

Применение суперкомпьютерных технологий для решения актуальных задач проектирования новых образцов авиационной техники

Применение компьютерных вычислительных технологий при разработке конкурентоспособных высокотехнологичных промышленных авиационных комплексов и систем позволяет принципиально улучшить не только потребительские свойства продукции авиационной промышленности, но и технико-экономические характеристики, а также сократить сроки и стоимость производимых работ. Такой подход в авиационной отрасли приобретает особую актуальность в современных условиях, когда проведение натурных испытаний в необходимом объеме с целью проверки и оптимизации выбранных технических решений и подтверждения заданных тактико-технических свойств зачастую невозможно по финансовым, временным, техническим и другим ограничениям. В этих условиях компьютерные технологии, по существу, являются одним из неотъемлемых компонентов по проектированию и созданию такого рода продуктов.

В соответствии с Решением комиссии при Президенте РФ по модернизации и технологическому развитию экономики России ОАО «Компания «Сухой» в 2010 году стало соисполнителем ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ» по проекту «Развитие суперкомпьютеров и грид-технологий». Проект был рассчитан на три года и направлен на создание в России индустрии суперкомпьютерных вычислений, включая базовый ряд суперкомпьютеров различной производительности, высокоскоростные каналы связи, программные средства с высокой степенью распарал-



Перспективный авиационный комплекс фронтовой авиации Т-50

леливания и подготовку специалистов. В результате были созданы и внедрены на предприятиях авиационной промышленности подробные компьютерные модели проектирования перспективных образцов авиационной техники.

Компьютерная модель проектирования перспективных образцов авиационной техники с использованием супер-ЭВМ состоит из совокупности комплексов программных продуктов, связанных между собой по форматам передачи данных, интегрированных в существующий процесс проектирования авиационной техники и реализованных в виде методики имитационного моделирования, апробированной на компьютерных моделях прототипов создаваемой техники. Компьютерная модель включает:

■ комплекс адаптированных (специализированных) программных

средств компьютерного моделирования напряженно-деформированных, тепловых состояний, аэрогазодинамических и гидравлических течений, описывающих поведение летательных аппаратов и их отдельных элементов в условиях реальной эксплуатации (ПК ЛОГОС);

■ единую базу данных, содержащую подробную информацию по постановке задач, тестированию, верификации и валидации адаптированных программных средств, доказательно подтверждающих достоверность численного решения (моделирования) рассматриваемых (заявленных) классов проблем прочности, тепломассопереноса и аэрогазодинамики изделий авиационной техники и их отдельных элементов (планера, двигателей, АСП и т.д.);

▶ детальные компьютерные модели реальных изделий авиационной техники (самолетов, двигателей, АСП) и их отдельных элементов (деталей, агрегатов, систем и пр.), представляющих собой совокупность дискретных моделей (конечных объемов и конечных элементов), подробно описывающих геометрию исследуемых объектов и условия взаимодействия их отдельных элементов, базы данных теплофизических и механических характеристик подвижных сред (газов и жидкостей) и деформируемых конструкционных материалов, начальные и граничные условия, соответствующие режимам эксплуатации.

В настоящее время активно проходит этап опытной эксплуатации разработанных компьютерных моделей на предприятиях авиационной отрасли. Решен ряд практически важных промышленных задач. В области гражданской авиации – это оптимизация аэродинамической компоновки самолетов Sukhoi Superjet 100 (SSJ 100) и MC-21, в области военной авиации – самолеты Су-35, Т-50 и другие перспективные проекты.

Полученные результаты на отечественном ПК ЛОГОС и коммерческом ANSYS FLUENT хорошо согласуются между собой и находятся в допустимом диапазоне отклонений. Относительно экспериментальных данных ошибка моделирования не превышает 1% для коэффициента подъемной силы и 5% для коэффициента силы лобового сопротивления (рис. 1).

Для подтверждения работоспособности входного устройства силовой установки на всех режимах эксплуатации самолета Т-50 был проведен расчет в стационарной постановке течения в канале воздухозаборника и определены его дроссельные характеристики (рис. 2).

