как уже говорилось выше, все замечания сохраняются в БД, и их статус может контролироваться в реальном масштабе времени. Замечания могут создаваться в ручном режиме, но также они могут создаваться автоматически в случае нарушения правил проектирования, например в случае обнаружения пересечения объектов между собой. Замечание, генерируемое

в этом случае системой, включает в себя информацию об объектах, к которым оно относится, метоположение на судне и статус. Это сильно облегчает задачу отслеживания процесса обработки замечаний при работе над проектом.

Таким образом, как было показано в данном материале, применение в судостроении САПР, поддерживающих проектирование на основе правил, имеет множество преимуществ: упрощение процесса проектирования, увеличение скорости работы над проектом, повторное использование информации, оптимизация процессов, снижение затрат и т.д.

**Rodrigo Pérez Fernández,  
Mirko Toman, Александр Лакизо,  
компания SENER**

### НОВОСТИ

#### Исследование SAP

Компания SAP анонсировала результаты исследования, проведенного совместно с Forrester Consulting, об интеллектуальных технологиях и их значении для цифровой трансформации предприятия. Чтобы принять участие в исследовании, компании должны были соответствовать двум важным критериям: находиться в активной стадии цифровой трансформации и внедрить как минимум две из технологий: машинное

обучение, Искусственный интеллект, Интернет вещей, блокчейн, дополненная и виртуальная реальность. Согласно опросу Forrester, проведенному среди 740 респондентов, более 93% компаний согласны с тем, что инновационные технологии являются основными для достижения целей в цифровой трансформации.

Исследование показало, что компании считают использование инновационных технологий конкурентным преимуществом. Таким обра-

зом, для перехода к цифровой трансформации компании уже внедрили: Интернет вещей – 92% компаний, Искусственный интеллект – 78%, машинное обучение – 77%, дополненную и виртуальную реальность – 70%, блокчейн – 68%.

Для получения максимального эффекта от цифровой трансформации компании стремятся к оптимизации процессов и поиску новых возможностей, меняя существующие бизнес-модели. Согласно исследованию,

92% компаний проявили большой интерес к платформам, которые могут объединить данные, собранные и используемые всеми интеллектуальными технологиями и бизнес-процессами.

В зависимости от цифровой зрелости и ожидаемых результатов компании выбирают определенные цифровые инструменты и технологии. Например, большинство дискретных производств в первую очередь внедряют решения по прогнозу технического обслуживания.



# МЕЖДУНАРОДНЫЙ ВОЕННО- МОРСКОЙ САЛОН



# INTERNATIONAL MARITIME DEFENCE SHOW

*“Через сотрудничество – к миру и прогрессу!”*

Организатор:



При участии:



Мин обороны  
России



ФСВТС  
России



МИД  
России



Администрация  
Санкт-Петербурга



РОСОБОРОНЭКСПОРТ

Устроитель:



ООО  
«Морской Салон»



# IMDS 2019

10-14 июля

РОССИЯ

Санкт-Петербург

- ЭКСПОЗИЦИЯ ОБРАЗЦОВ ПРОДУКЦИИ ПРЕДПРИЯТИЙ
- ДЕМОНСТРАЦИЯ ВООРУЖЕНИЯ И ТЕХНИКИ
- КОНФЕРЕНЦИИ, СЕМИНАРЫ, КРУГЛЫЕ СТОЛЫ, ПРЕЗЕНТАЦИИ
- VIP-ПЕРЕГОВОРЫ
- ПОСЕЩЕНИЕ ПРЕДПРИЯТИЙ

[www.navalshow.ru](http://www.navalshow.ru)