Впервые в практике ОКБ Сухого для решения данной задачи использовалось прямое численное моделирование работы створок подпитки. Полученные результаты расчетов на отечественном ПК ЛОГОС и коммерческом ПО Cobra

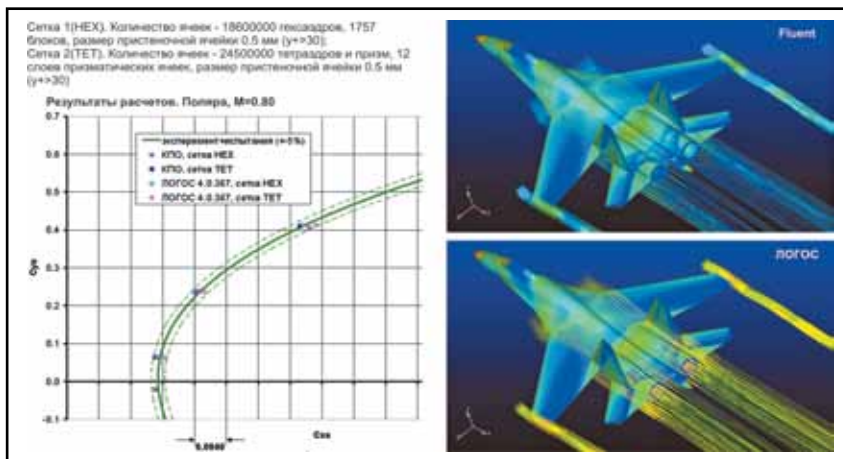


Рис. 1. Расчет стационарных аэродинамических характеристик самолета Су-35 (5 расчетных случаев, размерность – 18,5-24,5 млн ячеек, время счета 9 часов на 192 ядрах AMD)

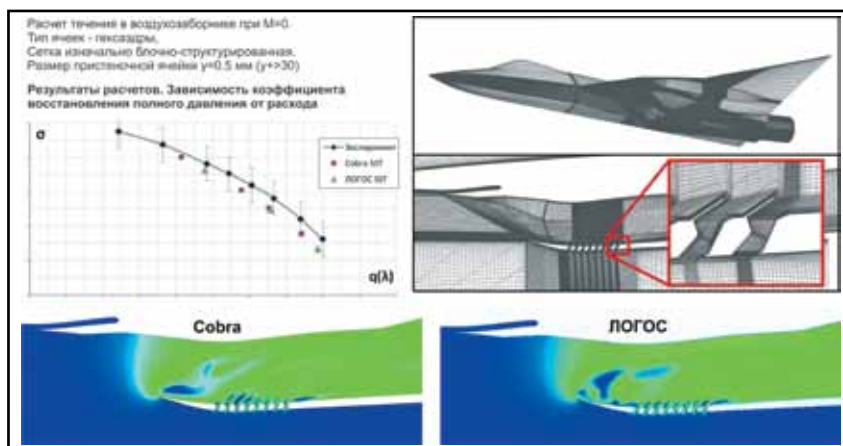


Рис. 2. Расчет стационарных характеристик входного устройства силовой установки самолета Т-50 (4 расчетных случая, размерность – 35 855 970 ячеек, время счета 7 суток на 176 ядрах AMD)

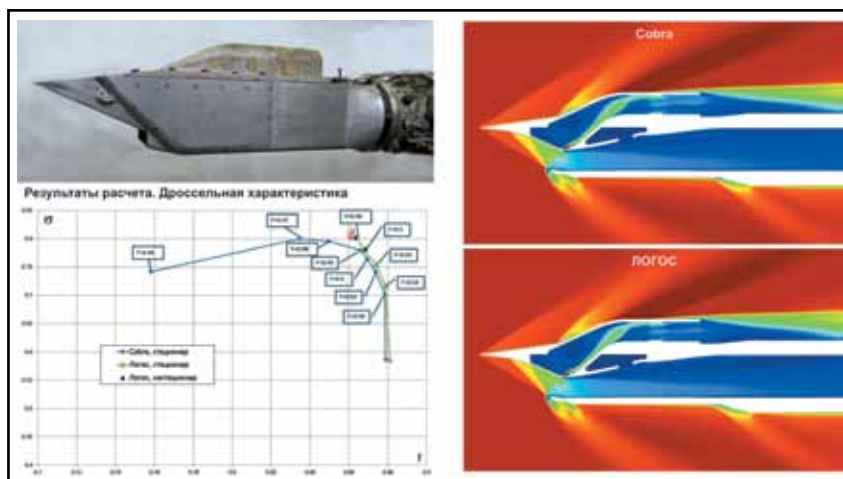


Рис. 3. Расчет границы устойчивой работы воздухозаборника (8 расчетных случаев, размерность – 9,1 млн ячеек, время счета 8 суток на 192 ядрах AMD)

хорошо согласуются между собой и находятся в допустимом диапазоне отклонений. Относительно экспериментальных данных ошибка моделирования для коэффициента восстановления полного давления не превышает 0,02.

С помощью ПК ЛОГОС был выполнен также расчет течения в

канале воздухозаборника в нестационарной постановке и определены границы его устойчивой работы (помпажные границы) (рис. 3). С целью подтверждения достоверности результатов расчета в ОКБ Сухого была изготовлена тематическая модель воздухозаборника и проведены ее испытания в аэродина-

мической трубе ЦАГИ. Полученные результаты подтверждают, что моделирование с помощью ПК ЛОГОС позволяет установить границу возникновения помпажа с приемлемой для практики точностью.

В области прочностного анализа с использованием ПК ЛОГОС были решены задачи по обоснованию птицестойкости элементов конструкции планера самолетов Sukhoi Superjet 100 (SSJ 100), MC-21 и Су-35 (рис. 4). Определялось поведение конструкции, ее прочность и соответствие предъявляемым требованиям. Результаты хорошо согласуются с решением на коммерческом коде ANSYS LS-DYNA по характеру деформирования, изменению кинетической энергии птицы и по результирующим перемещениям конструкции. Отличие по наибольшим значениям перемещений не превышает 1,5 %, интенсивности напряжений – 5 %.

Еще одним примером решения промышленной задачи с применением отечественного ПК ЛОГОС является оценка возможности использования шасси самолета Sukhoi Superjet 100 на самолете большей размерности (рис. 5). Был выполнен расчет динамики разрушения основной опоры шасси (ООШ) при превышении расчетных нагрузок на стойку. Определялось поведение конструкции при комбинированном нагружении стойки вертикальной (100 %) и продольной (50 %) нагрузкой, превышающей расчетную. Необходимо было определить последовательность разрушения элементов стойки ООШ и характер разрушения кессона крыла на момент разрушения последнего из элементов конструкции, связывающих стойку с крылом. В итоге результаты, полученные с помощью отечественного ПК ЛОГОС и коммерческого пакета ANSYS LS-DYNA, показали схожую картину разрушения ООШ как по последовательности разрушения ее отдельных элементов, так и по времени наступления события.

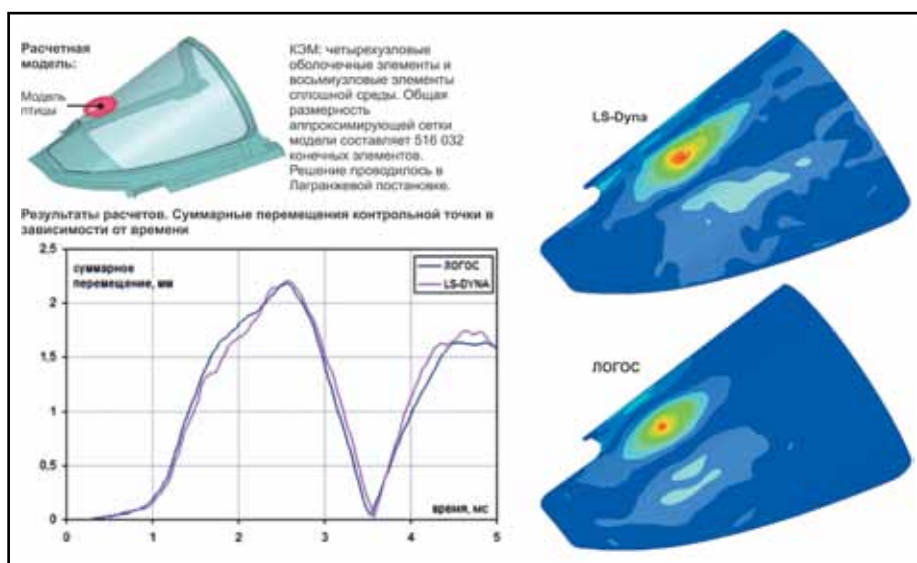


Рис. 4. Расчет прочности остекления козырька фонаря самолета Су-35 при соударении с птицей (1 расчетный случай, размерность – 0,5 млн ячеек, время счета 16 часов на 8 ядрах Intel)

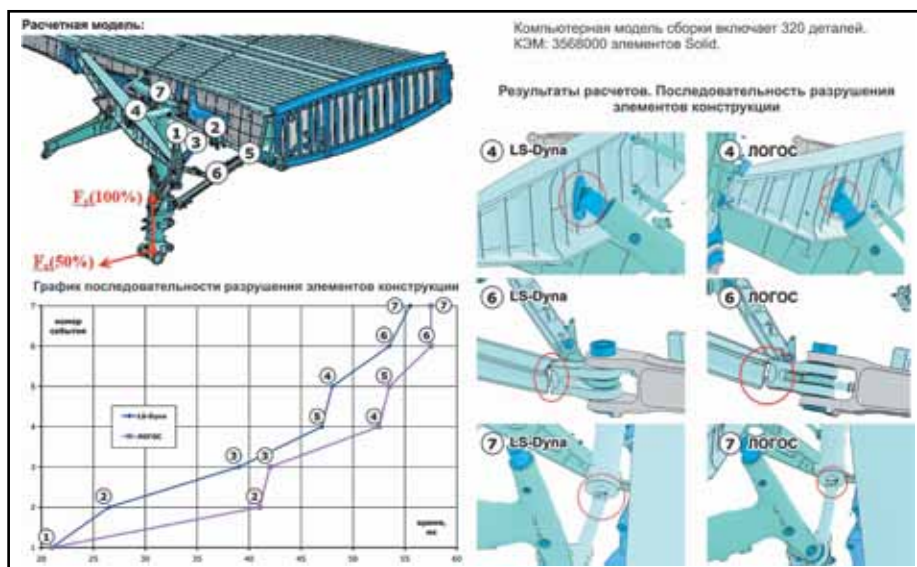


Рис. 5. Расчет разрушения элементов конструкции стойки ООШ самолета SSJ 100 (1 расчетный случай, размерность – 3,568 млн ячеек)

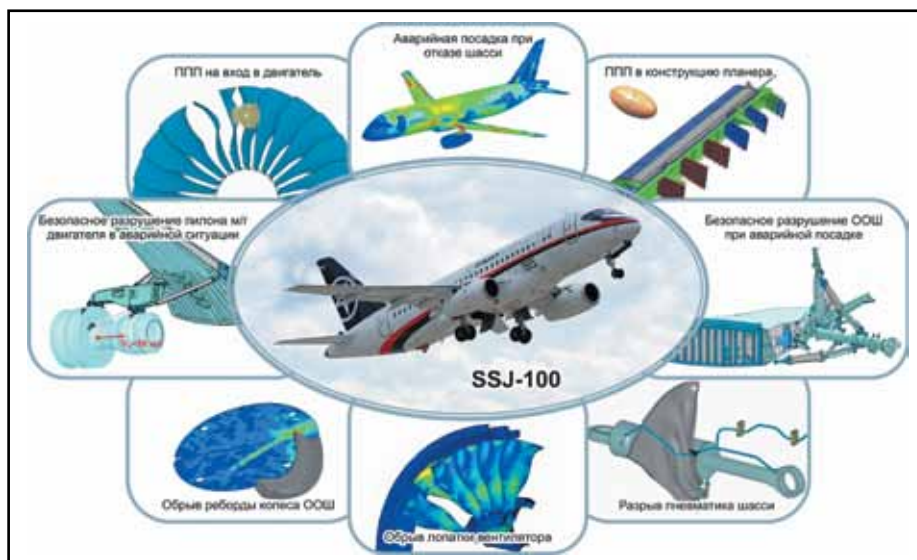


Рис. 6. Пункты сертификационного базиса самолета SSJ 100, для обоснования которых были использованы суперкомпьютерные технологии

Показательным примером применения суперкомпьютерных технологий для решения задач авиастроения является использование имитационного моделирования на супер-ЭВМ в целях сертификации нового российского самолета Sukhoi Superjet 100 (рис. 6). Применение суперкомпьютерных технологий позволило доказать его надежность и безопасность в возможных аварийных ситуациях без полномасштабных экспериментальных работ. Обычно для этих целей строятся натурные макеты и стенды, стоимость которых вместе с испытаниями составляет сотни миллионов рублей. Результаты получили высокую оценку сертифицирующих органов, и впервые в России по этим пунктам самолет Sukhoi Superjet 100 был сертифицирован на основании расчетов без экспериментов, что позволило сократить сроки реализации проекта и затраты на него.

В целом следует отметить, что с внедрением результатов проекта "Развитие суперкомпьютеров и грид-технологий" в авиастроении у предприятий отрасли появились реальные возможности для перехода к новой технологии проектирования. Если для традиционной технологии проектирования авиационной техники в основном характерно использование упрощенного решения, дискретных моделей ограниченной размерности (до 20 млн ячеек), преимущественно натурального эксперимента и как следствие – повышенных запасов прочности и переразмеренных компонентов самолета, то для новой технологии проектирования – использование трехмерного моделирования с имитацией реальных условиях эксплуатации без упрощений и допущений, создание подробных дискретных моделей (от 1 млрд ячеек), решение задач с реальными граничными условиями, проведение преимущественно модельных экспериментов и в итоге – рациональные и более эффективные конструкции. Новые возможности, которые при этом получает предприятие, обусловлены соз-

данием условий для решения нового класса задач, точного прогноза поведения самолета и его конструкции в реальных условиях эксплуатации, повышения достоверности расчетов, сокращения суммарного времени расчетного анализа.

Внедрение суперкомпьютерных технологий позволяет исключить необходимость доработок самолета в будущем, снизить технические риски, повысить информативность решения инженерных задач, обеспечивает возможность создания базы знаний и экспертных систем. В результате всего этого ожидается существенная экономия денежных средств и повышение производительности труда.

Необходимым условием конкурентоспособности российского авиастроения на мировом рынке является инновационное развитие отрасли, которое требуют активного продолжения работ по широкому внедрению суперкомпьютерных технологий в производственную деятельность предприятий. Для этого необходимо:

1. Учитывая жесткую конкуренцию на рынке программного обеспечения имитационного моделирования, проработать вопрос о создании особых условий для организаций и предприятий промышленности, внедряющих отечественные технологии имитационного моделирования на супер-ЭВМ в свою практическую деятельность (льготное налогообложение и другие стимулирующие внедрение отечественных технологий инструменты).

2. Создать в авиационной отрасли специализированный центр по сертификации программного обеспечения имитационного моделирования.

3. Доработать существующую нормативную базу и разработать новые стандарты, определяющие область применения суперкомпьютерных технологий и регламентирующие действия инженера-расчетчика при решении задач в интересах разработки новой авиационной техники.

4. Ввести в практику отработки критических режимов рабо-

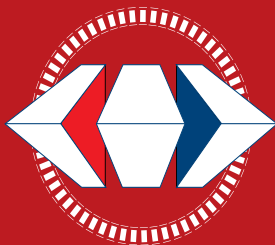
ты изделий авиационной техники обязательное полномасштабное расчетное обоснование на базе их компьютерных моделей перед зачетными натурными испытаниями.

5. Скорректировать процесс подготовки специалистов по суперкомпьютерным технологиям, включив в процесс обучения инженерные ВУЗы с обязательной практикой на предприятиях, внедряющих отечественные технологии имитационного моделирования на супер-ЭВМ.

6. С целью ликвидации существующего дефицита вычислительных ресурсов на предприятиях авиационной промышленности проработать вопрос о создании на их базе отраслевых суперкомпьютерных центров суммарной производительностью не менее 300 Тфлоп/с.

В заключение хочется подчеркнуть, что применение компьютерной модели проектирования перспективных образцов авиационной техники с использованием супер-ЭВМ позволило впервые в отечественной практике перейти к системному решению типовых промышленных задач, существенно повысить детализацию расчетных моделей и достоверность получаемых результатов при сокращении суммарного времени расчетного анализа. Реализация уникального в отечественной практике проекта "Развитие суперкомпьютеров и грид-технологий" создало реальные предпосылки для внедрения в промышленных масштабах конкурентоспособного отечественного программного обеспечения, что в свою очередь является необходимой основой для перехода к новой технологии разработки изделий авиационной техники.

**Д. Ю. Стрелец, к.т.н.,
руководитель программы –
технический руководитель
программы "Суперкомпьютерные
технологии", заместитель
директора по науке и
инновационным технологиям,
Проектно-исследовательский
научный центр, "ОКБ Сухого",
Филиал ОАО "Компания "Сухой"**



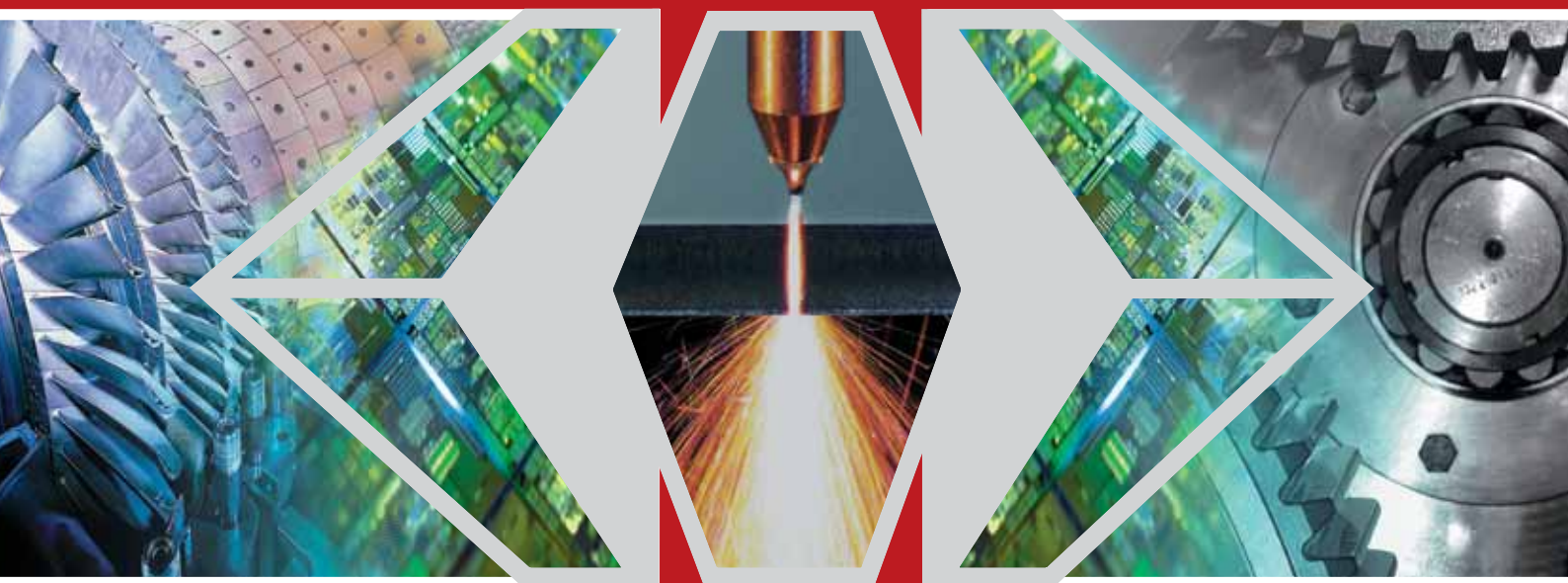
1-3 ОКТЯБРЯ 2014

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ, ЛЕНЭКСПО

XVIII МЕЖДУНАРОДНЫЙ ФОРУМ



РОССИЙСКИЙ ПРОМЫШЛЕННИК



КЛАСТЕРЫ • ОБРАБОТКА МАТЕРИАЛОВ • СТАНКостРОЕНИЕ. МЕТАЛЛООБРАБОТКА
ТЕХОСНАСТКА. ГИДРАВЛИКА. ПНЕВМАТИКА • ПРИБОРОСТРОЕНИЕ. ЭЛЕКТРОНИКА
ИНСТРУМЕНТ. МЕТРОЛОГИЯ • МЕХАТРОНИКА. РОБОТОТЕХНИКА. АВТОМАТИЗАЦИЯ
СУБКОНТРАКТИНГ • КОНФЕРЕНЦИИ. КРУГЛЫЕ СТОЛЫ • БИРЖА ДЕЛОВЫХ КОНТАКТОВ

ОРГАНИЗАТОР



МИНИСТЕРСТВО ПРОМЫШЛЕННОСТИ И ТОРГОВЛИ РФ
ПРАВИТЕЛЬСТВО САНКТ-ПЕТЕРБУРГА
ТОРГОВО-ПРОМЫШЛЕННАЯ ПАЛАТА РФ
РОССИЙСКИЙ СОЮЗ ПРОМЫШЛЕННИКОВ И ПРЕДПРИНИМАТЕЛЕЙ
СОЮЗ ПРОМЫШЛЕННИКОВ И ПРЕДПРИНИМАТЕЛЕЙ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА

ОФИЦИАЛЬНАЯ
ПОДДЕРЖКА



www.promexpo.expoforum.ru

+7 812 240 4040 (доб. 150, 158)

12+